

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК
УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
І ГЛОБАЛЬНОГО
ІНФОРМАЦІЙНОГО ПРОСТОРУ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
УКРАЇНИ

ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА
АКАДЕМІЯ ЗВ'ЯЗКУ
ІМ. О.С. ПОПОВА

ДОВГИЙ С.О., ВОРОБІЄНКО П.П., ГУЛЯЄВ К.Д.

СУЧАСНІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ

МЕРЕЖІ, ТЕХНОЛОГІЇ, БЕЗПЕКА,
ЕКОНОМІКА, РЕГУЛЮВАННЯ

*ВИДАННЯ ДРУГЕ
(ДОПОВНЕНЕ)*

*За загальною редакцією
члена-кореспондента НАН України
Довгого С.О.*

Київ
«Азимут-Україна»
2013

УДК 621.37-39
ББК 32.973.202(4УКР)
С 91

Рецензенти:

Лега Юрій Григорович, ректор Черкаського державного технологічного університету, доктор технічних наук, професор, почесний працівник народної освіти України

Биченок Микола Миколайович, доктор технічних наук, професор кафедри застосування інформаційних технологій та інформаційної безпеки Національного університету оборони України

Авторський колектив:

Довгий С.О. – д.ф.-м.н., професор
Воробієнко П.П. – д.т.н., професор
Гуляєв К.Д. – к.т.н.
Бабіч Ю.О.
Балашов В.О. – д.т.н., професор
Банкет В.Л. – д.т.н., професор
Богатирьова Л.Д.
Бондаренко О.В. – д.т.н., професор
Бухан Д.Ю. – к.т.н.
Васіліу Є.В. – д.т.н., доцент
Гофайзен О.В. – д.т.н., професор
Добровольський Є.В. – к.т.н.
Іващенко П.В. – к.т.н., доцент
Каптур В.А. – к.т.н., с.н.с.
Коваль В.В. – к.е.н., доцент
Кравченко П.С.
Ложковський А.Г. – д.т.н., професор

Ляховецький Л.М. – к.т.н., доцент
Маковеєнко Д.О. – к.т.н.
Нікітюк Л.А. – к.т.н., доцент
Озарко К.С.
Опотяк Ю.В. – к.т.н., доцент
Отливанська Г.А. – к.е.н., доцент
Політова І.В. – к.е.н.
Приходько К.Д.
Проценко М.Б. – д.т.н., професор
Рожновський М.В. – к.т.н.
Сіленко А.О. – д.політ.н., професор
Стайкуца С.В. – к.філос.н.
Степанов Д.М. – к.т.н.
Степаненко О.В.
Струкало М.І. – к.т.н., доцент
Тіхонов В.І. – к.т.н., доцент
Царьов Р.Ю.

Довгий С.О., Воробієнко П.П., Гуляєв К.Д.

С 91 Сучасні телекомунікації: Мережі, технології, безпека, економіка, регулювання. – Видання друге (доповнене). – / За загальною ред. Довгого С.О. – К.: «Азимут-Україна». – 2013. – 608 с.

ISBN 978-966-1541-46-6

У монографії комплексно розкрито питання розвитку телекомунікаційних мереж наступних поколінь, що містить технологічні, організаційні та регуляторні аспекти створення та впровадження новітніх технологій. Об'єднуючою основою книги є узагальнена модель побудови мереж наступних поколінь, яка дозволяє врахувати всі суттєві аспекти та визначити загальні принципи побудови мереж із різних точок зору.

В книзі представлено комплексний огляд сучасного стану загальної теорії телекомунікацій, технологій захисту інформації та фільтрації контенту, технологій мінімізації обсягів службового навантаження тощо та наведено науково-методичні основи низки принципово нових високоефективних телекомунікаційних технологій побудови конвергентних мультимедійних мереж наступних поколінь.

Розглянуто механізми імітаційного моделювання процесів модернізації телекомунікаційних мереж, які дозволяють оцінити економічну доцільність впровадження тих чи інших рішень. Наведено результати узагальнення структури та принципів організації телекомунікаційного ринку країн СНД, досліджено теоретичні та практичні аспекти управління телекомунікаційними компаніями в сучасних умовах, включаючи підходи до управління персоналом.

ББК 32.973.202(4УКР)

*Рекомендовано до видання вченою радою Інституту телекомунікацій
і глобального інформаційного простору НАН України
(Протокол № 5 від 22 березня 2013 р.)*

© Кол. авторів, 2013
© Худ. оформлення,
«Азимут-Україна», 2013

ISBN 978-966-1541-46-6

ЗМІСТ

<i>Перелік скорочень</i>	5
ВСТУП	13
1. МЕРЕЖІ, ТЕХНОЛОГІЇ, СЛУЖБИ ТА ПОСЛУГИ	
1.1. Узагальнена модель побудови мереж наступних поколінь	17
1.2. Визначення основних понять сучасних телекомунікацій	31
1.3. Класифікація сучасних телекомунікаційних мереж та технологій	38
1.4. Сервісні можливості телекомунікацій	49
<i>Перелік використаних джерел</i>	58
2. ЗАГАЛЬНА ТЕОРІЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ	
2.1. Теорія електричного зв'язку	60
2.2. Теорія розподілу інформації	91
<i>Перелік використаних джерел</i>	127
3. ОСНОВИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	
3.1. Протокольні моделі взаємодії відкритих систем	128
3.2. Середовища передавання інформації	136
3.3. Технології фізичного та каналного рівнів	146
3.4. Технології мережно-транспортного рівня	152
3.5. Технології прикладного рівня	167
3.6. Технології проектування та створення послуг	173
<i>Перелік використаних джерел</i>	181
4. АРХІТЕКТУРА ТА ТЕХНОЛОГІЇ ПОВУДОВИ СУЧАСНИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ	
4.1. Архітектурна модель сучасних телекомунікаційних мереж (транспорту та доступу)	182
4.2. Технології побудови транспортних мереж	187
4.3. Технології побудови мереж доступу	192
4.4. Технології мобільного зв'язку та широкосмугового радіодоступу	198
4.5. Технології транкінгового зв'язку	214
4.6. Технології супутникового зв'язку	220
4.7. Технології радіорелейного зв'язку	228
4.8. Технології телефонних мереж загального користування	231
<i>Перелік використаних джерел</i>	240
5. УСТАТКУВАННЯ СУЧАСНИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ	
5.1. Електричні кабелі зв'язку	243
5.2. Структуровані кабельні системи	251
5.3. Волоконно-оптичні лінії зв'язку	260
5.4. Широкосмугові системи передавання	269
5.5. Мікрохвильові розподільні системи	287
5.6. Обладнання мереж з комутацією каналів	292
5.7. Обладнання мереж з комутацією пакетів	301
5.8. Обладнання мереж мобільного зв'язку	308
5.9. Термінальне обладнання	318
<i>Перелік використаних джерел</i>	322

6. МЕРЕЖА ІНТЕРНЕТ. ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВНІ ПОСЛУГИ	
6.1. Загальна архітектура мережі Інтернет	324
6.2. Популярні сервіси мережі Інтернет	331
6.3. Хмарні технології та розподілені обчислення	359
<i>Перелік використаних джерел</i>	<i>364</i>
7. СИСТЕМИ МОВЛЕННЯ	
7.1. Технології, системи і служби мовлення	366
7.2. Мовленнєві тракти й обладнання	380
7.3. Мікрохвильові розподільні системи	400
<i>Перелік використаних джерел</i>	<i>405</i>
8. БЕЗПЕКА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ	
8.1. Проблеми інформаційної безпеки	406
8.2. Технічний захист інформації	414
8.3. Криптографічний захист інформації	430
8.4. Технології фільтрації контенту в телекомунікаційних мережах	436
<i>Перелік використаних джерел</i>	<i>445</i>
9. СТРУКТУРА ТА ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОГО РИНКУ	
9.1. Роль телекомунікацій у формуванні інформаційного суспільства	447
9.2. Структура та принципи організації світового ринку телекомунікацій	451
<i>Перелік використаних джерел</i>	<i>487</i>
10. СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО УПРАВЛІННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИМИ КОМПАНІЯМИ	
10.1. Стратегічні напрями розвитку телекомунікаційних компаній за сучасних умов	490
10.2. Закономірності й особливості побудови організаційних структур управління телекомунікаційних компаній	494
10.3. Напрями підвищення ефективності корпоративного управління операторів телекомунікацій на основі аналізу ключових бізнес-процесів концептуальної моделі eTOM	497
10.4. Оцінка фінансового стану телекомунікаційних компаній за сучасних умов	509
10.5. Характерні риси визначення ефективності інноваційної діяльності операторів телекомунікацій	519
10.6. Аналіз тарифної політики телекомунікаційних компаній	523
10.7. Кадрова політика в діяльності телекомунікаційних компаній	533
<i>Перелік використаних джерел</i>	<i>545</i>
11. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	
11.1. Системи адресації зі змінним розміром мережної адреси	550
11.2. Інтегрована технологія телекомунікацій UA-ІТТ	553
11.3. Розвиток ситуативних мереж	560
11.4. Сучасні квантові технології захисту інформації	564
11.5. Оптимізація методів передавання мультимедійної інформації	574
11.6. Оцінка ефективності впровадження телекомунікаційних технологій	578
11.7. Оцінка ефективності побудови телекомунікаційних мереж	584
<i>Перелік використаних джерел</i>	<i>590</i>
ВИСНОВКИ	595
ГЛОСАРІЙ	597

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ААЛ – аналогова абонентська лінія
АВН – автоматичне визначення номера
АДІКМ – адаптивна диференціальна імпульсно-кодова модуляція
АЕВ – асимптотичний енергетичний ви-
граш
АІМ – амплітудно-імпульсна модуляція
АКФ – автокореляційна функція
АЛ – абонентська лінія
АМ – абонентський модуль
АМТС – автоматична міжміська теле-
фонна станція
АРП – автоматичне регулювання по-
силення
АСП – аналогова система передачі
АТС – автоматична телефонна станція
БК – блоковий код
БОВ – багатоходове оптичне волокно
БПК – блок просторової комутації
БЧК – блок часової комутації
ВАД та СМ – вузол абонентського до-
ступу та службових мереж
ВАМ – виносний абонентський модуль
ВАТС – відомча автоматична телефон-
на станція
ВВС – взаємодія відкритих систем
ВКМ – виносний комутаційний модуль
ВОЛЗ – волоконно-оптична лінія
зв'язку
ВОТ – вузол організації транспорту
ВС – вузлова станція
ГП – глобальна інформаційна інфра-
структура
ГНН – година найбільшого наванта-
ження
ДІКМ – диференціальна імпульсно-
кодова модуляція
ДПФ – дискретне перетворення Фур'є
ДХ – довгі хвилі

ДЦМ – дециметрові хвилі
ЕКД – елементарна кабельна ділянка
ЕОМ – електронно-обчислювальна ма-
шина
ЕР – електронний ринок
ЕУ – електронний уряд
ЗВ – зоновий вузол
ЗЗЛ – замовно-з'єднувальна лінія
ЗК – згортковий код (кодер)
ЗЛ – з'єднувальна лінія
ІБ – інформаційна безпека
ІКМ – імпульсно-кодова модуляція
ІКТ – інформаційно-комунікаційні
технології
ІП – інформаційна пам'ять
ІР-протокол – Інтернет-протокол
ІС – інформаційне суспільство
ІТС – інформаційно-телекомунікаційна
система
КАМ-М – ансамбль квадратурної амплі-
тудної модуляції з числом сигнальних
крапок *M*
КБ – кібербезпека
КВ – комутаційний вузол
КЗЗІ – комплекс засобів захисту
інформації
КЗІ – криптографічний захист інфор-
мації
КЗМ – крос зовнішніх магістралей
КМ – комутаційний модуль
КП – крос поверхів
КП – комутаційне поле
КрП – керівна пам'ять
КС – кінцева станція
КСЗІ – комплексна система захисту
інформації
КСФК – комплексна система фільтра-
ції контенту
КХ – короткі хвилі

- ЛН** – локатор нелінійності
- ЛОМ** – локальна обчислювальна мережа
- ЛПХ** – лінії поверхневої хвилі
- МВС** – Міністерство внутрішніх справ
- МІТРС** – мікрохвильова інтегрована телерадіоінформаційна система
- ММЗ** – міські мережі зв'язку
- МОС** – Міжнародна організація зі стандартизації
- МСЕ** – Міжнародний союз електро-зв'язку
- МТМ** – міська телефонна мережа
- МХ** – міліметрові хвилі
- МХ, ДХ** – металеві, діелектричні хвилеводи
- НДХ** – наддовгі хвилі
- НП** – Національна Інформаційна Інфраструктура
- НПК** – надпровідні кабелі
- НПП** – підсилювальний пункт, який не обслуговується
- НРО** – незалежний регуляторний орган
- НСД** – несанкціонований доступ
- НСЗ** – напрямні системи зв'язку
- ОВ** – оптичне волокно
- ОГС** – ортогональні гармонічні сигнали
- ОІ** – об'єкт інформатизації
- ОК** – оптичний кабель
- ООВ** – одномодове оптичне волокно
- ООД** – обладнання організації доступу
- ООТ** – обладнання організації транспорту
- ОпО** – опорне обладнання
- ОПТС** – опорно-транзитна телефонна станція
- ОС** – операційна система
- ОСУ** – організаційна структура управління
- ПВП** – псевдовипадкова послідовність
- ПЕМВН** – побічні електромагнітні випромінювання і наведення
- ПЕОМ** – персональна електронна обчислювальна машина
- ПЗ** – показник заломлення
- ПЛ** – повітряні лінії
- ПО** – профільоване осердя
- ППЗ** – профіль показника заломлення
- ПСУ** – ансамбль поверхнево-сферичного укладання
- ПФ** – передатна функція
- ПЧК** – просторово-часове кодування
- РК** – радіочастотні кабелі
- РЛ** – радіолінії
- РСЗК** – рекурсивний систематичний згортковий код
- СВХ** – середні хвилі
- СІ** – спеціальні дослідження
- СКЗ** – система кіберзахисту
- СКК** – сигнально-кодова конструкція
- СК, КК** – симетричні, коаксіальні кабелі
- СКС** – структуровані кабельні системи
- СКС № 7** – спільноканальна сигналізація № 7
- СЛ** – сполучні лінії
- СМО** – система масового обслуговування
- СП** – система передавання
- СРЗ** – системи рухомого зв'язку
- СРІ** – система розподілу інформації
- ССЛ** – смугострічкові лінії
- СФК** – система фільтрації контенту
- СХ** – сантиметрові хвилі
- ТЗІ** – технічний захист інформації
- ТМ** – телефонна мережа
- ТМЗК** – телефонна мережа загального користування
- ТМО** – теорія масового обслуговування
- ТМСАР** – телефонна мережа сільського адміністративного району
- ТОЗД** – технічне обладнання забезпечення доступу
- ТОЗТ** – технічне обладнання забезпечення транспорту
- ТП** – точки переходу
- ТРІ** – теорія розподілу інформації

УКК – узагальнений каскадний код
УКХ – ультракороткі хвилі
ФМ-М – ансамбль фазової модуляції з числом сигнальних крапок *M*
ФНЧ – фільтр нижніх частот
ФРМ – фазорізницева модуляція
ЦАЛ – цифрова абонентська лінія
ЦЗЛ – цифрова з'єднувальна лінія
ЦС – центральна станція
ЦСК – цифрова система комутації
ЦСП – цифрова система передачі
ЦТЕ – центр технічної експлуатації
ЦТКС – цифрова телекомунікаційна система
ЦТМ – цифрове телевізійне мовлення
ЧК – часовий канал
ШСС – широкосмугові сигнали
ШСП – широкосмугові системи передавання
ШПФ – швидке перетворення Фур'є
A-CELP (Algebraic-Code Excited Linear Prediction) – лінійне передбачення з алгебраїчним кодовим збудженням
AD (Active Directory) – активні директорії
ADM (add-drop multiplexer) – мультиплексор вводу-виводу
ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) – різновид технології xDSL, регламентований Рекомендацією G.992.1 MCE
ADSL2+ – різновид технології xDSL, регламентований Рекомендацією G.992.5 MCE
AJAX (Asynchronous JavaScript and XML) – технологія (розроблена Google) створення інтерфейсу Web-служб
ANI (Access Node Interface) – інтерфейс вузла доступу
AODV (Ad Hoc On Demand Distance Vector) – протокол вектора відстані за запитом

API (Application Programming Interface) – прикладний програмний інтерфейс
ARP (Address Resolution Protocol) – протокол визначення адреси
Arpanet (Advanced Research Projects Agency Network) – мережа Агентства передових досліджень
AS (Autonomous System) – автономна система
ASP (Active Server Pages) – активні серверні сторінки
ATM (Asynchronous Transfer Mode) – асинхронний спосіб передачі даних
B-DA (Backbone Destination Address) – адреса кінцевого результату
B-ISDN (Broadband Integrated Services Digital Network) – широкосмугова цифрова мережа з інтеграцією послуг
BitTorrent (протокол) – відкритий протокол обміну інформацією в мережах типу peer-to-peer.
BGP (Border Gateway Protocol) – міжшлюзовий граничний протокол
B-SA (Backbone Source Address) – адреса початкового комутатора
B-TAG/B-VID (Backbone VLAN Indicator) – ідентифікатор віртуальної мережі користувача
CASE (Computer-Aided Software Engineering – автоматизована розробка програм) – набір інструментів і методів програмної інженерії для проектування програмного забезпечення
CB (Command Byte) – байт команди
CBN (Core Backbone Network) – ядро, що виокремлюють у структурі Інтернет як магістральну мережу
CBS (Command Byte Stream) – потік байтів команди
CCRSE (Commitment, Concurrency and Recovery service element) – сервісний елемент фіксації, паралельності та відновлення

- CDMA** (Code Division Multiple Access) – множинний доступ із кодовим розподілом каналів
- CERN** (European Organization for Nuclear Research) – Європейська організація з ядерних досліджень
- CIDR** (Classless Inter-Domain Routing) – безкласова адресація
- CMD-550T** – модем с турбо-кодуванням для супутникових каналів
- CMS** (Content management system) – система керування контентом
- CMTS** (Cable Modem Termination System) – кабельний модем
- CS** (Command Segments) – сегменти команд
- DB** (Data Byte) – байт даних
- DBS** (Data Byte Stream) – потік байтів даних
- DFC** (Dynamic Flow Control) – динамічне управління цифровими потоками
- DFS** (Dynamic Frequency Selection) – протокол динамічного вибору частот
- DHCP** (Dynamic Host Configuration Protocol) – протокол динамічної конфігурації вузлів
- DLL** (Data Link Layer) – каналний рівень
- DNS** (Domain Name System) – доменна система імен
- DNS-клієнти** – звертаються до серверів із запитом про розв’язання доменного імені в IP-адресу
- DNS-сервери** – підтримують розподілену базу відображень
- DOCSIS** (Data Over Cable Service Interface Specifications) – технологія передавання даних коаксіальним (телевізійним) кабелем
- DS** (Data Segments) – сегменти даних
- DSDV** (Destination-Sequenced Distance Vector) – послідовність призначення векторної відстані
- DSL** (Digital Subscriber Line) – цифрова абонентська лінія
- DSLAM** (Digital Subscriber Line Access Module) – мультиплексор доступу цифрових абонентських ліній
- DSR** (Dynamic Source Routing protocol) – протокол динамічного джерела маршрутизації
- DVA** (Distance Vector Algorithm) – алгоритм вектора відстані
- DWDM** (Dense Wavelength-Division Multiplexing) – щільне спектральне ущільнення каналів
- EDFA** (Erbium Doped Fiber Amplifier) – ширококутовий підсилювач
- EG** (Exterior Gateway) – зовнішній шлюз
- EGP** (Exterior Gateway Protocol) – протокол зовнішніх шлюзів
- EPON** (Ethernet PON) – пасивна оптична мережа на основі технології Ethernet
- FCT** (Flow Control Table) – таблиця управління потоками
- FIFO** (First in first out) – перший обслуговується першим
- FITL** (Fiber to the Loop) – волокно в шлейфі
- FTP** (Fail Transfer Protocol) – протокол передачі файлів
- FTTA** (Fiber to the Apartment) – оптичний кабель до квартири
- FTTB** (Fiber to the Building) – оптичний кабель до будівлі
- FTTC** (Fiber to the Curb) – оптичний кабель до розподільної коробки
- FTTCab** (Fiber to the CABinet) – оптичний кабель до розподільної шафи
- FTTD** (Fiber to the Desktop) – оптичний кабель до робочого місця
- FTTEx** (Fiber to the Exchange) – оптичний кабель до станції
- FTTF** (Fiber to the Farm) – оптичний кабель до ферми
- FTTH** (Fiber to the Home) – оптичний кабель до місця проживання

FTTO (Fiber to the Office) – оптичний кабель до офісу

FTTOpt (Fiber to the Optimum) – оптичний кабель оптимальної відстані до абонента або оператора

FTTR (Fiber to the Remote) – оптичний кабель до віддаленого пункту

FTTS (Fiber to the School) – оптичний кабель до школи

FTTU (Fiber to the User) – оптичний кабель до користувача

FTTV (Fiber to the Village) – оптичний кабель до села

FTTZ (Fiber to the Zone) – оптичний кабель до зони концентрації абонентів

G.711, G.726, G.727, G.728 – рекомендації Міжнародного Союзу Електрозв'язку

Gnutella – цілком децентралізована файлообмінна мережа в рамках Інтернету

GRE (Generic Routing Encapsulation) – загальна інкапсуляція маршрутів

GSM (Global System for Mobile Communications) – загальноєвропейська цифрова стільникова система рухомого зв'язку

HTML (Hyper-Text Markup Language) – мова гіпертекстової розмітки

HTTP (Hypertext Transfer Protocol) – протокол передачі гіпертексту

IaaS (Infrastructure as a Service) – інфраструктура як послуга

IAB (Internet Architecture Board) – рада з архітектури Інтернет

IAX2 (Inter-Asterisk eXchange protocol) – протокол передачі даних між телефонними станціями

ICMP (Internet Control Message Protocol) – Інтернет-протокол діагностичних повідомлень

IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) – інженерний інститут електротехніки та електроніки

IEC (International Electrotechnical Commission) – Міжнародна електротехнічна комісія

IG (Interior Gateway) – внутрішній шляз

IGP (Interior Gateway Protocol) – протокол маршрутизації внутрішніх шлязів

IP (Internet Protocol) – Інтернет-протокол

IP-мережа – мережа передачі даних, яка використовує протокол IP

IP-пакет – форматований блок інформації, що передається обчислювальною мережею

IP-PBX (Internet protocol business telephone system) – автоматична телефонна станція, котра працює з міжмережним протоколом

I-SID (Service Identifier) – ідентифікатор сервісу

IS-IS (Intermediate System to Intermediate System) – протокол маршрутизації проміжних систем

ISO (International Organization for Standardization) – Міжнародна організація зі стандартизації

ITT (Integrated Telecommunication Technology) – інтегрована технологія телекомунікацій

ITU (International Telecommunication Union) – Міжнародний союз електрозв'язку

JTM (Job Transfer and Management) – сервісний елемент передачі та управління завданнями

LAN (Local Area Network) – локальна обчислювальна мережа

- LDP** (Label Distribution Protocol) – протокол розподілу міток
- LER** (Label Edge Routers) – маршрутизатори міток
- LIFO** (Last in first out) – останній обслуговується першим
- LLC** (Logical Link Control) – верхній підрівень логічного управління
- LMDS** (Local Multipoint Distribution System) – локальна багатоадресна система розподілу
- LMP** (Link Management Protocol) – протокол керування каналом
- LSA** (Link State Algorithms) – алгоритми стану зв'язків
- MAC** (Media Access Control) – управління доступом до середовища
- MAC-адреса** (Media Access Control sub-layer) – нижній підрівень управління доступом до середовища
- MDF** (Multiplexed Digital Flow) – мультиплексний цифровий потік
- МІМО** (Multiple Input Multiple Output) – множинне приймання, множинна передача
- MMDS** (Multichannel Microwave Distribution System) – багатоканальна мікрохвильова система розподілу
- MNP** (Multipurpose Network meta-Protocol) – багатопрофільний мережний мета-протокол
- MPEG** (Moving Picture Experts Group) – алгоритм стиснення телевізійних і звукових мовленнєвих сигналів
- MPLS** (Multiprotocol Label Switching) – багатопротокольна комутація за мітками
- MSAN** (Multi-Serve Access Node) – мультисервісна платформа доступу
- MVDS** (Multipoint Video Distribution System) – багатоадресна система розподілу відеозв'язку
- MWS** (Multimedia Wireless System) – мультимедійна безпроводна система
- NAT** (Network Address Translation) – трансляція мережних адрес
- NFS** (Network File System) – протокол мережного доступу до файлових систем
- NTP** (Network Time Protocol) – протокол мережного часу
- OFDM** (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) – мультиплексування з ортогональним частотним розділенням
- OLSR** (Optimized Link State Routing Protocol) – оптимізований протокол стану каналу зв'язку
- OSI** (Open System Interconnection) – взаємодія відкритих систем
- OSPF** (Open Shortest Path First) – протокол динамічної маршрутизації
- PaaS** (Platform as a Service) – платформа як послуга
- PBB** (Provider Backbone Bridges) – магістральні мости провайдера
- PBB-TE** (Provider Backbone Bridge Traffic Engineering) – магістральні мости провайдера з можливістю управління трафіком
- PDH** (Plesiochronous Digital Hierarchy) – плезіохронна цифрова ієрархія
- PE** (Provider Edge) – провайдер цифрової безпроводної передачі даних
- PDU** (Protocol Data Unit) – блоки даних
- PL** (Physical Layer) – фізичний рівень
- PLC** (Power Line Communication) – технологія передавання даних лініями передавання електроенергії
- PoE** (Power over Ethernet) – електроживлення на основі мережі Ethernet
- PON** (Passive Optical Network) – пасивна оптична мережа
- PPP** (Point-to-Point Protocol) – протокол «точка-точка» каналного рівня
- PR** (Provider Routers) – маршрутизатори провайдера

QAM (Quadrature Amplitude Modulation) – квадратурна амплітудна модуляція

QoS (Quality of Service) – якість обслуговування

QPSK (Quadrature Phase-Shift Keying) – квадратурно-фазова модуляція

RFC (Request for Comments) – запит коментарів

RIP (Routing Information Protocol) – протокол маршрутної інформації

RMON (Remote Monitoring) – протокол дистанційного контролю

ROSE (Remote operations service element) – сервісний елемент віддаленої операції

RSS (Really Simple Syndication) – сімейство XML форматів

RSVP (Resource Reservation Protocol) – протокол резервування ресурсів

RTP (Real-time Transport Protocol) – транспортний протокол реального часу

RTSE (Reliable transfer service element) – сервісний елемент надійної передачі

RFC (Request for comments) – документ із серії пронумерованих інформаційних документів Інтернет

SaaS (Software as a Service) – програмне забезпечення як послуга

SDF (Single Digital Flux) – окремий цифровий потік

SDH (Synchronous Digital Hierarchy) – синхронно-цифрова ієрархія

SHDSL (Single-pair High-speed Digital Subscriber Line) – однопарна високошвидкісна цифрова абонентська лінія

SIP (Session Initiation Protocol) – протокол ініціювання сесії

SIRO (Service in random order) – випадкове обслуговування

SISO (Soft Input – Soft Output) – алгоритми декодування з м'яким входом – м'яким виходом

SMSC (Mobile service Switching Center) – комутуючий центр послуг мобільного зв'язку

SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) – простий протокол передачі пошти

SNMP (Simple Network Management Protocol) – простий протокол моніторингу мережі

SWDM (Spectral Wavelength-division Multiplexing) – спектральне ущільнення каналів з довжиною хвиль від 1270 нм до 1610 нм і відстанню між каналами 20 нм

Softswitch – гнучкий програмний комутатор, один з основних елементів мережі зв'язку наступного покоління NGN

STM-1 (Synchronous Transport Module level 1) – блок передавання даних

TCP (Transmission Control Protocol) – протокол керування передачею

TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol) – протокол керування передачею / міжмережний протокол

TCRTP (Tunneling Multiplexed Compressed RTP) – тунелювання протоколу передачі трафіка реального часу

UA-ITТ (Ukraine Integrated Telecommunication Technology) – інтегрована телекомунікаційна технологія

uBR (universal Broadband Router) – універсальний широкосмуговий маршрутизатор

UDP (User Datagram Protocol) – протокол дейтаграм користувача

UML (Unified Modeling Language – уніфікована мова моделювання) – мова графічного опису для об'єктного моделювання в сфері розробки програмного забезпечення

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) – Європейська універсальна система рухомого зв'язку

- URL** (Uniform Resource Locator) – уніфікований локатор ресурсів
- V.32** – рекомендація МСЕ щодо передачі цифрової інформації у стандартних телефонних каналах
- VDSL** (Very-high-bit-rate Digital Subscriber Line) – надшвидкісна цифрова абонентська лінія
- VLAN** (Virtual Local Area Network) – віртуальна локальна комп'ютерна мережа
- VLSM** (Variable Length Subnet Mask) – змінна довжина маски підмережі
- VMM** (Virtual Machine Manager) – монітор віртуальних машин
- VPN** (Virtual Private Network) – протокол віртуальних приватних мереж
- VPS** (Virtual Private Server) – віртуальний приватний сервер
- WAN** (Wide Area Network) – глобальна мережа
- WCMS** (Web Content Management System) – системи керування Web-контентом
- WDM** (Wavelength-division Multiplexing) – спектральне уцілювання каналів
- Web Mash-Up** (змішування) – сервіс, який використовує як джерела інформації інші сервіси, надаючи, таким чином, нові функціональні можливості
- WEP** (Wired Equivalent Privacy) – механізми забезпечення конфіденційності
- Wi-Fi** (Wireless Fidelity) – технологія широкосмугового безпроводового доступу, регламентована стандартом IEEE 802.11
- WiMAX** (Worldwide Interoperability for Microwave Access) – технологія широкосмугового безпроводового доступу, регламентована стандартом IEEE 802.16
- WLAN** (Wireless Local Area Network) – безпроводова локальна мережа
- WRP** (Wireless Routing Protocol) – безпроводовий протокол маршрутизації
- WWW** (World Wide Web) – всевітнє павутиння
- xDSL** (x-type Digital Subscriber Line) цифрова абонентська лінія x-типу
- ZHLS** (Zone-Based Hierarchical Link State) – ієрархічний протокол каналного стану, заснований на зонах
- ZRP** (Zone Routing Protocol) – зонний протокол маршрутизації

ВСТУП

Минуло десять років від дня виходу у світ монографії «Сучасні телекомунікації» (Современные телекоммуникации. Технологии и экономика: [монография] / под. ред. С.А. Довгого. – М.: Эко Трендз, 2003. – 320 с.) яка викликала жваву зацікавленість фахівців, про що свідчить її переклад на російську мову і видання в дещо скороченому вигляді видавництвом «Еко трендз». За десять бурхливих років розвитку телекомунікацій відбулися значущі зміни в техніці та технологіях, принципах побудови мереж, підходах до регулювання ринку та спектрі послуг. Зазначені зміни супроводжувалися лавиноподібним зростанням числа абонентів мобільного зв'язку, користувачів мережі Інтернет, що, у свою чергу, привело до появи соціальних мереж.

Усе це спонукало авторів до роботи над другим виданням, яке суттєво відрізняється від першого, незважаючи на те, що ідея створення монографії залишилась попередньою: в одній книзі викласти основи різноманітних знань, які пов'язані із системним поняттям «телекомунікації» і відображенням сучасного стану та напрямку їх розвитку.

Друге видання суттєво відображає зміни, що відбулися в сфері телекомунікацій. При цьому більша частина матеріалу монографії є оригінальною і відображає наукові розробки авторів, про що свідчить перелік літератури, який наведено до кожного розділу окремо.

Книга розпочинається розділом «Мережі, технології, служби та послуги», в якому аналізуються, уточнюються і доповнюються такі поняття, як «мережі наступних поколінь» (NGN), та розвиваються їх моделі, а також узагальнюється світовий досвід упровадження NGN.

Розвиток телекомунікаційної сфери настільки стрімкий, що нові терміни вводяться без їх визначення. Тому в розділі приводяться визначення основних термінів: «телекомунікації та інфокомунікації», а також «телекомунікаційні та інфокомунікаційні мережі, технології і послуги».

Наведено спектр класифікацій сучасних телекомунікаційних мереж за територіальною поширеністю, відомчою належністю, призначенням, а також технології за типом трафіка, типом комутації, типом доступу до середовища, масштабом сегмента, місцем розташування елементів інфраструктури, типом використовуваних сигналів та ін.

У розділі також багато уваги приділяється сервісним можливостям телекомунікаційних мереж, які на теперішній час є конвергентними.

У монографії введено нові розділи, які полегшать реалізувати її мету – створення у читача загального уявлення про сферу телекомунікацій. Так, у розділі «Загальна теорія телекомунікацій» викладено основи теорій електричного зв'язку та розподілу інформації. Інформацію про телекомунікаційні технології розподілено в двох розділах. Один із них присвячено основам телекомунікаційних техно-

логій, а інший – конкретним технологіям. При цьому вилучено застарілі технології, які не набули сталого поширення або морально застарілі (Frame relay, ATM і широкосмугова ISDN та ін.), а також набагато скорочено інформацію про ТМЗК. Натомість розглянуто нові технології – такі, як G.MPLS, PBB, xWDM, Wi-Fi, Wi-MAX, LTE та ін.

У шостому розділі висвітлено мережу Інтернет та перспективні сервіси, які вона забезпечує: WWW, соціальні мережі, електронна торгівля, електронні платіжні системи, а також пірінгові мережі, хмарні технології та розподілені обчислення.

У розділі, присвяченому мовленнєвим технологіям і трактам, основна увага приділяється цифровим радіо- і телевізійним технологіям, а також IPTV.

Набагато розширено розділ «Безпека телекомунікаційних мереж», в якому відображено новітні досягнення в цій занадто важливій сфері.

На наш погляд, особливу увагу викличе розділ «Перспективи розвитку телекомунікаційних технологій». У розділі викладено основи інтегрованої технології телекомунікацій UA-ІТТ, яка ввібрала в себе попередні досягнення в телекомунікаційних технологіях і є набагато ефективнішою, ніж технології, побудовані на ІР.

Розглянуто класи ситуативних мереж за моделями керування ресурсами, а також моделі керування ресурсами.

У цьому розділі приведено оригінальні дослідження з проблеми квантових технологій захисту інформації.

На нашу думку, зацікавлять читача методики оцінки ефективності впровадження телекомунікаційних технологій та побудови телекомунікаційних мереж.

Істотно оновлено розділи, що стосуються економічної та управлінської діяльності телекомунікаційних операторів.

Якщо в попередньому виданні чимала увага приділялася шляхам деякої лібералізації ринку телекомунікацій, а також реструктуризації національних операторів, то на теперішній час ринок телекомунікаційних та інформаційних послуг став лібералізованим.

Проте удосконалюються методи управління телекомунікаційними компаніями. Цій проблемі присвячено десятий розділ, в якому розглянуто аналіз бізнес-процесів на основі концептуальної моделі eTOM та тарифну політику телекомунікаційних операторів, а також визначено характерні риси ключової складової розвитку компанії – інноваційної діяльності. При викладенні кадрової політики приділено особливу увагу врахуванню психологічних особливостей персоналу як для професійного відбору, так і для створення безконфліктної атмосфери в колективі.

У наступне десятиліття завершиться конвергенція інформаційних і телекомунікаційних технологій, що приведе до створення єдиної галузі інфокомунікацій.

Зростатимуть проблеми регулювання ринку інфокомунікаційних послуг, визначення тарифів і ціноутворення та пов'язане з цим розподілене врахування витрат.

Ще більше зростатиме вплив інфокомунікацій на всі сфери життя суспільства: розвиток науки й освіти, економіки, екології, охорони здоров'я, протистояння надзвичайним ситуаціям, удосконалення громадянського суспільства. Набуватимуть дальшого розвитку електронне врядування, дистанційна освіта, телемедицина, наука та ін.

Окремо слід зазначити вплив інфокомунікацій на економіку. У зв'язку з перманентною світовою економічною кризою напрошуються дослідження проблеми використання інфокомунікацій для можливої побудови безкризової моделі світової економіки. У наш час існує концепція ринку з вільною конкуренцією. Держава завдяки регуляторним органам протидіє монополізації ринку і частково наглядає за тарифами та цінами. Також держава контролює якість товарів і послуг. Проте такий контроль недостатньо ефективний, а заради конкурентних переваг керівництво компаній іде на невиправдані ризики. Тому потрібні нові ідеї. Такою ідеєю може стати концепція прозорого ринку, суть якого буде зрозумілою ось із чого.

Недостатня ефективність регуляторних і контролюючих державних органів, на наш погляд, пов'язана мінімум з двома чинниками. Перший чинник обумовлений великим обсягом роботи регуляторів. Об'єктивно в принципі при обмежених ресурсах неможливі суцільний та об'єктивний контроль і регулювання. Другий чинник обумовлений людським фактором, який полягає в ненавмисному або навмисному прийнятті неправильних рішень.

В існуючій системі регулювання відсутній головний чинник – люди. Для залучення до процесу регулювання і контролю широких верств населення треба створити електронне регуляторне середовище (ЕРС). Усе це можна забезпечити зростаючими можливостями технологій інфокомунікацій та інфокомунікаційних мереж. Сьогодні такий розвиток проходить у рамках концепції мереж наступних поколінь (NGN). Аналогічно потрібно розробити концепцію системи регулювання майбутніх поколінь (NGRS). Один із можливих шляхів реалізації концепції полягає в створенні *e-економіки* (нарівні з іншими електронними системами), яка, наприклад, складається з кількох підсистем:

- *e-економіка* – підприємство, організація, компанія;
- *e-економіка* – держава;
- *e-економіка* – громадянське суспільство;
- *e-економіка* – Організація Об'єднаних Націй (ООН).

Міжнародні організації, і перш за все ООН, пропонують державам і підприємствам створити середовище *e-економіка* на добровільних засадах (наприклад, як *e-уряд*). Створення таких середовищ пояснюється потребою тримати свій імідж на певному рівні.

Підприємство за бажанням створює свої портали, де відображаються:

- механізми ціноутворення;
- склад постачальників і партнерів;
- екологічність продукції чи послуг;
- системне управління якістю виробництва продукції (послуг);
- ліквідність;
- відгуки покупців (користувачів) на властивості та якість продукції (послуг);
- програму відповідальності підприємства перед суспільством;
- оновлення виробництва і технологій та ін.

Держава створює електронне середовище *e-економіка* як підсистему *e-уряд*, основні завдання якої полягають у складанні рейтингу підприємств на основі аналізу їх порталів. Цей рейтинг визначає імідж підприємства і в разі потреби може використовуватися для надання пільг або державних гарантій.

Інститути громадянського суспільства, що діють у державі, створюють свої портали, де надають результати аналізу і моніторингу діяльності підприємств, які

розповсюджують свою продукцію на території певної держави і контролюють рейтинг підприємств, складений державними органами.

Міжнародні інститути та громадські організації виконують аналогічну роботу, але у світовому масштабі.

Концепція прозорого ринку спрямована на гармонізацію розвитку суспільства, а це можливо тоді, коли більшість людей будуть відчувати комфортність на робочому місці, мати високу кваліфікацію, бути широко освіченими та дотримуватись загальнолюдських норм моралі. Тому ще одним важливим завданням є дослідження психологічних особливостей характеру кожної людини. Такі дослідження слід починати з дитячого віку, щоб виявити особистісні характеристики швидкості та канали інформаційного сприйняття, профорієнтаційні нахили. Надалі підлягають більш детальному вивченню мотиваційні уподобання, взаємовідносини в колективі та ін. Результатами такого дослідження є запровадження індивідуалізації навчання, а потім і гармонізація особистісних уподобань особистості та її робочого місця.

Очевидно, що для всеохоплюючого дослідження людині потрібно створити *on-line* середовище *e-особистість*. Таку роботу започатковано в Одеській національній академії зв'язку ім. О.С. Попова, розроблено систему творчого розвитку особистості, про що дуже стисло наведено в розділі 10.

Нарівні з безумовним позитивним впливом інфокомунікацій будуть наростати і негативні впливи, узагальненою назвою яких є «кіберзлочинність». Тому набере широкого поширення боротьба з кіберзлочинністю, а саме: захист телекомунікацій і персональних даних, обмеження доступу до негативного контенту, захист дітей в Інтернеті, створення дружнього середовища для *on-line* спілкування та ін.

Для інформаційного обслуговування користувачів потрібно буде передавати і розподіляти безперервно збільшувані потоки інформації, тому будуть удосконалюватися технології та обладнання інфокомунікацій.

Перш за все буде удосконалюватися персональне обладнання користувача. Уже сьогодні ми бачимо, що персональні комп'ютери (ноутбуки, лаптопи) витісняються айпадами і смартфонами з величезними функціональними можливостями.

У термінальному обладнанні користувача буде створюватися форма надання інформації: аудіо, відео 3D та ін. Замість клавіатури інформація буде вводиться голосом. Також буде забезпечено безпосереднє спілкування користувачів, які розмовляють різними мовами. Хмарні обчислення забезпечать об'єднання величезних обчислюваних ресурсів, що, на жаль, призведе до можливості зламу шифрів, і захист інформації буде поставлено під загрозу. Тому будуть активно розвиватися засоби квантового захисту інформації, а також квантова передача інформації.

Автори висловлюють щире вдячність Гогунській К.В., Куліковій Н.О. і Тараненко М.А. за допомогу у виконанні технічних робіт, пов'язаних з підготовкою монографії.

1.1. Узагальнена модель побудови телекомунікаційних мереж наступних поколінь

Повсякчасний розвиток інформаційних технологій зумовлений появою нових послуг. Зростаючі вимоги користувачів до якості традиційних послуг змушують власників телекомунікаційних мереж бути в процесі їх модернізації. Процесу такої модернізації передують стадія обрання стратегії розвитку власних мереж. Особливої складності цьому процесу додає наявність великої кількості різноманітних моделей мереж наступних поколінь, кожна з яких має свій погляд на той самий процес з різних точок (розвиток технологій, мережна архітектура, впровадження та експлуатація послуг тощо).

Аналіз відомих моделей побудови телекомунікаційних мереж наступних поколінь

Сектор стандартизації Міжнародного союзу електрозв'язку (ITU-T) від жовтня 2004 року почав публікувати матеріали з різних аспектів мереж майбутніх поколінь NGN в серії Рекомендацій «Y» [1.1–1.8]. У серію входять три основні розділи: Глобальна інформаційна інфраструктура; Питання Інтернет протоколу; Мережі майбутніх поколінь.

У ITU-T з питань стандартизації в області NGN працює комісія 13 (Study Group 13), яка носить назву «Future Networks». Склад комісії оновлюється кожні чотири роки, починаючи з 2001 року (2001–2004, 2005–2008, 2009–2012).

На **рис. 1.1** зображено часову діаграму кількості опублікованих рекомендацій з NGN за 2004–2010 роки. З цієї діаграми видно, що найбільше число публікацій з NGN припадає на час роботи складу комісії 13, яка діяла в період 2005–2008 рр.

Такий стрибок став можливим завдяки затвердженню наприкінці 2004 року базової еталонної моделі мереж наступних поколінь (**рис. 1.2**) [1.2]. В основу концепції покладено принцип відокремлення послуг від транспорту. Другою особливістю цієї моделі є поділ кожної з двох площин (послуг та транспорту) на плани (користувальницький, контролю та управління). Таке представлення моделі NGN є досить обмеженим та не дозволяє розкрити особливості побудови мереж або реалізації послуг з різних точок зору, а також представити положення того чи іншого об'єкта (обладнання, програмного забезпечення тощо) в межах цих площин або планів.

Зазначені недоліки базової еталонної моделі призвели до появи великої кількості моделей, розроблених вченими, операторами, розробниками програмно-забезпечення або виробниками обладнання. Сьогодні концепція NGN передбачає створення нової мультисервісної мережі, до якої здійснюється інтеграція існуючих служб шляхом використання платформи програмної комутації (Softswitch).

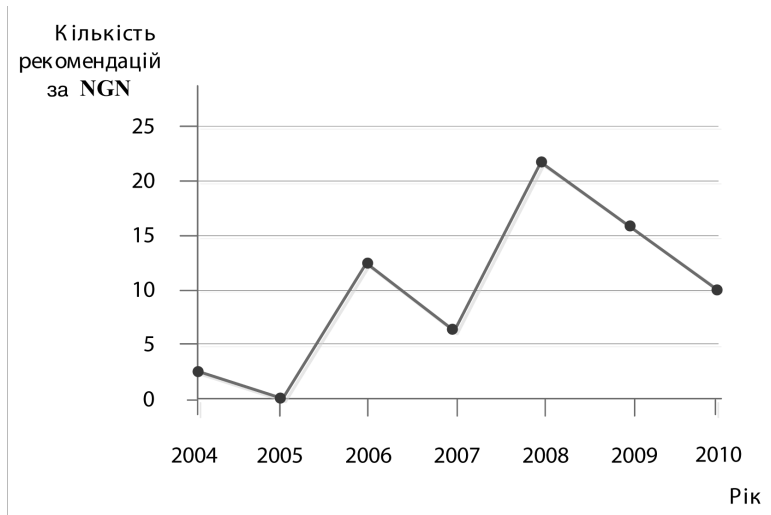


Рис. 1.1. Діаграма публікацій ІТУ-Т за NGN

В основу створення сучасного бачення NGN [1.9–1.12] були покладені такі обставини:

- відкрита конкуренція між операторами, що виникла і розвивається через дерегулювання ринку інфокомунікаційних послуг;
- бурхливе зростання трафіка даних (зростання використання Інтернет та зростаюча потреба користувачів у нових мультимедійних послугах);
- потреба ринку у забезпеченні мобільності користувачів.

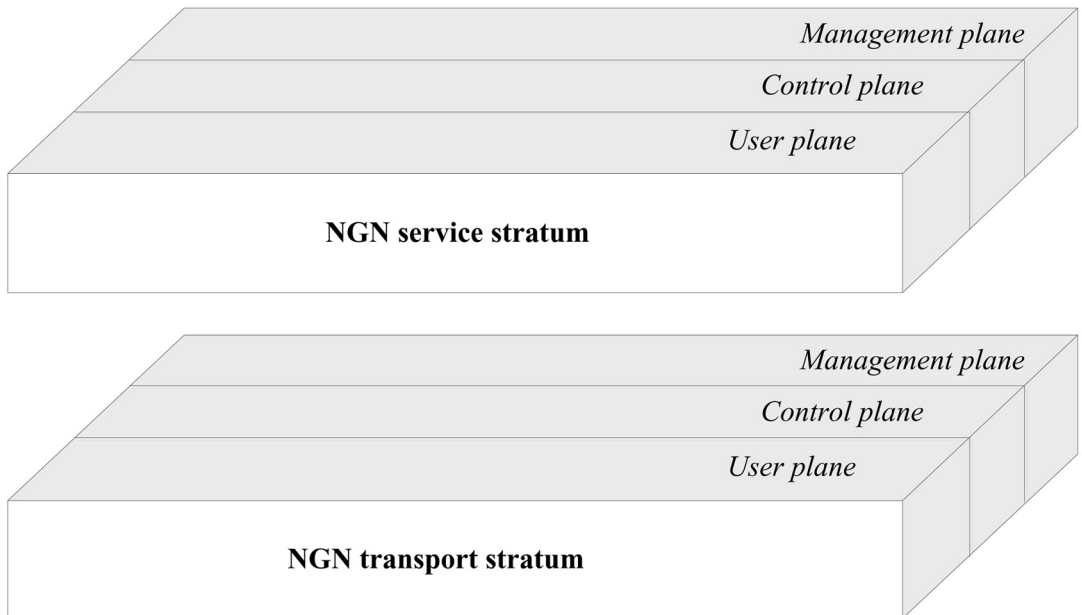


Рис. 1.2. Базова еталонна модель NGN (Рекомендація ІТУ Y.2011)

Відомо декілька альтернативних підходів до визначення концепції NGN. В основі цих підходів лежать різні моделі взаємодії відкритих систем, які мають, як правило, вербальну форму і вирішують завдання декомпозиції однієї складної проблеми на декілька менш складних і порівняно самостійних завдань.

Розрізняють одновимірні та багатовимірні моделі. Так, модель OSI має сім рівнів ієрархії систем, модель TCP/IP інтерпретується різними авторами як чотири- або п'ятирівнева система. Дворівневі одновимірні моделі зазвичай являють собою глобальну або регіональну мережу як об'єднання двох умовно виділених і порівняно самостійних підсистем. Наприклад, «Транспортна мережа ядра + сукупність мереж доступу», «Транспортна мережа + сервісні прикладні процеси», «Телефонна мережа загального користування + мережа Інтернет», «Мережа фіксованого зв'язку + мережа мобільного зв'язку» тощо.

Найбільш відомими тривірневими одновимірними моделями є: «Мережі доступу + транспортна мережа + сервісні прикладні процеси», «IP-мережа + управління з'єднаннями + сервісні прикладні процеси», «Передача даних + голос + відео» тощо. Одна з популярних моделей NGN спирається на поняття гнучкого комутатора (Softswitch) і містить чотири рівні взаємодії: «Площина доступу + площина транспорту + площина управління + площина послуг».

Так, наприклад, у роботі [1.13] подано тривірневу модель NGN (транспорт, управління комутацією, послуги) – **рис. 1.3**.

Згідно з цією моделлю (рис. 1.3), транспортний рівень NGN базується на IP-мережі, в якій реалізовано механізми комутації (наприклад, комутація пакетів, міток, віртуальних каналів тощо). Існуючі телефонні мережі загального користування (ТМЗК) та системи рухомого зв'язку (СРЗ) приєднуються до транспортної системи NGN через медіа-шлюзи. Рівень управління викликами і сигналізації забезпечує маршрутизацію викликів, резервування ресурсів для кожного з'єднання й управління потоками. Взаємодія телефонних мереж і СРЗ на рівні управління реалізується за допомогою сигнальних шлюзів і гнучких комутаторів.



Рис. 1.3. Одновимірна тривірнева модель NGN [1.13]

У роботі [1.14] подано чотирирівневу модель (доступ, транспорт, управління, послуги) – **рис. 1.4.**

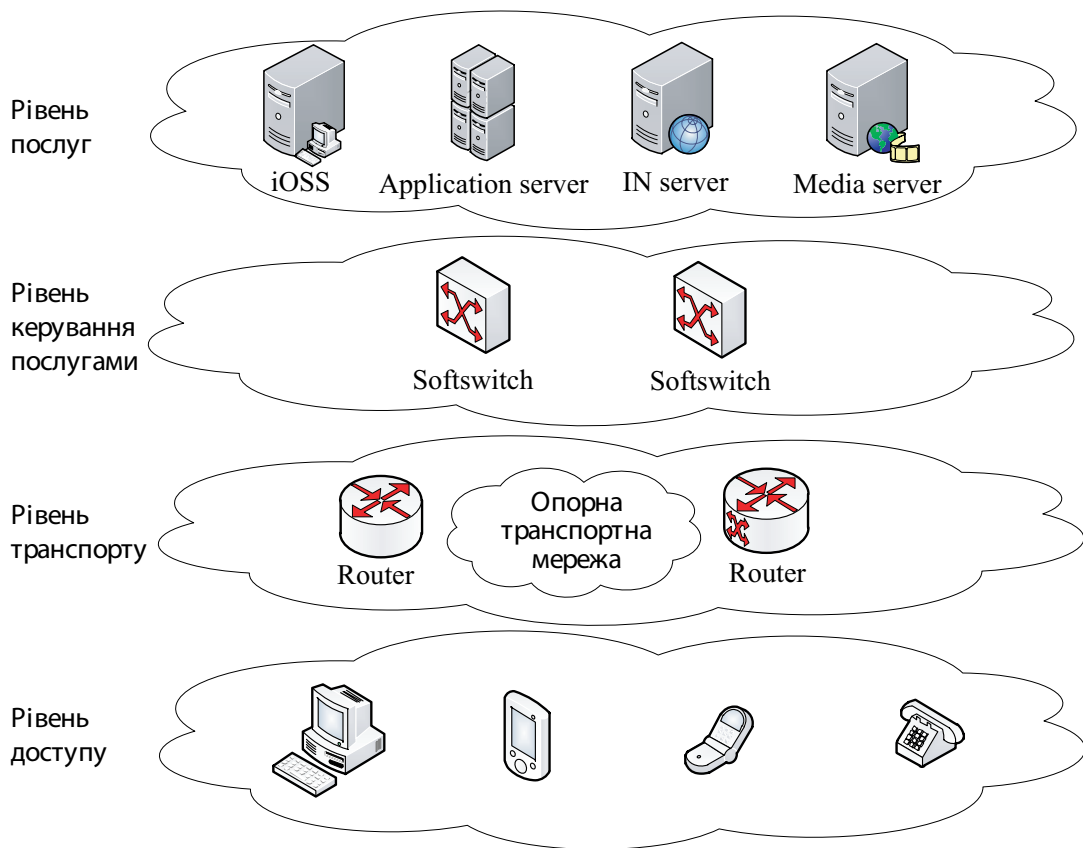


Рис. 1.4. Типова архітектурна модель мережі NGN

Модель на рис. 1.4 близька за змістом до описаної вище тривірневої моделі (рис. 1.3). Вона відрізняється тим, що в ній з транспортного рівня виділено окремо підрівень доступу. Таке розділення на підрівні транспорту та доступу виправдане тим, що технології мереж доступу мають істотні відмінності порівняно з технологіями транспортних мереж. У чотирирівневій моделі (рис. 1.4), так само, як і в попередній (рис. 1.3), головною загальною особливістю є наявність самостійного рівня управління з'єднаннями (рівень керування послугами).

На рівні доступу виконується підключення абонентів і терміналів до мережі на базі широкого спектра технологій та перетворення формату даних до початку передачі. Під терміном «доступ» тут передбачається дуже широке поняття від цифрових абонентських ліній до прикордонних шлюзів і конвертерів сигналізації. Доступ у загальному випадку – це все те обладнання, яке пов'язує мережу NGN з традиційними TDM-мережами і невеликими локальними мережами передачі даних.

Рівень транспорту містить такі пристрої, як маршрутизатори і комутатори 3-го рівня, що розміщуються в магістральній та міській мережах. На цьому рівні виконується комутація і «прозора» передача інформації користувача. Транспортний рівень мережі NGN будується на основі пакетних технологій передачі інформації. Абонентам надається загальна інтегрована платформа передачі даних з такими характеристиками: висока надійність, забезпечення QoS, висока продуктивність. Від технологій, що використовуються на транспортному рівні, багато в чому залежить рівень роботи всієї мережі наступного покоління і кількість сервісів, що надаються.

На рівні керування послугами використовується технологія програмної комутації, або Softswitch. Вона забезпечує первинне управління викликами в режимі реального часу та керування з'єднаннями. Крім того, Softswitch надає голосові та мультимедійні послуги.

Усе різноманіття пристроїв, що транслюють і комутують трафік, перетворюють інформацію, закладену в пакети, у стандартну телефонну сигналізацію і з'єднання, сполучають цифрові мережі різної природи, термінують на собі різні види трафіка, управляється з одного потужного ядра. Це третій рівень NGN – керування послугами. Зазначений рівень часто пов'язують з таким поняттям, як Softswitch.

Рівень послуг містить функції управління логікою послуг та програм і являє собою розподілене обчислювальне середовище, що забезпечує надання інфокомунікаційних послуг, управління послугами, створення та впровадження нових послуг, взаємодію послуг. Здебільшого для реалізації рівня послуг виділяються окремі сервери і бази даних. Сервери, що забезпечують надання послуг, можуть бути як усередині, так і за межами самої мережі (Web-сервери, сервери, що належать ASP-провайдерам). Рівень послуг дозволяє реалізовувати специфіку послуг і застосовувати ту ж саму програму логіки послуги незалежно від типу транспортної мережі та способу доступу. Наявність цього рівня дозволяє також вводити на мережі будь-які нові послуги без втручання у функціонування інших рівнів. Цей рівень може мати безліч незалежних підсистем («мереж послуг»), що базуються на різних технологіях, мають своїх абонентів і використовують свої, внутрішні системи адресації.

Наявність і особлива роль рівня управління з'єднаннями об'єднує більшість відомих моделей NGN. Цей рівень позиціонується як надбудова над транспортним рівнем. При цьому транспортний рівень розглядається як інкапсуляція різних видів і типів трафіка в IP-пакети, тобто як спосіб дейтаграмної пакетної передачі IP-мережами.

У моделях NGN, що містять виділений окремо рівень управління, є внутрішня суперечність. Справді, нині чинна модель мережі Інтернет (стек TCP/IP) розглядає дейтаграмну передачу пакетів не як транспортний, а як мережний рівень. Сам по собі мережний рівень не реалізовує в цілому обсязі транспортної функції мережі. Передача дейтаграм, тобто окремих, незалежних IP-пакетів, мережою Інтернет здійснюється при мінімальних гарантіях якості сервісу. А саме гарантується (з високим ступенем вірогідності), що якщо до одержувача прибув пакет, то цей пакет прибув за призначенням. Сам факт доставки пакетів, а також цілісність інформації в ньому при цьому не гарантуються.

Іншою поширеною моделлю мережі NGN є модель у вигляді набору площин (рис. 1.5).



Рис. 1.5. Модель мережі NGN у вигляді набору площин

Якщо уявити топологію мережі NGN у вигляді набору площин (рис. 1.5), то внизу виявиться площина абонентського доступу, далі йде площина комутації (комутації каналів та/або комутації пакетів). У зазначеній площині розміщується і структура мультисервісних вузлів доступу. Над ними розташовуються програмні комутатори Softswitch, складові площини програмного керування, вище якої – площина інтелектуальних послуг і експлуатаційного керування послугами. Якщо в рамках наведеної моделі поєднати площину доступу з площиною керування, а площину керування послугами із площиною послуг, то з'явиться модель з двома площинами – транспорту та послуг.

Різні виробники телекомунікаційного обладнання та розробники програмного забезпечення бачать модель мережі NGN по-різному, відштовхуючись, перш за все, від можливостей вироблених лінійок продукції. Вони намагаються подати моделі таким чином, щоб при побудові мережі можна було використовувати їх продукцію на всіх рівнях мережі, при цьому рекламують свої готові рішення як найкращі. При цьому можливий природний в таких випадках варіант розвитку подій, при якому власникам мережі доведеться, справді використовувати обладнання одного виробника, зважаючи на те, що через неоднакове бачення моделі мережі різними виробниками може виникнути проблема сумісності обладнання. Буде логічно припустити, що оптимальним є варіант побудови мережі на базі обладнання різних виробників з використанням на кожному конкретному рівні мережі обладнання, яке максимально задовольняє вимогам певного рівня. Проте через різне бачення моделі мережі виробниками стає неможливим використовувати різне обладнання.

З огляду на вищесказане, виникає необхідність введення узагальненої моделі мережі NGN, яка б максимально диференціювала функції, що покладаються на мережу.

Аналіз світового досвіду побудови телекомунікаційних мереж наступних поколінь

Сьогодні переведення існуючих мереж на використання базових концепцій, закладених в основу розуміння моделі NGN, стримується низкою причин: по-перше, наявністю на транзитному рівні існуючих телекомунікаційних мереж (особливо в країнах, що розвиваються) великої кількості вже встановленого цифрового обладнання (ОПТС, системи передачі SDH тощо); по-друге, такими пов'язаними з недостатнім рівнем розвитку IP-мережі телекомунікаційного класу (IPTN) проблемами якості обслуговування, як затримки та низька якість передачі мови; по-третє, порівняно високим рівнем початкових інвестицій, перш за все в будівництво IP-мережі; по-четверте, високою вартістю абонентських терміналів з підтримкою протоколів сигналізації, які використовуються в пакетних мережах, що накладає серйозні обмеження на впровадження нових послуг. Чимало часу буде потрібно і для формування потреби абонентів у нових послугах.

Однак одна з головних особливостей концепції NGN – можливість застосування різних мережних рішень – змушує власників мереж завжди перебувати в стані їх вдосконалення. Такі можливості NGN, як заміна NGN-комутаторами кінцевих АТС на ТМЗК, надання корпоративним користувачам послуги IP-Centrex (послуги уніфікованого зв'язку – UC), надання мультимедійних послуг (IP-TV, VoD, відеоконференц-зв'язок), забезпечення QoS у корпоративних віртуальних мережах (VPN) на базі IP/MPLS, можуть бути реалізовані на телекомунікаційних мережах не тільки як самостійні, але і в поєднанні один з одним.

Сьогодні відомі два класичних підходи до побудови NGN на основі існуючої телефонної мережі загального користування [1.15]. Перший з них передбачає початок реконструкції мережі з місцевого рівня, з заміни місцевих АТС (рис. 1.6). Другий за відправну точку для модернізації розглядає транзитний рівень мережі, заміну опорно-транзитних АТС на транкові медіа-шлюзи під управлінням сигнальних комутаторів Softswitch (рис. 1.7).

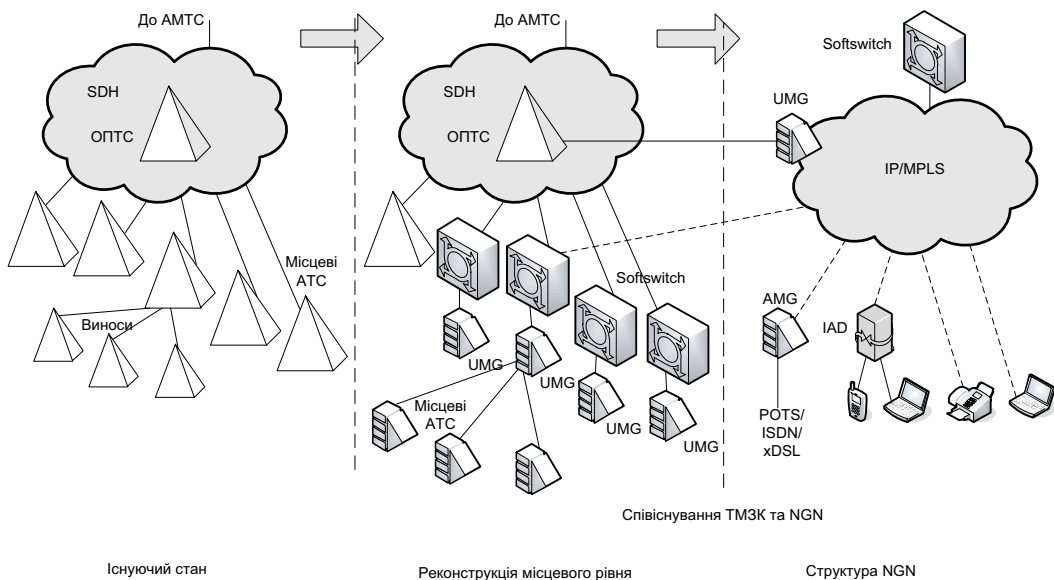


Рис. 1.6. Реконструкція мережі із заміною місцевих АТС

Перший підхід, як правило, рекомендовано тільки для мереж з невеликою ємністю або з невеликою областю покриття. Однак найбільш популярним шляхом модернізації є реконструкція мережі з рівня опорно-транзитних АТС (рис. 1.7). Вагомими аргументами на його користь є, по-перше, порівняно низький рівень початкових інвестицій, по-друге – більш раціональна побудова мережі з централізованим розміщенням медіашлюзів під управлінням Softswitch у транзитних вузлах мережі, по-третє – оптимізація структури мережі шляхом підключення місцевих АТС до медіашлюзів потужних транзитних вузлів за принципом двозв'язного підключення, по-четверте – більш швидке і легке введення нових послуг (детальна тарифікація місцевих дзвінків, переносимість номера, паралельний дзвінок, повідомлення про баланс рахунку наприкінці виклику), по-п'яте – скорочення операційних витрат за рахунок централізації служб технічної експлуатації.

Повільність міграції до NGN забезпечується розбивкою процесу конвергенції на декілька етапів. На першому етапі повинні бути розв'язані два головних завдання – забезпечення сумісності встановленого обладнання з існуючою мережею і можливості повільного переходу до повноцінної NGN зі збереженням існуючих ресурсів.

Саме такий підхід був прийнятий British Telecom [1.15] в програмі реконструкції мережі за технологією NGN «Мережа XXI століття» на період до 2015 року.

У серпні 2006 р. Deutsche Telekom (DT) під брендом T-One запропонувала послугу, аналогічну послугі BT Fusion. Але оскільки за сім місяців існування послуги до неї приєдналося всього 10 000 абонентів, DT була вимушена припинити продажі. Однією з причин непопулярності T-One експерти називали дорожнечу послуги.

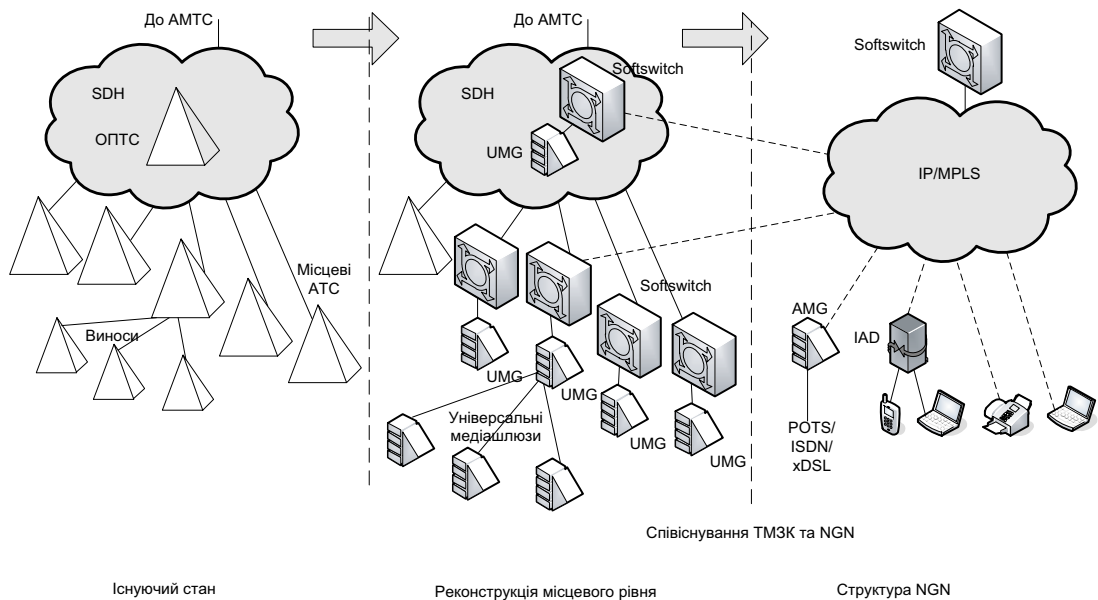


Рис. 1.7. Реконструкція мережі із заміною ОПТС

Аналогічним шляхом йдуть корейський оператор зв'язку Korea Telecom, австрійський провайдер Telekom Austria, італійська фірма Telecom Italia, канадські компанії Telus і Bell Canada, американські Sprint і Qwest тощо. У багатьох країнах третього світу прийнято аналогічні програми. Наприклад, Нова Зеландія може стати першою країною у світі, що відмовилася від використання мереж традиційної телефонії і перейшла на VoIP-зв'язок, в основі якого лежатиме NGN.

Варта окремої уваги концепція FMC (Fixed Mobile Convergence) – конвергенція фіксованої та мобільної мереж. Частіше за все під FMC розуміють можливість отримання всіх або більшість послуг, потрібних абоненту, незалежно від місця розміщення використовуваного терміналу. Виділяються три види конвергенції: мереж, послуг та додатків.

На рівні конвергенції мереж [1.16] забезпечується зниження експлуатаційних витрат за рахунок конвергенції різних мереж фіксованого та мобільного зв'язку в єдину магістральну мережу, яка підтримує широкий спектр методів доступу: традиційної телефонії, DSL, виділених каналів, Ethernet, бездротових мереж (WLAN) та мереж радіодоступу (RAN) в мережах операторів мобільного зв'язку.

На рівні конвергенції послуг виконуються функції управління сесіями. Саме цей рівень робить можливим розгортання високоприбуткових послуг нового покоління на основі IP, таких, як мобільний доступ до даних, проведення аудіо- та відеоконференцій, передача голосу і миттєвий обмін повідомленнями. Рівень конвергенції послуг [1.16] містить власне послуги, з якими оператори виходять на ринок і які вони збираються рекламувати як кінцевий продукт.

Реалізація кожного з розглянутих рівнів забезпечує чималі переваги. Мережна конвергенція створює можливості для економії експлуатаційних і капітальних витрат, конвергенція послуг – для пропозиції нових пакетів послуг і вдосконалення маркетингу.

Повна конвергенція – це сукупність усіх перелічених частин [1.16]: мережа IP як загальна платформа, яка дає змогу надавати конвергентні послуги за конкурентоспроможною ціною і з безперервністю послуги при перетині кордонів мереж доступу. Спонукальні причини для промислового впровадження FMC різняться в різних сегментах ринку. Незважаючи на високу потребу абонентів на конвергентні послуги, наявність чіткого економічного обґрунтування для реалізації конвергенції є основоположним чинником.

Мережна конвергенція на основі технології FMC означає побудову єдиної інфраструктури для надання клієнтам фіксованих, мобільних і конвергентних сервісів. У мережі FMC абонентам, приєднаним як до фіксованих, так і до мобільних каналів, стають доступними всі запропоновані сервіси в реальному часі. Орієнтація на системи FMC, пов'язані з побудовою ширококутних мереж NGN та впровадженням мультимедійної IP-підсистеми (IMS), обумовлена розумінням виробників, інтеграторів та операторів зв'язку того, що майбутнє не за технологіями, а за послугами зв'язку і що абоненту важливі не спосіб і засоби їх доставки, а однаковий і якісний сервіс, що надається незалежно від місця перебування користувача, типу використовуваної мережі та клієнтського терміналу. Акцент при реалізації системи FMC робиться саме на послуги.

Серед операторів телекомунікацій, як міжнародних, так і національних, у тому числі й серед українських операторів мобільного зв'язку, є вагомі потуги побудувати мережу NGN, провести конвергенцію мереж з уже існуючими мережами, збільшити кількість і якість послуг, що надаються абоненту. Але сьогодні ще невідомо жодного прикладу, згідно з яким хоч би один оператор побудував стабільно працюючу мережу NGN в такому вигляді, як вона визначена в рекомендаціях ITU. Причин цьому декілька, але основною є те, що нема єдиного формату конвергенції мереж та методики модернізації вже існуючих телекомунікаційних мереж. Адже за наявності величезного різноманіття технологій, що використовуються на вже існуючих мережах, технологій, на які можна перейти при модернізації, динаміці збільшення кількості сучасних, ще не опрацьованих

операторами зв'язку технологій (і тому в них непевнених), кількості самих концепцій конвергенції нема єдиної загальної методики переходу, модернізації мережі. Власник мережі повинен гаяти час на ретельне вивчення великої кількості готових рішень, які пропонують деякі виробники, аналізувати їх, вибирати щось таке, що найбільше підходить до його конкретної мережі. За час, який марнує компанія на виконання вищеприведеного, змінюється ціна рішення, виникає нова перспективна технологія або концепція чи взагалі змінюється пакет потрібних абоненту послуг, що призводить до нового вивчення вже нових готових рішень.

Узагальнена модель побудови телекомунікаційних мереж наступних поколінь

Як було показано раніше, класична модель NGN складається з двох площин: транспорту та послуг. Взаємозв'язок між цими площинами полягає у висуванні взаємних вимог з боку площини послуг до площини транспорту та навпаки. Це пояснюється тим, що надання будь-якої інфокомунікаційної послуги базується на транспортуванні тієї чи іншої інформації (відео, голосу або даних) крізь телекомунікаційну мережу (від абонента до абонента, від сервера послуг до абонента тощо). При цьому будь-яка послуга висуває до процесу транспортування ті чи інші вимоги. Таким чином, можливість (або неможливість) надання послуги (із заданим рівнем якості обслуговування) в тій чи іншій мережі визначається відповідністю (або невідповідністю) мережі зазначеним вимогам.

У свою чергу телекомунікаційна мережа через характеристики та властивості телекомунікаційних технологій та архітектурних рішень визначає вимоги до послуг, що можуть використовувати цю мережу для транспортування навантаження.

Такий взаємозв'язок породжує відразу два типи залежностей:

- ◆ вимоги, які висуває послуга, визначають перелік телекомунікаційних технологій та архітектурних рішень, які можуть використовуватися для її надання;

- ◆ вимоги, які висуває транспорт (характеристики і властивості телекомунікаційних технологій та архітектурних рішень), визначають перелік послуг, що можуть функціонувати в телекомунікаційній мережі.

Зрозуміло, що ідеальною, з погляду концепції NGN, буде вважатися технологія побудови мережі, яка забезпечує надання всіх без винятку послуг, а ідеальною послугою – та, що може надаватися у будь-якій мережі (незалежно від технологій її побудови або архітектури).

На **рис. 1.8** наведено класифікацію основних вимог, які визначають взаємний вплив площин послуг та транспорту.

Розглянемо вимоги детальніше:

- *вимоги до технологій.* Серед основних вимог, що висуваються з боку інфокомунікаційних послуг до технологій, за допомогою яких побудовано телекомунікаційну мережу, слід зазначити вимоги до швидкості передавання інформації, граничного розміру затримки, надійності тощо. При цьому, як правило, вимоги висуваються не до окремо взятої технології (наприклад, лише до технології каналного рівня), а до цілого набору технологій, який і визначає характеристики того транспортного середовища, що буде використовуватися для транспортування навантаження інфокомунікаційної послуги. У свою чергу, технічні характеристики наборів технологій, за допомогою яких побудована мережа, часто визначають можливості цієї мережі та безпосередньо впливають на можливість (або неможливість) використання тієї чи іншої послуги в тій чи іншій мережі;

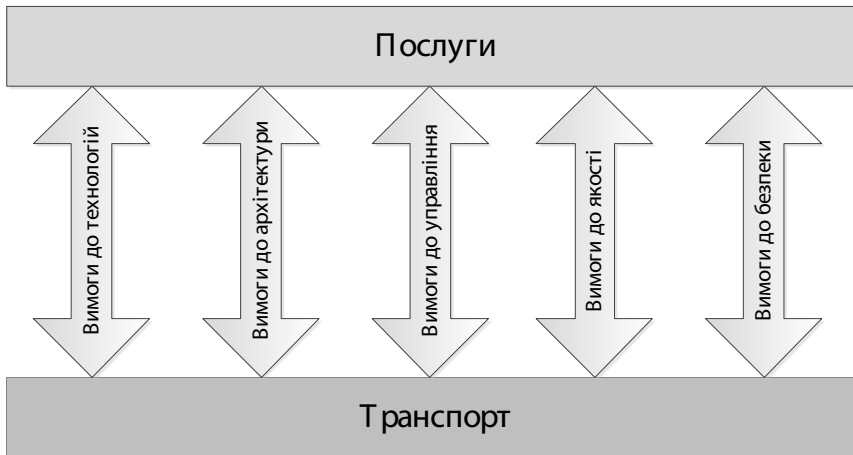


Рис. 1.8. Класифікація вимог між площинами послуг та транспорту

➤ *вимоги до архітектури.* Мережна архітектура та архітектура послуги також є важливими складовими, що визначають можливість (або неможливість) функціонування послуги в тій чи іншій телекомунікаційній мережі. Так, наприклад, певні види послуг можуть функціонувати лише в рамках мережі доступу, не потребуючи для роботи вузлів комутації навантаження, а інші види послуг базуються тільки на організації таких вузлів;

➤ *вимоги до управління.* Наявність системи управління телекомунікаційним обладнанням може бути обов'язковою умовою функціонування тієї чи іншої послуги із заданим рівнем якості, а наявність системи управління послугою може дозволити пристосовувати її роботу до зміни мережного середовища;

➤ *вимоги до якості.* Інфокомунікаційні послуги можуть висувати вимоги як до певних характеристик роботи телекомунікаційного обладнання (або мережі в цілому), так і до наявної системи контролю за дотриманням заданого рівня якості обслуговування. У свою чергу, телекомунікаційні мережі можуть покладати частину функцій контролю якості безпосередньо на послуги, тим самим вимагаючи від них підтримку відповідних механізмів;

➤ *вимоги до безпеки.* Певні види інфокомунікаційних послуг потребують організації безпечного обміну інформацією між користувачами. Такий обмін передбачає захист від несанкціонованого перехоплення інформації, порушення її цілісності тощо. У свою чергу, певні мережі (залежно від їх призначення або технічних можливостей) розраховані на транспортування обмежених типів навантаження та потребують запровадження технологій фільтрації контенту.

Розглянуті вище вимоги потребують їх врахування як при проектуванні телекомунікаційних мереж, так і при розробці інфокомунікаційних послуг. При цьому використання лише однієї із розглянутих вище моделей часто призводить до того, що проектувальник мережі (або розробник програмного забезпечення) враховує лише частину з наведених вимог.

Вирішенням цієї проблеми може бути розробка моделі побудови мереж наступних поколінь, яка б дозволила поглянути на процес проектування мереж та створення послуг з різних поглядів одночасно. При цьому саме такий погляд має бути покладений у формування базових принципів побудови таких мереж.

На рис. 1.9 зображено узагальнену модель побудови мереж наступних поколінь, яка являє собою прямокутний паралелепіпед, в якому фронтальна грань відображає класичний поділ моделі на площини транспорту та послуг, всю модель поділено на п'ять основних планів, а на боковій грані відображено різні погляди на побудову мереж та послуг, на які треба зважувати під час проектування та розробки.

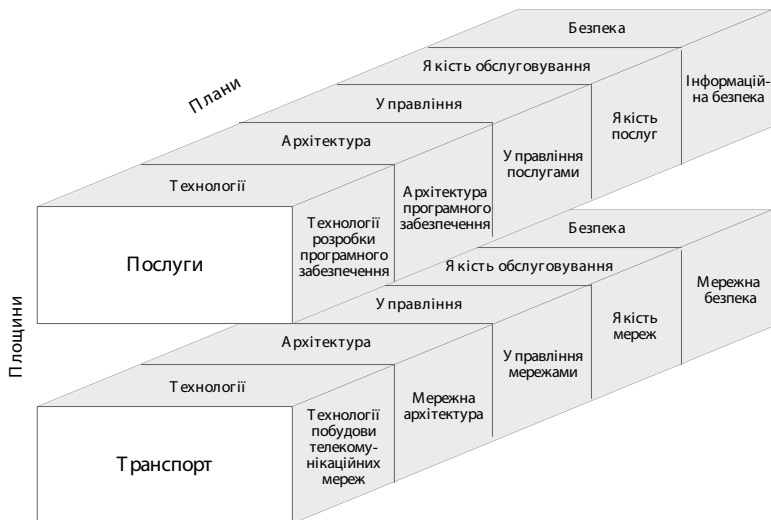


Рис. 1.9. Узагальнена модель побудови мереж наступних поколінь

Частіше за все наведені погляди являють собою самостійні моделі (або сукупність моделей), які дозволяють поглянути на будівництво мереж або послуг під різними кутами зору.

Технологічні покоління побудови телекомунікаційних мереж

У галузі телекомунікацій за останні десятиліття досягнуто дивовижних успіхів, що змінили вигляд сучасного світу. Головне досягнення – створення глобальної мережі Інтернет, внаслідок чого телекомунікаційна інфраструктура стала сьогодні важливою частиною національного стратегічного ресурсу. В основі Інтернету лежать три ключові ідеї, які були висунуті у 60–80-ті роки минулого сторіччя: а) принцип пакетної обробки і передачі даних, Leonard Kleinrock, 1961 р.; б) принцип децентралізації регіональних і глобальних мереж – ідея однорангової мережі, Paul Varan, 1962 р.; в) принцип відкритої доменної адресації інформаційних ресурсів – Web-технологія, Tim Berners-Lee, 1989 р.

Сьогодні ці три фундаментальні ідеї побудови глобальної мережі уявляються очевидними і зрозумілими, проте свого часу вони були сприйняті неоднозначно. Було потрібно декілька десятиліть для усвідомлення їх ролі і впровадження в теорію і практику створення мереж. Відсутність загальноприйнятої системної концепції побудови комп'ютерних мереж на ранньому етапі їх розвитку зумовила достатньо стихійне формування мережі Інтернет за принципом «висхідного проектування». Тому сучасна глобальна мережа характеризується великою різноманітністю мережних технологій і протоколів обміну, а також певною роз'єднаністю двох основних напрямів на ринку телекомунікацій. Умовно ці напрями можна пов'язати з двома різними підходами до мережної інтеграції – телефонною і комп'ютерною.

Найавторитетнішим інститутом телефонного напрямку є Міжнародний союз електрозв'язку (ITU) і його підлеглий орган – сектор стандартизації в телекомунікаціях (ITU-T). У комп'ютерному напрямі провідну роль відіграє світова науково-дослідна і університетська спільнота: Рада з архітектури Інтернету (IAB) і її орган стандартизації – Цільова група з проектування Інтернет (IETF), Міжнародний інститут інженерів з електротехніки і електроніки (IEEE), Міжнародна організація зі стандартизації (ISO), Міжнародна комісія з електротехніки (IEC), Web консорціум W3C, Національний науковий фонд США (NSF), Європейський центр ядерних досліджень (CERN) тощо.

Історично телефонні мережі та технології виникли раніше комп'ютерних мереж передачі даних (Інтернет). Одними з головних продуктів телефонного напрямку є технології SDH, ATM і заснована на них широкосмугова ISDN, стандарт безпроводного зв'язку CDMA, а також стандарт H.323 для побудови мультисервісних мереж. Сектор телефонії охоплює стаціонарні та мобільні телефонні мережі загального користування. Концептуальний телефонний напрям базується на принципі комутації каналів.

Основою комп'ютерного напрямку є еталонна модель взаємодії відкритих систем (OSI) і стек протоколів TCP/IP, на якому побудована сучасна мережа Інтернет. Головні продукти цього напрямку – технології локальних мереж (перш за все Ethernet), безпроводні технології WiFi і WiMAX, а також протокол сигналізації SIP (як альтернатива протоколу H.323), що забезпечує управління сигналізацією для передачі голосового трафіка. Базова концепція комп'ютерних мереж – комутація пакетів.

Технології телефонії і комп'ютерних мереж донедавна розвивалися паралельно і певною мірою конкурували між собою. Нині голосовий трафік у телефонії і трафік передачі даних в комп'ютерних мережах приблизно співмірні. При цьому частка трафіка реального часу (голос і відео) в передачі даних комп'ютерними мережами становить близько 10 %. Проте аналітики прогнозують стале зростання трафіка передачі даних і, зокрема, питомих зростання трафіка реального часу. Передача голосу і відео мережами Інтернет економічно привабливіша для масового клієнта, проте стикається з труднощами забезпечення вимог якості сервісу (надійність з'єднання, затримка передачі, нестійкість смуги пропускання тощо). Крім того, кабельні комунікації, як і раніше, переважно перебувають у зоні компетенції телефонних операторів і компаній, що є об'єктивною умовою впливу сектора телефонії на ринок телекомунікацій.

В останнє десятиліття в телекомунікаціях відбуваються процеси конвергенції, головним чином у сфері послуг. Вони виражаються в тому, що кожен з двох секторів – телефонний і комп'ютерний – прагнуть запропонувати своїм клієнтам широкий набір послуг зв'язку. Провайдери Інтернет впроваджують застосування для передачі голосового і відеотрафіка, а оператори телефонії – доступ до мережі Інтернет. Разом з тим «паралельні» розробки і недостатня узгодженість зусиль фахівців стримують просування на шляху до всеосяжної інтеграції телекомунікаційних мереж і технологій.

Знаковою подією в інтеграційних процесах став сумісний проект розробників ITU-T і IETF зі створення транспортного профілю технології MPLS (проект MPLS-TP), який започатковано 2008 року. Проте, незважаючи на неабиякі успіхи в цьому питанні, представники двох провідних напрямів – телефонної і комп'ютерної архітектури мережі – ідуть шляхом еволюційного удосконалення існуючої мережної інфраструктури і досі не запропонували принципово нової системної платформи інтеграції мереж, технологій і устаткування. Деякі інновації, навіть дуже успішні, не можуть

ефективно розв'язати це завдання. Потрібна теоретично обгрунтована, глибоко продумана на багато десятиліть вперед нова концептуальна ідея послідовної реорганізації всієї світової телекомунікаційної інфраструктури.

Однією з найактуальніших проблем сучасних телекомунікацій є конвергенція телефонних і комп'ютерних мереж, а також інтеграція різнорідних мережних технологій і створення уніфікованої системи телекомунікаційних послуг, у тому числі передача голосу, даних і відеотрафіка в реальному часі. У цілому цей комплекс проблемних питань пов'язують зі створенням мереж майбутніх поколінь (Next Generation Networks – NGN).

Термін NGN сьогодні використовується в різних сенсах: зокрема, часто має маркетинговий відтінок. У англійському варіанті цей термін звучить однаково як для «покоління» (в однині), так і для «поколінь» (у множині). У вітчизняній і російськомовній літературі його зазвичай перекладають як «мережі майбутніх поколінь», тобто слово «покоління» уживається в множині. У зв'язку з цим виникає питання про інтерпретацію терміна NGN: про які покоління і можливі терміни їх появи може йти мова, якщо припускати множинність різних NGN?

Для конкретизації завдання дослідження принципів побудови NGN виділимо декілька поколінь мереж NGN (рис. 1.10) залежно від того, на якій стадії розвитку і впровадження перебувають ключові технічні ідеї і технологічні принципи реалізації мереж нових поколінь [1.36].

Мережею покоління G+1 назвемо проєктований сегмент глобальної мережі, який перебуває в стадії розробки з теперішнього часу і втілює в собі кращі технічні та технологічні відомі сьогодні рішення. Основним принципом побудови мереж цього технологічного покоління є принцип економічної доцільності. Принцип передбачає всебічну оцінку вартості та тривалості реорганізації існуючої мережі (або будівництва нової) до того чи іншого набору комерціалізованих технологій за умов задоволення вимог до майбутньої мережі.

Мережею покоління G+2 назвемо абстрактний сегмент глобальної мережі, який передбачається побудувати на базі новітніх технічних та/або технологічних рішень, які перебувають на стадії експериментальної перевірки та/або стандартизації. Принципи побудови мереж цього покоління можуть бути визначені шляхом аналізу рекомендацій та стандартів (або їх проєктів), що існують на момент аналізу.

Мережею покоління G+3 назвемо абстрактний сегмент глобальної мережі, який передбачається побудувати на базі новітніх технічних та/або технологічних ідей і принципів, що перебувають у стадії початкової апробації. Принципи побудови мереж цього покоління сьогодні лише формуються та можуть бути визначені шляхом аналізу недоліків технологій поколінь G+1 та G+2.

Конкретні часові рамки для виділених вище поколінь майбутніх мереж залежать від багатьох технічних, економічних і політичних чинників, у тому числі визначаються тривалістю часового циклу від виникнення ідеї до її практичної реалізації. Так, наприклад, основні ідеї сучасної мережі Інтернет були розроблені й опубліковані на початку 60-х років минулого сторіччя, а перший сегмент регіональної мережі ARPANET створено приблизно через вісім років (1969 р.). 1981 року в RFC 791 офіційно опубліковано основну (четверту) версію протоколу IP. 1982 року стек протоколів TCP/IP був прийнятий військовим відомством США як стандарт відомчих комп'ютерних мереж, а 1985 року Рада з архітектури Інтернет (IAB) рекомендувала цей стандарт для комерційного використання. Таким чином, процес розвитку принципово нової наукової концепції Інтернет від перших публікацій до комерційного стандарту тривав понад 20 років.

Назва покоління	G+1	G+2	G+3
Характеристика покоління	Вже комерціалізовані технології	Стадія стандартизації та/або дослідних зразків	Стадія ідеї
Принципи побудови	Принцип економічної доцільності (всебічна оцінка вартості та тривалості реорганізації існуючої мережі (або будівництва нової) до того чи іншого набору комерціалізованих технологій за умов задоволення вимог до майбутньої мережі)	Принципи визначаються стандартами (або проектами стандартів)	Принципи визначаються на основі аналізу недоліків попередніх поколінь
	Сьогодні та найближче майбутнє (3-5 років)	Найближче майбутнє (5-10 років)	Дальня перспектива (10 – 15 років)

→ час

Рис. 1.10. Технологічні покоління

Описаний вище приклад виникнення і розвитку сучасної мережі Інтернет є достатньо характерним і може бути використаний для наближених оцінок можливих термінів розробки і впровадження NGN різних поколінь з врахуванням змін, викликаних прискоренням процесу комерціалізації технологій за рахунок використання інформаційно-комунікаційних технологій. Покоління G+1 може бути розраховане на найближчі 3–5 років, G+2 – на 5–10 років, а впровадження мереж покоління G+3 може тривати близько 10–15 років від моменту теоретичного обґрунтування базових принципів.

1.2. Визначення основних понять сучасних телекомунікацій

Телекомунікаційні, інформаційні, інфокомунікаційні мережі та послуги

Еволюційні процеси в галузі зв'язку можна спостерігати як у вдосконаленні рівнів технологічного розвитку, так і в зміні термінології. Так, вітчизняний термін «електрозв'язок» поступово трансформувався в міжнародний термін «телекомунікації», під яким розуміють сукупність засобів, що забезпечують перенесення інформації, наданої в необхідній формі, на велику відстань за допомогою поширення сигналів в одному із середовищ (мідь, оптичне волокно, ефір) або сукупності середовищ [1.17].

До засобів телекомунікацій належать лінії зв'язку, лінійна апаратура (пристрої сполучення середовищ, системи передачі), комунікаційні пристрої мережі (пристрої перерозподілу інформаційних потоків у точках перетину кількох ліній зв'язку), обладнання сигналізації, синхронізації тощо.

Системоутворювальна сукупність засобів телекомунікацій, що надає територіально рознесеним об'єктам можливість інформаційної взаємодії шляхом

обміну сигналами (електричними, оптичними або радіо), називається **телекомунікаційною мережею** (Telecommunication Network).

Як віддалені об'єкти для неї можуть бути термінальні пристрої користувачів, кінцеві системи мережі, а також деякі локальні та територіальні мережі (рис. 1.11).

Прикінцевою точкою телекомунікаційної мережі є або телекомунікаційний рознімач (мережний інтерфейс), до якого приєднується пристрій користувача, або кінцеве мережне обладнання (міжмережний інтерфейс), що забезпечує сполучення мереж.

Основним завданням телекомунікаційної мережі є надання якісного транспортного сервісу при перенесенні інформації в просторі. В англійській літературі, підкреслюючи саме цей аспект, телекомунікаційну мережу називають **Carrier Network** (мережа-переносник). При цьому контролюються такі мережні функції, як якість обслуговування із кінця в кінець, управління потоками з метою запобігання перевантаженням у мережі тощо. Термін «транспорткування» слід відрізнити від терміна «передача», під яким розуміється процес розподілу сигналу у фізичному середовищі між двома суміжними пунктами мережі.

Спосіб реалізації перенесення інформації в просторі, що забезпечує певний гарантований рівень якості обслуговування в мережі, називається телекомунікаційною технологією (Telecommunication Technology).

Розвиткові і вдосконаленню телекомунікаційних технологій, а також засобів телекомунікацій сприяють наукові досягнення в таких сферах діяльності, як мікропроцесори та обчислювальна техніка, лазерні технології високопрозорих матеріалів, космічні

дослідження, що, у свою чергу, приводить до систематичного вдосконалення існуючих концепцій побудови телекомунікаційних мереж, а також до появи нових. Це, безсумнівно, позначається на якості продукту діяльності телекомунікаційних мереж, тобто на наданих ними послугах.

Телекомунікаційні послуги (Telecommunication Service) – це результат функціонування телекомунікаційної мережі, при якому задовольняється запит на доставку (транспорткування) інформації або на встановлення зв'язку.

Процеси інформатизації суспільства актуалізували розвиток індустрії засобів автоматизації процесів обробки, накопичення, зберігання великих обсягів інформації з використанням обчислювальної техніки.

Методи і способи накопичення, обробки, зберігання, відображення, пошуку і забезпечення цілісності інформації отримали назву «інформаційні технології» (Information Technologies).

Автономні інформаційно-обчислювальні системи дуже швидко трансформувалися в децентралізовані, призначені для розподіленої обробки інформації за допомогою ЕОМ, об'єднаних телекомунікаційною мережею, і отримали назву «інформаційні мережі».

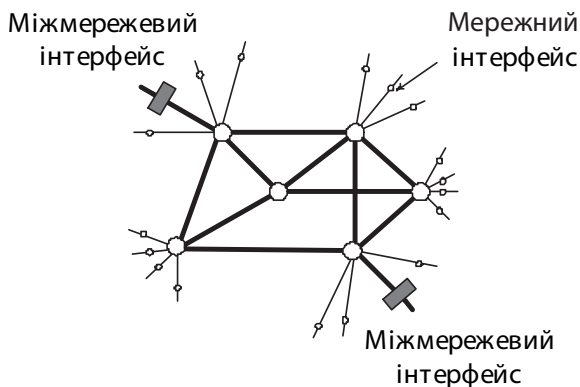


Рис. 1.11. Телекомунікаційна мережа

Таким чином, **інформаційна мережа** (Information Network) – це системоутворювальна сукупність територіально розосереджених кінцевих систем (комп'ютерів чи комп'ютерних систем), об'єднаних телекомунікаційною мережею, за допомогою якої забезпечується взаємодія прикладних процесів, що активізується в цих кінцевих системах, і колективний доступ до їх інформаційних і обчислювальних ресурсів.

Вся інтелектуальна робота в інформаційній мережі виконується на периферії, тобто в кінцевих системах мережі, а телекомунікаційна мережа в складі інформаційної мережі виконує функції транспортної системи (рис. 1.12).

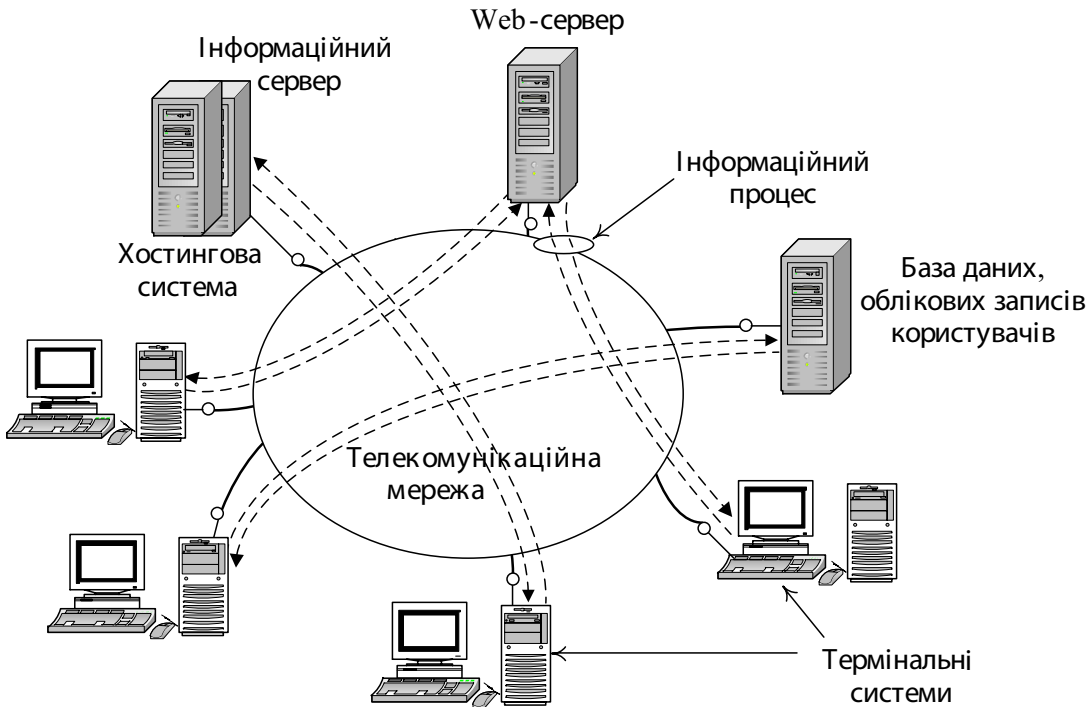


Рис. 1.12. Інформаційна мережа

Отже, поняття «інформаційна мережа» вказує на переміщення акценту уваги в бік інформаційних процесів, що виникають у мережі при взаємодії кінцевих систем через телекомунікаційну мережу. Опис цієї взаємодії демонструє всю складність організації зв'язку в інформаційній мережі як в режимі «запит-відповідь», так і в реальному масштабі часу.

Розглянуті вище поняття телекомунікаційної та інформаційної мереж по суті розділяють мережі зв'язку відповідно до категорій послуг, що надаються. Якщо в телекомунікаційній мережі можливе надання лише послуг з транспортування інформації, то в інформаційній мережі нарівні з телекомунікаційними послугами реалізуються й інформаційні послуги.

Інформаційна послуга (Information Service) – це задоволення інформаційного запиту користувача, сформованого в результаті цілеспрямованого пошуку інформації в розподіленій системі інформаційних ресурсів, шляхом доставки засобами телекомунікації затребуваної копії контенту.

Під *контентом* (content) розуміють дані, призначені для зберігання з метою подальшого запитання в безлічі випадків з урахуванням можливості перетворення в будь-яку необхідну форму. Затребувані дані, як правило, у вигляді копії, припускають просторове переміщення за допомогою перенесення телекомунікаціями. Для кінцевого споживача доставлена копія контенту є шуканою інформацією. Таким чином, актуальність контенту є однією з найважливіших його характеристик.

Сьогодні вже сформувалася ціла індустрія контенту, мета якої не просто накопичення важливої інформації, багато в чому це ще й великий бізнес. І хоч би як нам не хотілося іншого, індустрія контенту починає домінувати в нашому культурному і соціальному житті. Оцінюючи рівень розвитку інформаційних і телекомунікаційних технологій, ми усвідомлюємо свої можливості доступу до великого обсягу найрізноманітнішої інформації.

Нема сумніву в тому, що перспективи швидкого і повсюдного поширення інформаційних технологій та послуг нерозривно пов'язані з розвитком телекомунікаційних мереж і технологій. Конвергенція на рівні мереж, технологій і послуг інформаційної та телекомунікаційної сфер породила нове концептуальне поняття «інфокомунікацій».

Інфокомунікації (Infocommunication) – це сукупність засобів обробки, накопичення, зберігання інформації та перенесення її в просторі, імплементованих в єдину мережну структуру, за допомогою якої забезпечується доступність інформаційних ресурсів та інформаційний обмін.

Інфокомунікаційна мережа як фізичний об'єкт може бути визначена таким чином.

Інфокомунікаційна мережа (Infocommunication Network) – це сукупність територіально розосереджених інформаційних, обчислювальних ресурсів, програмних комплексів управління, що розміщуються в кінцевих системах мережі та термінальних системах користувачів, взаємодія між якими забезпечується за допомогою телекомунікацій і які спільно утворюють єдину мультисервісну платформу (рис. 1.13).

Прикінцева система інфокомунікаційної мережі (Network End System) в загальному випадку являє собою інформаційно-обчислювальну систему, яка є джерелом або споживачем інформації, а також постачальником обчислювального ресурсу. Інформаційні та обчислювальні ресурси, як і в інформаційній мережі, тут є основними компонентами. Нижче подано визначення для кожного з них.

Інформаційні ресурси (Information Sources) – це систематизовані масиви інформації, створювані та накопичувані в мережі з використанням інформаційних технологій і призначені для багаторазового запитання користувачами.

Обчислювальні ресурси (Comput Sources) – доступні можливості компонентів обчислювальної системи: продуктивність процесора, обсяги оперативної і віртуальної пам'яті, місце на диску.

Інфокомунікаційні послуги (ІКП) як продукт діяльності інфокомунікаційної мережі – корисна дія, яка підлягає оплаті споживачем. Сьогодні вони розглядаються як послуги Глобального Інформаційного Суспільства (ГІС), до яких пред'являються такі вимоги [1.24]:

⇒ доступність користувачам незалежно від способів доступу до мережі і гарантована якість обслуговування;

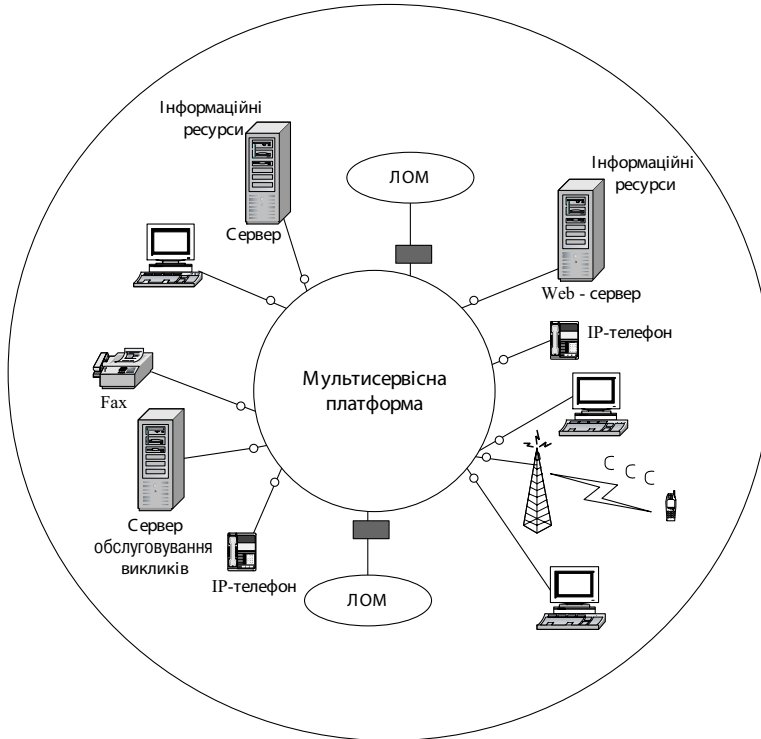


Рис. 1.13. Інфокомунікаційна мережа

- ⇒ використання додаткової адресації в рамках конкретної послуги при ідентифікації абонентів;
- ⇒ залучення верхніх рівнів моделі ISO/OSI для реалізації послуг;
- ⇒ розподіл функціональності послуги між обладнанням сервісного вузла провайдера і термінальним обладнанням користувача;
- ⇒ наявність можливостей керування послугами з боку користувача;
- ⇒ забезпечення користувачеві можливості отримання комплексу послуг (послуги-пакета) в єдиному запиті.

Це зовсім не весь перелік вимог до послуг зв'язку нового покоління, що змушує говорити не про послуги, а про одну, універсальну, інфокомунікаційну послугу. Багатофункціональність та комфортність саме такої послуги, що надається із замовленою якістю і заздалегідь відомою ціною, потенційно готовий оцінити будь-який користувач мережі.

Нижче наводиться формулювання реального визначення для терміна «інфокомунікаційна послуга».

Інфокомунікаційна послуга (Infocommunication Service) – це мультипослуга, що забезпечує задоволення телекомунікаційних або інформаційних, або тих та інших одночасно потреб споживача з наданням йому можливості керувати процесом реалізації цієї послуги.

Мультисервісність, пакетна форма, єдина платформа надання послуг кардинально змінюють роль користувача в процесі виробництва послуги, який з початку в інтерактивному режимі формує пакетно-сервісну послугу, а потім активно бере участь у процесі її створення.

Глобальна Інформаційна Інфраструктура

Основним завданням світової спільноти на певному етапі його розвитку є створення Глобальної Інформаційної Інфраструктури (ГІІ) як комплексного рішення з розвитку індустрії інфокомунікаційних послуг у світовому масштабі, при цьому інфокомунікації виступають як будівельний фундамент.

МСЕ-Т у Рекомендаціях У.100, У.110 дає таке визначення цьому глобальному об'єкту.

Глобальна Інформаційна Інфраструктура (Global Information Infrastructure, ГІІ) *надає користувачам набір комунікаційних послуг, які забезпечують безліч застосувань, що охоплюють усі види інформації та надають можливість її отримання в будь-якому місці, в будь-який час, за прийнятною ціною і з прийнятною якістю.*

Важливою особливістю концепції ГІІ є розгляд її у вигляді композиції низки базових технологій, інтегрування яких створює передумови якісної зміни умов життя і діяльності людини. До них належать такі види індустрії, як комп'ютерна, телекомунікаційна, побутові електронні прилади, індустрія інформаційних програм. Рівень розвитку зазначених індустрій в деяких країнах багато в чому визначає проблеми формування Національних Інформаційних Інфраструктур (НІІ) і ступінь їх готовності до входження в ГІІ.

Слід також відзначити той факт, що інформаційне середовище стає не тільки однією з найважливіших сфер міжнародного співробітництва, але й об'єктом суперництва. Так, країни з більш розвиненою інформаційною інфраструктурою, встановлюючи технологічні стандарти і надаючи покупцям свої ресурси, визначають умови формування НІІ в інших країнах і тим самим істотно впливають на розвиток ГІІ. Загальна ж стратегія практичного втілення ГІІ в життя передбачає еволюційний шлях розвитку на основі вже існуючих систем і технологій за допомогою їх послідовної модернізації. У цьому творчому процесі найголовнішу роль відіграє політика стандартизації, яка визначає ступінь гармонізації системи національних стандартів в інформаційній сфері з відповідними міжнародними та регіональними стандартами.

Накопичений досвід створення НІІ, особливо високорозвинених країн, таких, як США, Японія, Німеччина, Англія, Франція, Канада, показує, що цей процес містить два етапи. На першому етапі йшло формування НІІ на основі національних (федеральних) стандартів. При цьому несумісними виявилися майже 70 % інформаційних систем та мереж, розроблених різними фірмами і корпораціями. Перехід фірмових систем на інтерфейси, відповідні федеральним стандартам, тривав понад десять років і потребував багатомільярдних вкладень.

Другий етап був обумовлений міждержавною несумісністю інформаційних технологій, що ускладнювало міжнародний обмін і торгівлю, і реалізовувався на базі міжнародних стандартів.

На теперішній час сформовано потужну міжнародну кооперацію з розробки стандартів ГІІ, в яку входять такі організації, як ІТУ-Т, ІТУ-Р, ІСО/ІЕС, Д. ВМЦ, ОМГ, ТІ, ЕТСІ, ЕСОС, Х/ОПЕН, NME, ТІНА-С, ІЕТФ, DVB, DAB, АТМ-F. Тільки в рамках МСЕ-Т у процесі стандартизації технологій ГІІ беруть участь чотирнадцять дослідних груп.

Розроблено велику програму робіт зі стандартизації ГП, що містить кілька десятків високопріоритетних проектів. Важливе місце серед документів з ГП відводиться розробці атласу технологій ГП (GII Standards Roadmap). У число головних пріоритетів, які визначають основні властивості ГП, входять такі:

- інтероперабельність (interoperability) – здатність мереж і систем обмінювати інформацією та спільно її використовувати;
- мобільність – (mobility) можливість доступу до ресурсів з різних місць користувача, у тому числі при його переміщенні, а також здатність інфраструктури ідентифікувати і визначати місце розташування джерел запитів;
- безперервність (persistence) обслуговування в просторі та часі;
- якість (quality) – забезпечення рівня якості, який очікує користувач;
- масштабованість (scalability) – властивість продуктів, сервісів, систем ефективно виконувати свої функції при широкому діапазоні параметрів, що визначають технічні та ресурсні характеристики підтримуючого середовища;
- безпека (security) – захист ресурсів (апаратних, програмних, інформаційних) від випадкових або навмисних дій, що призводять до несанкціонованого доступу до ресурсів і порушення конфіденційності їх використання, модифікації та руйнуванню ресурсів, а також розкриття інформації.

На Урядовій конференції країн «Великої вісімки» (G8), що проводиться Комісією Європейської Економічної Співдружності (ЄЕС), в лютому 1995 року було затверджено основні принципи, на яких має базуватися розвиток ГП, у тому числі:

- ⇒ забезпечення відкритого доступу до мереж;
- ⇒ гарантія загального забезпечення доступу до послуг, а саме до мобільності – можливості доступу до послуг з різних місць і при русі (при цьому визначення і локалізація джерела надходження запитів повинні забезпечуватися мережею) і номадизму – можливості переміщення з одного місця в інше зі збереженням при цьому доступу до послуг незалежно від доступності або недоступності цих послуг в місцевому середовищі, інакше – безперервність доступу в просторі та часі;
- ⇒ забезпечення однакових можливостей для користувачів з огляду на культурне та мовне різноманіття;
- ⇒ необхідність міжнародного співробітництва з особливою увагою до найменш розвинених країн;
- ⇒ сприяння відкритої конкуренції і заохочення приватних інвестицій.

Реалізації цих принципів мають сприяти розвиток глобальних ринків для мереж, послуг і додатків; гарантії конфіденційності та захисту даних, захист прав інтелектуальної власності, співпраця у науково-дослідній діяльності та в розробці нових програм.

Глобальні розробки з ГП проводяться як окремими консорціумами, так і індустріальними форумами.

Розробка концепції і технологій ГП належить до числа найбільш великомасштабних проектів, що реалізуються світовим співтовариством і покликані якісно змінити умови життя і діяльності людини.

1.3. Класифікація сучасних телекомунікаційних мереж та технологій

Класифікація за територіальною поширеністю

Класифікацію мереж за масштабно-територіальною ознакою подано ієрархією, наведеною на **рис. 1.14**.

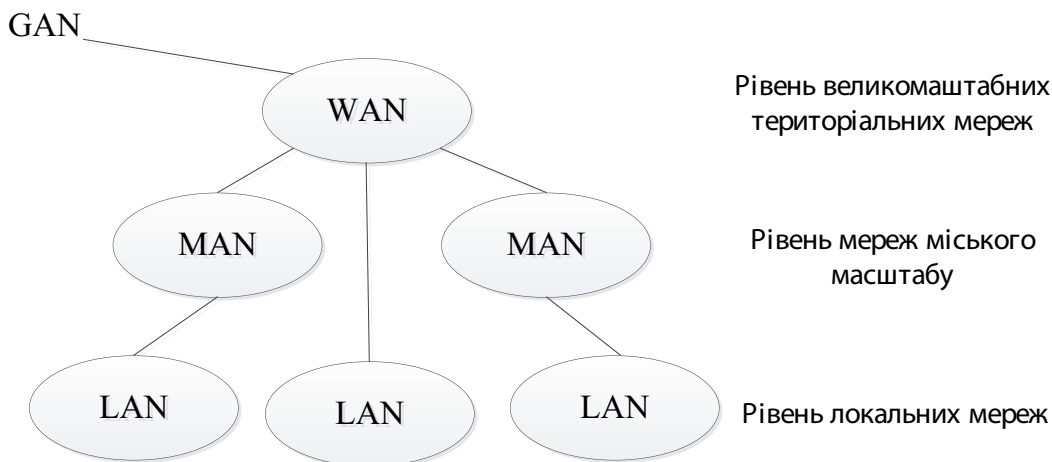


Рис. 1.14. Рівні ієрархії мереж різного масштабу

Глобальна мережа (Global Area Network, GAN) – це загальнопланетарна мережа, яка об'єднує всі країни та континенти й забезпечує доступ користувачів мережі в будь-якій точці земної кулі.

Великомасштабна територіальна мережа (Wide Area Network, WAN) – призначена для об'єднання мереж міського масштабу або сільських районів, які лежать на території великого регіону, держави, континенту, а також на різних континентах.

Мережа мегаполісу (Metropolitan Area Network, MAN) – охоплює територію міста, сільського району, області або регіону.

Локальна мережа (Local Area Network, LAN) – мережа, у якій основна частина трафіка замикається всередині невеликої території, установи, промислового підприємства тощо. До LAN відносять також мережі, утворені поєднанням декількох локальних мережних сегментів, розташованих на невеликій відстані один від одного (мережі кампусів).

Класифікація мереж за масштабно-територіальною ознакою становить інтерес при декомпозиції задач синтезу мережі. Крім того, застосовані в них телекомунікаційні технології суттєво відрізняються один від одного. Зважаючи на відмінність технологій локальних і глобальних мереж, неважко зрозуміти, чому донедавна локальні та територіальні мережі обслуговувалися різними фахівцями.

Тенденції до зближення локальних і територіальних мереж (конвергенції мереж), а також конвергенції застосованих у них технологій стали причинами того, що сьогодні виділення будь-яких мереж розглядається як фрагментація єдиної глобальної мережі.

Перед фахівцями в галузі локальних мереж постала необхідність об'єднати декілька локальних мереж, розташованих у різних географічних районах. Це, в свою чергу, спричинило потребу розширити сфери їх спеціалізації до рівня глобальних телекомунікацій.

У свою чергу, фахівці з глобальних мереж, прагнучи розширити набір і якість пропонованих послуг, підвищити пропускну спроможність і швидкість передачі даних, змушені зосереджувати свою увагу на провідних досягненнях у технологіях локальних мереж.

Класифікація за відомчою належністю

За умов ринкової економіки суб'єктами підприємницької діяльності на ринку телекомунікацій виступають оператори мережі – постачальники послуг (сервіс-провайдери). Вони забезпечують побудову мереж зв'язку загального користування або так званих публічних мереж (Public Network), які покликані поставляти послуги зв'язку широкому загалу користувачів різних категорій.

Мережі операторів

Оператор зв'язку – це компанія, яка є власником телекомунікаційної інфраструктури і переймає на себе всі витрати з підтримки мережі – забезпечення її працездатності із заданим рівнем експлуатаційних параметрів і параметрів якості обслуговування. Тому оператор зв'язку ще називається *мережним оператором* (Network Operator).

Мережні оператори на ліцензійній основі організують свою діяльність з надання платних *телекомунікаційних послуг* (Telecommunication Services) як кінцевим користувачам мережі, так і іншим мережним операторам, забезпечуючи цим транзитну можливість з передачі трафіка через канали своєї мережі. Телекомунікаційні послуги є послугами транспорту. Вони забезпечують перенесення інформації між інтерфейсними точками мережі, які відповідно охоплюють відправника і одержувача, в незмінному вигляді і не вносять жодних змін до інформації, яку генерують самі користувачі (телефонне, факсиміле, мультимедійне повідомлення, електронні листи).

Створюючи мережу загального користування, оператор зобов'язаний забезпечити *стандартний інтерфейс* у будь-якому місці мережі, де підключаються прикінцеві пристрої користувачів.

Розрізняють операторів фіксованого і мобільного (стільникового) зв'язку.

Операторів фіксованого зв'язку (Fixed Communication Operators) організують стаціонарні мережі з прокладкою кабелів і розміщенням комунікаційного устаткування в стаціонарних пунктах.

Оператори мобільного зв'язку (Mobile Communication Operators) забезпечують мережне покриття території шляхом розміщення своїх базових станцій за стільниковою схемою.

Серед основних тенденцій розвитку ринку стільникового зв'язку можна відзначити появу так званих *віртуальних операторів* (Virtual operators). Це компанії, які, не маючи власних мережних ресурсів, частково або оптом викуповують «навантаження» у традиційних операторів і у вигляді пакетів популярних послуг на основі гнучкої тарифної сітки реалізують їх клієнтам під своєю торговою маркою. Велику частину їхньої діяльності становить маркетинг. Оператор, якому

належить мережне устаткування, цілком зосереджує свою діяльність на підтримці високого рівня його працездатності.

У період лібералізації ринків основні інтереси всіх операторів визначаються пошуком нових ринкових форм комплексних рішень з розширення послуг, що надаються користувачам. Для операторів фіксованих мереж таким розв'язанням є надання мобільного доступу своїм абонентам. Операторові мобільного зв'язку фіксована мережа дозволяє стати провайдером усього набору послуг. Доступність комбінації мобільного та фіксованого доступу, надання ширококутного доступу, а також послуг передачі даних забезпечують ідеальні умови виживання операторів зв'язку в умовах високої конкуренції на ринку телекомунікацій.

Мережі провайдерів

У зв'язку з бурхливим розвитком Інтернету нестримно зростає популярність ще одного виду підприємницької діяльності на ринку мережних послуг. Це *інтернет-сервіс-провайдінг* (Internet Service providing, ISP). Основна діяльність сервіс-провайдерів спрямована на надання в регіонах послуг доступу до Інтернету.

Унікальність Інтернету полягає в неосяжному наповненні інформаційними ресурсами та широкому застосуванню інформаційних технологій для обробки інформації та подання її у різних форматах. Інформаційні послуги (Information Services) Інтернету полягають у забезпеченні користувачам можливості пошуку найрізноманітнішої інформації, що розміщується на численних Web-сайтах.

Діяльність сервіс-провайдерів полягає в організації так званих *сервісних вузлів* (Service Nodes), за допомогою яких реалізовується звернення користувачів до різних мережних служб та інформаційних ресурсів, різних вузлів Інтернету. При цьому постачальники послуг самі є споживачами послуг перенесення, що надаються мережними операторами.

Доступ користувачів до сервісного вузла, як правило, теж здійснюється через місцеві мережі операторів і лише великі провайдери можуть мати власні мережі абонентського доступу.

Заведено розрізняти сервіс-провайдерів різних рівнів: *місцевого, регіонального та національного* (рис. 1.15).

Сервісний вузол провайдера місцевого рівня зовнішнім каналом (власним або орендованим у оператора) підключається до так званої *точки мережної присутності* (Point of Presence, POP), в якій розміщується устаткування мережного доступу регіонального провайдера. Регіональний провайдер зазвичай розміщує у своєму регіоні декілька таких точок присутності, забезпечуючи користувачам доступ як до своїх інформаційних ресурсів, так і до зовнішніх ресурсів Інтернету.

Регіональний провайдер аналогічним чином підключається до мережі доступу національного провайдера. І лише національний провайдер має право підключення до міжнародної *точки мережного доступу* (Network Access Point, NAP) в Інтернет. Таким чином, створюється *логічно функціонуюча інтермережа* – мережа провайдерського класу.

При такій схемі сервіс-провайдер може організувати свою роботу взагалі без стаціонарних засобів, тобто не маючи власного мережного забезпечення, а тільки орендуючи канали доступу й устаткування посередника (мережного оператора). Здебільшого провайдери без стаціонарних засобів орендують навіть службу технічної підтримки посередника. Це дозволяє скоротити експлуатаційні витрати і зосередити фінансові ресурси на маркетингу і створенні могутньої клієнтської бази.

Мережі підприємств та установ

Окремим класом виділяють мережі підприємств (Enterprise Networks), що належать компаніям і установам, інтереси бізнесу яких виходять за рамки ринку телекомунікацій.

Відмітною особливістю приватних мереж є той факт, що всі ресурси мережі використовуються тільки співробітниками підприємства, яке володіє мережею. Крім того, під терміном «приватна» мережа розуміється ще *закрита мережа*, тобто призначена для конфіденційного зв'язку. У цьому розумінні поняття «приватна мережа» частіше уживається щодо мереж великих корпорацій, що мають філії в різних містах, країнах і навіть на різних континентах. Мережі підприємств меншого масштабу за умовчанням сприймаються як приватні.

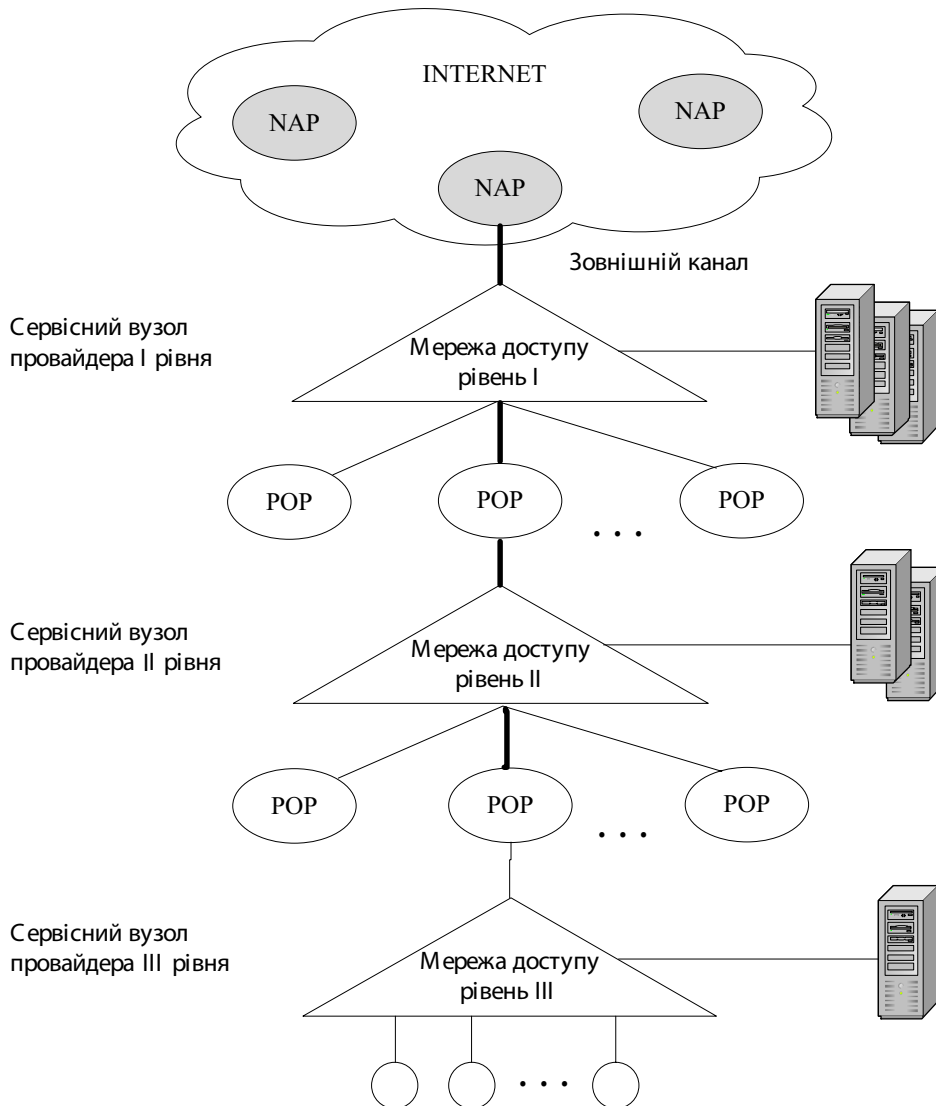


Рис. 1.15. Мережа провайдерського класу

Об'єднання комп'ютерів підприємства в мережу дозволяє оптимізувати його інформаційну інфраструктуру (сукупність бізнес-орієнтованих застосувань, інформаційних ресурсів тощо), що забезпечує співробітникам використання в режимі розділення коштовного обладнання та відповідних баз даних.

Залежно від масштабу виробничого підрозділу, в межах якого діє мережа, прийнято розрізняти мережі робочих груп, мережі відділів, мережі кампусів і корпоративні мережі.

Мережі робочих груп зазвичай характеризуються як малі за кількістю робочих місць мережі (до 10) і використовуються невеликими групами співробітників підприємства, що виконують загальне виробниче завдання. Метою створення мережі в цьому випадку є розділення дорогого периферійного устаткування і даних, сумісне використання застосувань, а також надання універсальних засобів комунікацій як для внутрішнього, так і для зовнішнього зв'язку (рис. 1.16).

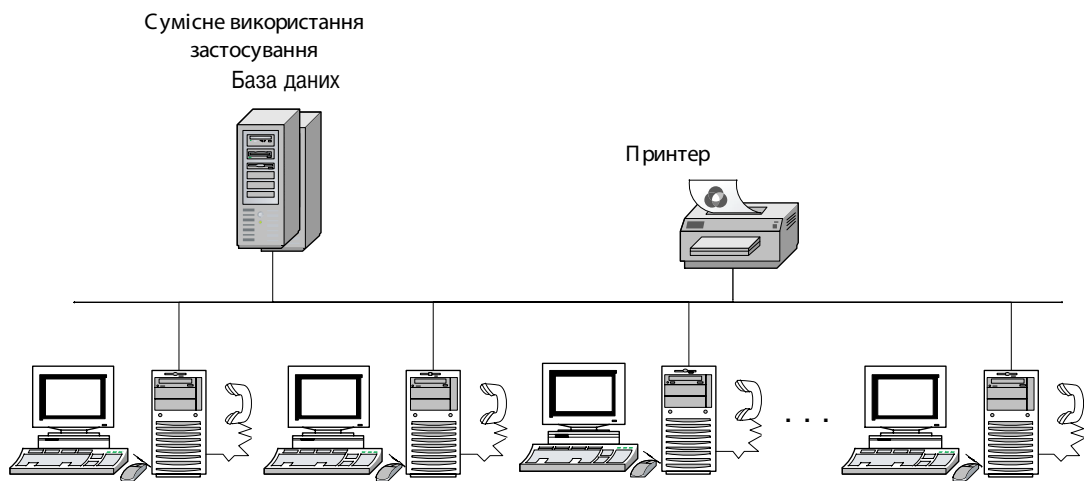


Рис. 1.16. Мережа робочої групи

Мережі відділів можуть об'єднувати близько 30–100 робочих місць і призначені для забезпечення спільної роботи співробітників одного відділу. Ці співробітники зазвичай вирішують низку взаємопов'язаних завдань: забезпечують планово-фінансову діяльність підприємства, ведуть облік руху матеріально-технічних цінностей і т. ін. За рахунок мережі забезпечується робота в режимі розділення лазерних принтерів, модемів, інформаційних ресурсів відділу і мережних застосувань.

Комп'ютерно-телефонна інтеграція привнесла нові риси, що характеризують сучасні мережі відділів. Робочі місця співробітників доповнилися спеціалізованими телефонними апаратами, підключеними до послідовних портів ПК. До стандартного 10-мегабітного сигналу локальної мережі Ethernet додалося 96 повнодуплексних цифрових голосових каналів, які забезпечують можливість передачі мовного трафіка одночасно з даними в єдиному мережному середовищі. Крім того, з'явилася можливість емуляції телефонного апарата за допомогою плат розширення в стандарті TAPI.

Факс – необхідний елемент ділового життя будь-якого офісу або відділу – завдяки новим стандартам також інтегрувався в телефонно-комп'ютерну систему.

З переходом на високошвидкісні технології стало можливим включення в мережу широкосмугового мультимедійного устаткування, що забезпечує організацію в мережі відеоконференц-зв'язку (рис. 1.17).

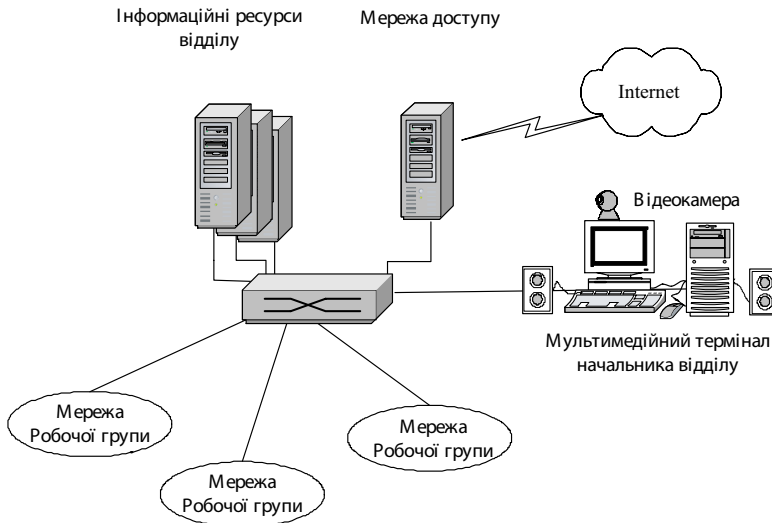


Рис. 1.17. Мережа відділу

Мережі нового типу створюються на основі концепції відкритих мереж як на базі УАТС (з використанням станцій Нісом, Siemens), так і на базі технологій ІР-мереж, що забезпечує можливість створення гібридних застосувань, наприклад таких, як уніфікований обмін повідомленнями.

Мережа будівлі і кампусу об'єднує мережі різних відділів великого підприємства. Мережі відділів можуть розташовуватися як в межах однієї багатоповерхової будівлі, так і в декількох будівлях (кампус), розташованих неподалеку один від одного (рис. 1.18).

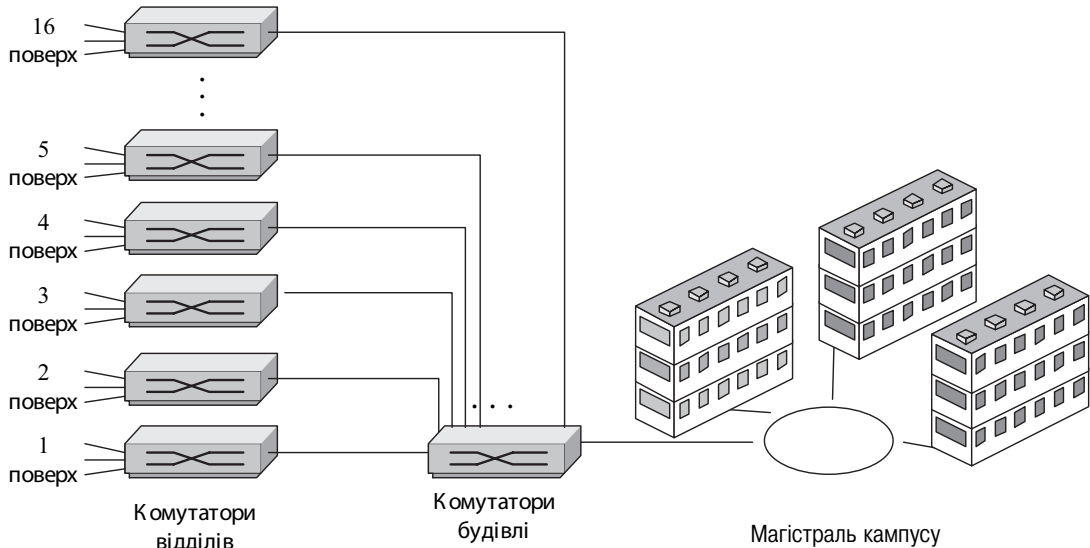


Рис. 1.18. Мережа кампусу

Мережі кампусів налічують декілька сотень комп'ютерів. Вони використовують спеціальні служби мережної взаємодії, що забезпечують доступ до загальних баз даних підприємства, факс-серверів, високошвидкісних модемів і т. ін. Завдяки цьому співробітники одних відділів дістають доступ до мережі ресурсів інших відділів.

Кампусна мережа може містити різні типи комп'ютерів, неоднорідне апаратне і програмне забезпечення, різні мережні технології і являє собою, таким чином, приклад гетерогенного мережного середовища. Усе це спричиняє проблему складності управління мережами кампусів і пред'являє високі вимоги до кваліфікації мережних адміністраторів.

Корпоративні мережі, як правило, належать великим компаніям, що мають головну штаб-квартиру (центральный офіс) і видалені філії в інших містах, країнах і навіть на різних континентах. Число користувачів і комп'ютерів у такій мережі досягає декількох тисяч.

Підрозділи корпорації можуть мати різний масштаб – від малого, представленого всього лише одним або декількома працівниками компанії, до філії масштабу кампусу. Об'єднання мереж корпоративних підрозділів можливе лише з використанням *зовнішніх телекомунікацій*, що орендуються в мережних операторів (рис. 1.19).

Корпоративна мережа може обслуговувати не тільки підрозділи однієї великої компанії, але і деяку групу користувачів, в яку, окрім працівників компанії, входять партнери у бізнесі й основні клієнти компанії. Санкціонований доступ до корпоративної мережі має лише обмежений контингент користувачів, що є замкнутою групою.

Невід'ємним атрибутом корпоративної мережі є централізована довідкова служба з обліку і реєстрації всіх користувачів. Це істотно полегшує роботу мережного адміністратора, який один раз виконує операцію внесення облікових даних про користувача в базу мережі. За наявності ж централізованої довідкової служби мережі користувач один раз виконує процедуру входу в мережу в цілому.

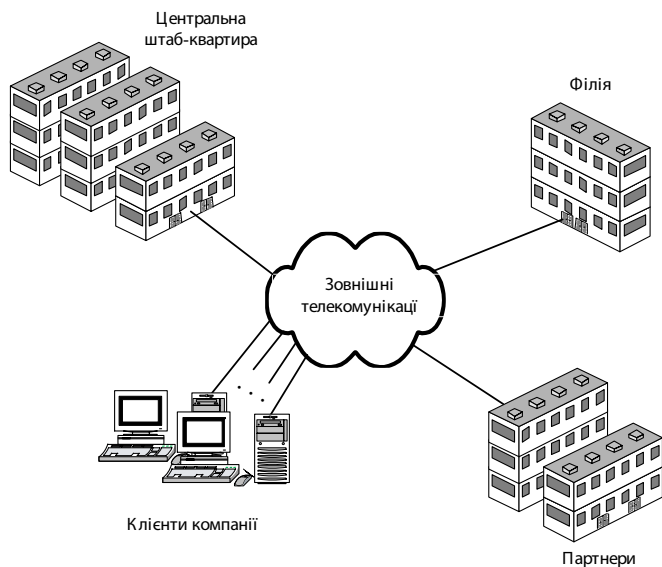


Рис. 1.19. Корпоративна мережа

Корпоративні мережі містять усю комунікаційну інфраструктуру, що забезпечує взаємодію між користувачами: різні типи термінальних пристроїв, кабельні системи в місцях розташування офісів, глобальні комунікації на базі ресурсів, орендованих у мережних операторів, і функціональні елементи управління мережею.

Завдання оптимізації мережної інфраструктури корпорацій сьогодні досить ефективно розв'язується з використанням Internet-технологій як універсального і

недорогого способу транспортування трафіка корпоративних мереж через публічні мережі. Це дозволяє підприємствам отримати великий вигаш у використанні смуги пропускання в глобальних сегментах своїх мереж, зменшивши сумарні вимоги до смуги пропускання. Проте Інтернет спочатку створювався як відкрита загальнодоступна система і у зв'язку з цим не передбачає забезпечення захисту даних, а також запобігання несанкціонованому доступу до інформаційних ресурсів корпорацій.

Зазначена проблема вирішується застосуванням спеціальних технологій, що отримали назву VPN-технологій (Virtual Private Networks, VPN). Ці технології дозволяють перетворити зв'язки через мережі загального користування, що віртуально існують і абсолютно захищені, на канали. У зв'язку з цим широко використовується термін «віртуальна приватна мережа», який характеризує достатньо широке коло технологій, що забезпечують захищений та якісний зв'язок для контрольованої групи користувачів, які взаємодіють через Інтернет. При цьому для організації взаємодії мереж філій корпорації і видалених користувачів з мережею центрального офісу потрібно лише підключити їх до мереж місцевих сервіс-провайдерів. Локальні мережі корпорації при цьому стають природним продовженням Інтернету. Абонентська плата за послуги Інтернету набагато нижча за щомісячні витрати на лінії, що орендуються у мережних операторів. Крім того, підключення нових вузлів при розширенні підприємства набагато простіше в організаційному і технічному плані.

Застосування VPN-технологій в Інтернеті пов'язують з поняттями «інтрамережа» (intranet – сукупність зв'язків усередині корпорації) і «екстрамережа» (extranet – взаємодія з підприємствами-партнерами у бізнесі або з постійними клієнтами) (рис. 1.20).

Найважливіша частина технології VPN спрямована на забезпечення *безпеки передачі даних* відкритою публічною мережею. Технологічним інструментарієм, використовуваним під час розв'язання цього завдання, є:

- сучасні методи шифрування, що дозволяють створити стійкі системи захисту інформації;
- аутентифікація користувачів – процедура встановлення ідентичності особи, що є легальним користувачем мережі, заснована на використанні паролів, фізичних ключів, електронних магнітних карт, а також власних біохарактеристик користувача (відбитків пальців, малюнка райдужної оболонки очей);
- аутентифікація даних, що забезпечує підтвердження цілісності даних і легальність їх автора на основі алгоритмів формування електронного підпису;
- ауторизація – процедура надання кожному легальному користувачеві, що успішно пройшов аутентифікацію, тих видів доступу і до тих ресурсів, які визначені для нього адміністратором мереж;
- тунелювання – механізм інкапсуляції, тобто розміщення пакета нижчого рівня в полі даних пакета протоколу вищого або того самого рівня. Такий пакет поміщений у зовнішню оболонку, придатний для транспортування у відкритій мережі, оскільки цілком зашифрований, у тому числі і заголовок;
- аудит – процедура фіксації в системному журналі всіх подій, пов'язаних з доступом до захищених ресурсів корпоративної інформації. Записи аудиту використовуються в разі виявлення дій зловмисника для усунення вразливих місць у системі захисту та запобігання повторним зломам.

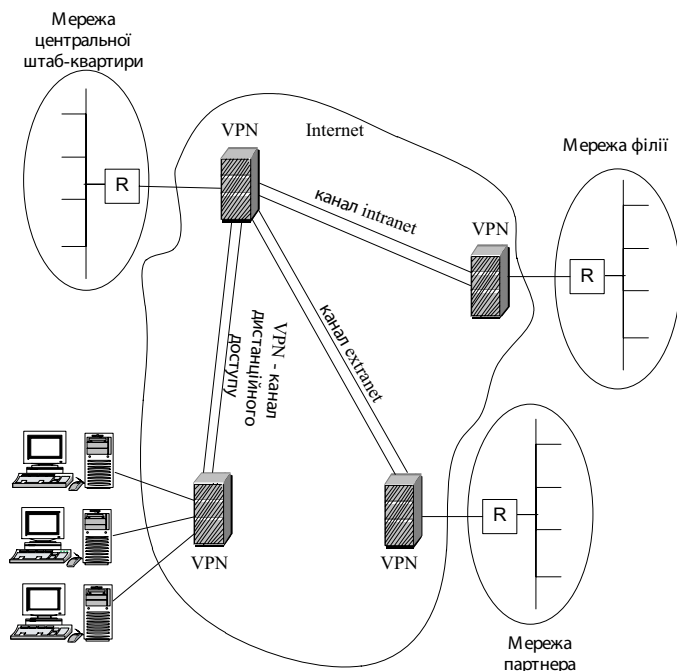


Рис. 1.20. Корпоративна мережа на основі VPN-технології

Використання VPN-технологій при організації транспорту даних через публічну мережу дозволяє підприємству заощадити до 40 % коштів на зв'язках типу «мережа-мережа» і до 80 % при підключенні видалених користувачів. Ці технології входять до числа найбільш перспективних технологій, використовуваних різними компаніями в багатьох країнах світу. Їх перспективність підтверджується також фактом назрілої необхідності переходу від Інтернету до публічної мережі наступного покоління, покликаної забезпечити користувачам можливість віртуальної присутності в будь-якій точці земної кулі та роботи в реальному масштабі часу.

Класифікація за призначенням

Основним призначенням телекомунікаційних мереж є реалізація транспортної функції, тобто перенесення інформації, поданої у формі сигналу із кінця в кінець інтерфейсами мережі.

Мережна активність при транспортуванні інформації різними ділянками телекомунікаційної мережі визначається інтенсивністю створеного в них мережного трафіка. Принцип розподілу інтенсивності трафіка на різних ділянках телекомунікаційної мережі може бути взятим за основу декомпозиції транспортної функції.

Така декомпозиція передбачає виділення трьох типів мереж, які розв'язують порівняно самостійні функціональні підзавдання, а саме: транспортні мережі, мережі доступу і розподільчі мережі.

Транспортна мережа (Transport Network) – це сегмент телекомунікаційної мережі з високим ступенем концентрації трафіка, за допомогою якого здійснюється інформаційний обмін між сегментами з більш повільним трафіком і в якому транспортне середовище для передачі будь-якого типу інформації забезпечується використанням єдиних технологічних принципів і встановлених стандартів з надання ширини смуги пропускання (рис. 1.21).

Мережа доступу (Access Network) – це сегмент телекомунікаційної мережі, в якому формуються інформаційні потоки, спрямовані в транспортну мережу.

Хоча мережі доступу та транспортні мережі спільно розв'язують завдання – реалізацію транспортної функції з перенесення інформації із кінця в кінець, – телекомунікаційні технології, які використовуються в них, істотно відрізняються.

Сполучення мереж доступу з транспортною мережею здійснюється у вузлах доступу до транспортної мережі.

Мережі доступу узагальнено поділяються на:

- ❖ мережі проводового доступу;
- ❖ стаціонарні мережі безпроводового доступу;
- ❖ мережі мобільного доступу.

Мережа доступу з боку користувача має пристрій *мережного закінчення* (Network Termination, NT), а на іншому кінці – *інтерфейс вузла доступу* (Access Node Interface, ANI) до транспортної мережі.

Ділянка мережі між мережним закінченням NT, до якого під'єднано термінальний пристрій користувача та *інтерфейсом сервісного вузла* (Service Node Interface, SNI), де абоненту надається необхідна послуга, визначається терміном «мережа абонентського доступу». Наприклад, ділянка між абонентською розеткою, куди підключається термінал користувача, і лінійним блоком місцевої телефонної станції.

Мережі доступу мають багаторівневу архітектуру, що містить вузли рівнів доступу, розподілу (агрегації) і ядра.

Опорні вузли мереж абонентського доступу формують рівень доступу.

Вузли рівня розподілу забезпечують агрегацію інформаційних потоків, що надходять від опорних вузлів абонентського доступу, і магістралями спрямовують агреговані потоки у вузли доступу до транспортної мережі.

У вузлі доступу до транспортної мережі відбувається концентрація всіх інформаційних потоків від приєднаних вузлів рівня розподілу. Вузол доступу до транспортної мережі, таким чином, переміщується на рівень ядра в мережі доступу.

Якщо територіальна протяжність велика, мережа доступу може розглядатися нарівні сегмента MAN.

Розподільчою мережею (Distribution Network) називають сегмент телекомунікаційної мережі, за допомогою якого концентрований потік, який надходить з транспортної мережі, перерозподіляється та надходить до споживачів.

На практиці функції мережі доступу та розподільчої мережі часто поєднуються в одному сегменті.

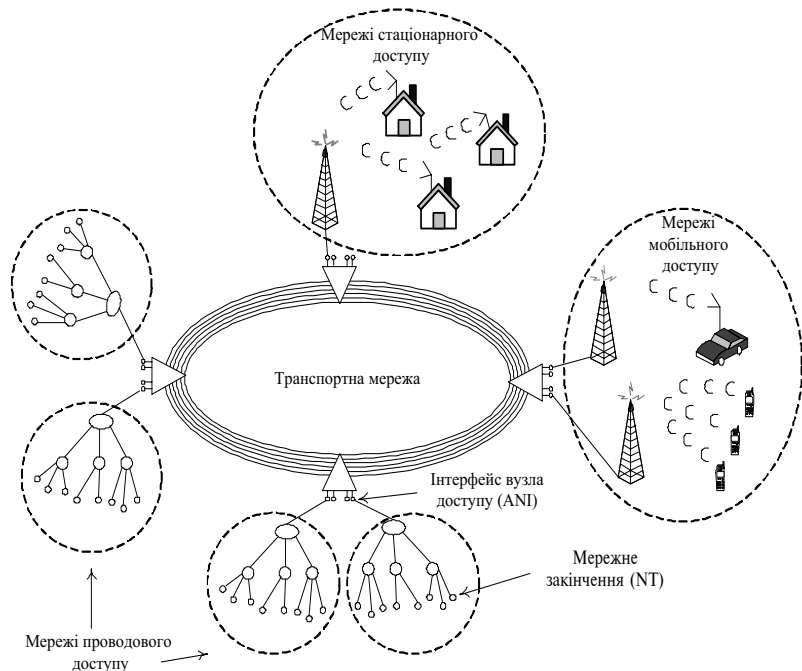


Рис. 1.21. Транспортна мережа та мережі доступу

Класифікація за технологіями

Еволюційний характер розвитку мереж, на відміну від бурхливого розвитку технологій передавання даних, які забезпечують різноманіття варіантів реалізації функції транспорту інформаційних потоків, надав можливість розглядати телекомунікаційну мережу як сукупність сегментів, різниця між якими зумовлена телекомунікаційними технологіями, застосованими в них. Причому розміри таких сегментів можуть досягати масштабів LAN, MAN, WAN мереж.

Визначаючи сегменти за ознаками телекомунікаційної технології, вживають поняття, пов'язане з назвою відповідного технологічного стандарту або протоколу, наприклад «мережа Ethernet», «мережа ISDN», «мережа ATM», «мережа SDH», «IP-мережа», «мережа Wi-Fi», «мережа мобільного доступу» та ін.

Принцип технологічної однорідності дозволяє виокремлення сегментів, до яких вживається термін «хмара».

Хмара – це територіальна телекомунікаційна мережа з однорідними зовнішніми інтерфейсами, внутрішня будова якої при організації через неї транспортування інформаційних потоків не деталізується і не розглядається.

Цей термін зазвичай вживається в контексті опису схем взаємодії двох і більше віддалених локальних мереж через телекомунікаційні мережі операторів. Прикладом цього є корпоративна мережа, в якій мережі центральної штаб-квартири та філій об'єднуються за допомогою зовнішніх телекомунікацій (крізь телекомунікаційну хмару).

Слід зазначити також, що єдиної загальноприйнятої класифікації саме телекомунікаційних технологій не існує. Однак на основі досвіду їх використання можна запропонувати класифікацію за такими критеріальними ознаками:

- ⇒ *за типом переданого трафіка* (забезпечуваного сервісу): передачі даних, передавання звуку, передавання відеозображення, конвергентні;
- ⇒ *за наявністю механізмів забезпечення QoS*: без забезпечення якості, з дотриманням параметрів QoS;
- ⇒ *за типом комутації*: з комутацією каналів, з комутацією пакетів;
- ⇒ *за типом доступу до середовища*: з монопольним доступом до середовища, розділяється середовищем (TDMA, FDMA/WDMA, CDMA);
- ⇒ *за масштабом сегмента, для якого застосована технологія*: технології LAN, технології MAN, технології WAN;
- ⇒ *за типом розташування елементів інфраструктури*: наземні, супутникові;
- ⇒ *за кількістю абонентів, що підключаються*: точка-точка (unicast), точка-багатоточка (Multicast Broadcast);
- ⇒ *за типом мобільності абонента*: фіксованого зв'язку, рухомого зв'язку;
- ⇒ *за характером переданих сигналів*: аналогові, цифрові;
- ⇒ *за типом використовуваного фізичного середовища передачі*: на металевих лініях, на оптичних лініях, з використанням безпроводового середовища;
- ⇒ *за використовуваною шириною смуги частот*: вузькосмугові, широкосмугові;
- ⇒ *по можливості двобічної передачі по одному каналу*: сімплексні, дуплексні, напівдуплексні;
- ⇒ *за кількістю використовуваних для передачі каналів*: послідовні (одноканальні), паралельні (багатоканальні).

1.4. Сервісні можливості телекомунікацій

Послуги, служби, телекомунікаційні сервісні платформи

Термін «сервіс» у технічній літературі трактують синонімічно до понять «послуга», «служба», «обслуговування». Якщо *послуга* є продуктом мережі, який має вартість, що залежить від його типу й якості, то *службою мережі* є комплекс апаратно-програмних ресурсів мережі, а також організаційних засобів, залучених для виробництва і надання конкретної послуги або виду послуг. Таким чином, на відміну від послуги, служба – це безпосередньо компонента мережі. Специфікацію послуг мережі розуміють як «*сервіс*» чи «*обслуговування*», тобто:

- спектр додаткових видів обслуговування;
- функціональна повнота (специфічні особливості послуги);
- клас обслуговування (рівень комфортності послуг);
- якість обслуговування QoS (Quality of Service).

Примітно, що індустрія телекомунікацій історично розвивалася в напрямку розширення спектра послуг зв'язку, які заведено називати телекомунікаційними послугами.

Телекомунікаційні послуги призначено для задоволення запитів і потреб у транспортних ресурсах клієнтів, абонентів мережі, а також інших об'єктів (наприклад, локальних мереж, які взаємодіють на віддалі), об'єднаних спільним поняттям «користувачі мережі». Їхнім основним завданням є якісне транспортування інформації користувачів, перетвореної у сигнали. Мережа приймає інформацію в пункті, де розміщено один з її інтерфейсів, передає її транзитом через точки та видає в пункт призначення через інший інтерфейс. Надаючи телекомунікаційні послуги, мережа не вносить жодних змін в інформацію, яку передає, видаючи її одержувачу в тому вигляді, в якому вона надійшла в мережу від відправника. У зв'язку з цим телекомунікаційні послуги ще називають *послугами транспорту*.

Надання транспортних ресурсів телекомунікаційних мереж здійснюють оператори зв'язку. Сукупність ресурсів телекомунікацій, що використовується при наданні послуг конкретного виду, має назву «*сервісна платформа*».

Останнім часом більш цінними для споживача є не послуги транспорту, а доступ до сервісу, який стимулюється за рахунок зростання споживання послуг транспорту. У результаті в ланцюжку формування послуг між оператором і користувачем виникла ланка сервіс-провайдерів, компаній, що мають маркетингову спрямованість.

Конвергенція як стратегія розвитку телекомунікаційного сервісу

Конвергенція – це процес взаємопроникнення та об'єднання різноманітних телекомунікаційних мереж, технологій та послуг.

На рівні *конвергенції* мереж відбувається злиття транспортних мереж та мереж доступу, мереж фіксованого та мобільного зв'язку, наприклад, у єдину магістральну мережу IP/MPLS, що підтримує широкий спектр методів доступу: традиційної телефонії, DSL, виділених каналів, METRO Ethernet, безпроводових мереж (WLAN) та мереж радіодоступу (RAN) у мережах операторів мобільного зв'язку.

Конвергенція транспортної мережі та мереж доступу є найбільш опрацьованим етапом процесу злиття мереж, які функціонують на основі різних технологій. Во-

на складається з конвергенції магістралей фіксованих і мобільних мереж, зокрема, для передавання великих обсягів мовленнєвого трафіка з тієї ж магістралі IP, якою доправляють широкосмугові дані, послуги GPRS і UMTS.

У конвергенції технологій провідною є концепція *конвергенції фіксованого та мобільного зв'язку* (Fixed Mobile Convergence, FMC), що, з одного боку, підвищує доходи операторів, з іншого – задовольняє щоразу вищі вимоги замовників, які орієнтовані на мобільні та IP-технології. Під час передавання трафіка мереж 2.5G й 3G через IP-мережі конвергенція технологій забезпечує глибину проникнення аж до мережі доступу оператора мобільного зв'язку.

Концепція FMC є масштабованою та передбачає розподілену функціональність (відокремлення функцій). Це означає, що виконання різних функцій беруть на себе вузькоспеціалізовані фізично розділені мережні елементи: сервер застосувань надає послуги; елементи оброблення викликів відповідають за сигналізацію; системи баз даних зберігають дані користувача; медіа-сервери відтворюють оголошення; шлюзи з'єднують різні мережі доступу. Функції зазначених мережних елементів та інтерфейсів між ними описує стандарт IMS.

Перспективною сферою для FMC є також корпоративний ринок. Пропозиція послуг FMC для бізнес-клієнтів може стати відправною точкою для підвищення рівня доходів операторів мобільного зв'язку та розширення абонентської бази за рахунок працівників підприємств, яким надають послуги FMC.

Основними факторами, які сприяють впровадженню FMC, є такі:

⇒ доступність на ринку інтелектуальних терміналів (наприклад, дворежимних телефонів – стільникових /802.11);

⇒ високі темпи впровадження технології WLAN (безпроводові домашні мережі, безпроводові локальні мережі підприємств, точки доступу в аеропортах, готелях та ін.);

⇒ популяризація VoIP.

На рівні *конвергенції послуг* виконуються в основному функції управління сесіями.

Під *сесією* зазвичай розуміють сеанс зв'язку, активне з'єднання між користувачами, користувачем і комп'ютером або комп'ютерів між собою.

Організація сесії передбачає послідовність низки операцій, таких, як налаштування та завершення сесії; керування черговістю та режимом передавання даних (симплекс, напівдуплекс, дуплекс), синхронізація, керування активністю сесії; складання звітів про надзвичайні ситуації та ін.

Керуючи сесією, уможливають розгортання конвергентних послуг – таких як мобільний доступ до даних, проведення аудіо- та відеоконференцій, передавання голосу та миттєвий обмін повідомленнями. При цьому забезпечується контроль за активністю і станом кожної сесії, за ступенем доступності послуги на будь-якому абонентському терміналі та через будь-який метод доступу. Крім того, для будь-якої послуги виділяють відповідні мережні ресурси без негативного впливу на активні сесії, а також адекватну тарифікацію.

Отже, конвергенція послуг забезпечує споживачам зручність користування послугами, виконуючи в сесіях непомітно для абонентів перетворення даних і голосу в процесі передавання їх між наземним та безпроводовими широкосмуговими доменами. При цьому мережа динамічно адаптує свої політики щодо виділення ресурсів та забезпечення якості обслуговування з огляду на мобільність терміналу та на те, в якому середовищі передавання термінал розміщується в цей момент.

На практиці це може виглядати так: людина здійснює виклик, використовуючи VoIP-телефонію. При цьому спочатку вона перебуває в мережі оператора фіксованого зв'язку, потім потрапляє в зону 3G зв'язку і нарешті приходить в офіс, де його телефон з'єднується з корпоративною Wi-Fi мережею. Розмова не переривається, однак у різний час проходить через різні мережі. Аналогічно під конвергенцією послуг можна розуміти присвоєння абоненту єдиного номера, який є доступним йому як у стільниковому, так і у стаціонарному телефоні.

Нарешті, існує конвергенція на рівні пристроїв. Так, мобільний телефон middle-класу підтримує тільки послуги на основі GSM-мережі, водночас як бізнес-смартфон може працювати в 2–3 стандартах і, відповідно, використовувати більше можливостей для комунікацій.

Конвергенція послуг передбачає використання інтелектуальних термінальних пристроїв (дворежимний телефон – стільниковий/802.11, смартфони, ноутбуки, кишенькові ПК та ін.), а також *конвергентної платформи надання послуг*.

Основними показниками функціональності конвергентної платформи надання послуг є такі:

- обізнаність про активні сесії та здатність керувати ними незалежно від місця розташування учасників сесії та методу їх доступу;
- забезпечення безперервності послуги в разі перегинання межі між фіксованими та мобільними мережами, незважаючи на специфіку її реалізації для кожного з видів трафіка – голосового, даних і відео.

Узагальнюючи викладене, слід зазначити, що велика популярність конвергентних послуг дає підстави прогнозувати їх пріоритетність у мережах зв'язку вже в найближчому майбутньому.

Оператори вже зараз повинні готуватися до конвергенції: будувати магістраль і граничну мережу IP/MPLS операторського класу, розвивати мережу ширококосмугового доступу, стимулювати розвиток WLAN у домашніх мережах і мережах підприємств, поширення публічних точок доступу WLAN – усе для логічного доповнення мережі та фіксованої мережі зв'язку загального користування. Створення такої основи дає змогу операторам успішно та в найкоротші терміни виконати стратегію конвергенції.

Технології реалізації конвергентних телекомунікаційних сервісних платформ

Створення конвергентної платформи надання послуг передбачає, передусім, реалізацію *концепції FMC* (конвергенція фіксованого та мобільного зв'язку), в якій основна роль належить операторам зв'язку. Припустимо, якщо оператор володіє як фіксованою, так і мобільною мережами, то план реалізації конвергентної платформи надання послуг може бути таким:

- ⇒ створення конвергентного ядра IP/MPLS, що забезпечує транзит даних, голосу, відео та інформації сигналізації;
- ⇒ організація мультисервісних мереж доступу для корпоративного ринку (для бізнес-клієнтів) і споживчого ринку (для приватних абонентів).

Існують три основні технології реалізації концепції FMC: Mobile IP, UMA, і IMS:

Mobile IP – мобільний IP дає змогу зробити прозорою для прикладного процесу зміни IP-адрес на транспортному рівні. Технологію орієнтовано на підтримку мобільного доступу до даних у мережах WLAN, 3G, GPRS, зокрема роумінг та

збереження сесії, якщо абоненти переміщаються. Процедуру збереження сесії в разі переміщення абонента між стільниками та підмережами називають «handover».

UMA (Unlicensed Mobile Access) – універсальний мобільний доступ, забезпечує надання послуг стільникового зв'язку через ширококутну мережу IP. Це рішення фактично емулює роботу GSM і GPRS через ширококутну мережу IP (як повідомлення, так і сигналізацію). При цьому ширококутна мережа IP функціонально виконує роль підсистеми базових станцій GSM, що через контролер взаємодіє з традиційним мобільним комутатором (Mobile Switching Centre, MSC) та устаткуванням сервісного вузла GPRS за звичайними інтерфейсами надання послуг комутації каналів і пакетних послуг відповідно. Такий підхід дає змогу UMA підтримувати безшовне передавання викликів між зоною стільникового покриття та ширококутною зоною IP за допомогою процедури handover між контролерами базових станцій.

IMS (IP-Multimedia Subsystem) – IP-підсистема мультимедійного зв'язку, яка є універсальною IP-орієнтованою, пакетною системою зв'язку, що забезпечує можливість формування та надання мультимедійних послуг, яка підтримує всі технології доступу, зокрема мобільний стільниковий зв'язок.

Технологія IMS відіграє особливу роль: забезпечує загальну базову функціональність, яку використовують усі застосування IMS. Загальна функціональність передбачає автентифікацію та ідентифікацію користувачів, безпеку, облік, взаємодію з підсистемою забезпечення якості обслуговування, створення послуг, роумінг.

Інфраструктурні проекти на базі телекомунікаційних сервісних платформ.

Система «Розумний будинок». Система «Розумне місто»

Сучасні телекомунікації дозволяють створювати сервісні платформи, які являють собою інфраструктурні рішення для соціальних об'єктів і зазвичай мають назви «розумна будівля» (інтелектуальна чи енергоефективна будівля), «розумне місто» тощо. У такому розумінні будівля розглядається як динамічна система сервісів заданого рівня якості, надійності, безпеки та економічної ефективності, а міська муніципальна інфраструктура – як стала система міських комунікацій і сервісів заданого рівня якості, надійності, безпеки та економічної ефективності.

Система «Розумний будинок»

Системи «Розумний будинок» застосовуються: в котеджах, квартирах, офісах, магазинах, на яхтах, в автомобілях і цілком базуються на телекомунікаційних платформах цих об'єктів. Існує декілька стандартів, на базі яких можна створювати такі системи (EIB, LON, BACNet, Profibus і т.п.). Вибір користування того чи іншого стандарту (або декількох одночасно) визначається інженером проекту і залежить від сфери застосування тої чи іншої системи і поставлених завдань. Основними функціями «Розумного будинку» є:

Управління освітленням, або «Розумне світло» – це так зване сценарне управління. Сценарії дають можливість управляти групами освітлювальних приладів і таким чином вилучити безліч вимикачів на стінах. Сценарії можуть включатися по всьому будинку або в окремому приміщенні одним дотиком до панелі

управління. Освітлення за задалегідь заданими режимами/сценаріями може регулюватися автоматично, залежно від присутності в приміщенні людини, часу людини, часу доби, пори року, погодних умов, рівня освітленості.

Управління шторами та жалюзі. За допомогою електромеханічних приводів можна управляти жалюзі, шторами, воротами, рол-віконнями тощо. Можна робити це одним дотиком до панелі управління або за сценарним управлінням з огляду на пору року, час доби, освітленість приміщень і кліматичні умови.

Управління мікрокліматом. «Розумний будинок» може створювати і підтримувати бажані кліматичні умови (мікроклімат), індивідуальні для кожного приміщення. Можна змінювати температуру з будь-якої точки будинку за допомогою спеціального пульта або за задалегідь заданими сценаріями. Так, система самостійно створить комфортні умови для сну, зреагує на зміну погоди тощо. Для підтримки комфортного і оптимального для проживання мікроклімату в будинку система забезпечує узгоджену роботу всього кліматичного обладнання – радіаторів, теплих підлог, котлів, фенкойлів, кондиціонерів, вентиляційних установок і т. ін.

Управління аудіо- і відеоджерелами. Вбудовані колонки, плазмові дисплеї і маленькі панелі управління, встановлені в кожній кімнаті будинку, являють собою один комплект апаратури з ефірними, FM тюнерами, аудіо-, відеосервером і т. ін. Індивідуально для кожної кімнати (або зони) можна встановлювати свої налаштування, вибирати відео, музику, теле- і радіопрограми. Розумний будинок забезпечує інтеграцію в загальну систему управління всіх перелічених систем, а також домофонію, телефонію, «функцію няні», «звук, що стежить», домашній кінотеатр.

Забезпечення безпеки. Охоронні системи «Розумного будинку» дозволяють запобігти зовнішньому вторгненню, пожежі, витоку води, газу. Система відеоспостереження здійснює спостереження за зовнішньою обстановкою поза домом. Уся інформація записується на відеосервер. При вторгненні в будинок система безпеки відправляє сигнал не тільки на пульт охоронних структур, але і на зазначений телефон. При пожежі спрацьовує система пожежогасіння і вмикається аварійне світло. При надходженні сигналів від різних датчиків система сама може приймати рішення:

- ♦ при виявленні витоку води чи газу перекрити трубопроводи або зателефонувати до обслуговуючої організації;
- ♦ при пошкодженні електропроводки відключити аварійні ділянки ланцюгів електропостачання;
- ♦ передати повідомлення про несправності та дії системи господарям.

Управління та моніторинг. За допомогою цієї системи можна здійснювати моніторинг роботи всіх інженерних систем і пристроїв, проглядати зображення з відеокамер, електронну пошту, прослуховувати автовідповідач, управляти системою мікроклімату в будинку, системою безпеки, освітленням, жалюзі, воротами, змінювати стандартні настройки, створювати нові сценарії управління для певних кімнат і всього будинку.

Віддалений доступ. За допомогою системи «Розумний будинок» можна дистанційно отримувати інформацію про стан служб і систем будинку, про наявність людей в приміщенні, невимкнуте світло, відкрите вікно, виникнення позаштатної чи аварійної ситуації тощо. Можна передати команду управління системі віддалено за допомогою кишенькового персонального комп'ютера, мобільного чи стаціонарного телефону. При терміновому від'їзді можна з аеропорту подати сис-

темі команду «Тривала відсутність». Система переведе будинок в режим максимального енергозбереження, від'єднає некритичні споживачі електроенергії та рекреє стояки з водою і газом. І, навпаки, при поверненні можна перевести систему в «Штатний режим».

Система «Розумне місто»

У XXI столітті стан міського середовища не визначається лише наявністю інфраструктури, тобто матеріальними ресурсами. Сучасному місту необхідні розумні рішення, які забезпечують якісно новий розвиток з принципово новими можливостями централізованого управління, новим рівнем сервісів і безпеки.

«Розумне місто» – це забезпечення сучасної якості життя за рахунок застосування інноваційних технологій (штучного інтелекту, інформаційно-комунікаційних технологій), які передбачають економічне й екологічне використання міських систем життєдіяльності. У концепцію «Розумного міста» закладено інфокомунікаційну мережу, яка є базою для створення всіх пропонованих сервісів і можливостей, розгортання якої вимагає модернізацію та реконструкцію як існуючих телекомунікацій, так і всіх міських інженерних мереж.

Інфраструктурними компонентами системи «Розумне місто» є такі:

Система муніципальних телекомунікацій як основа для надання сервісів і функціонування систем муніципального управління.

Система розумного управління рухом у місті, транспортними і пасажирськими потоками (системи навігації, оцінка параметрів і управління потоками, системи парковок, білінгові системи).

Комплексна система міської безпеки як платформа для успішного розвитку (інтелектуальні системи спостереження, безпека заходів, центри керування безпекою, взаємодія зі службою «102»).

Муніципальна система управління, яка охоплює адміністративно-організаційні та економічні аспекти (планування перспектив розвитку, архітектурні та технологічні рішення, керування експлуатацією і сервісами), а також соціальні та інформаційно-довідкові аспекти (електронна приймальня, електронний уряд, соціальна картка мешканця).

Практично всі пристрої та будинки «розумного міста» підключені до загальної мережі. Кожний сенсор і датчик надсилають інформацію до центрального вузла управління, де аналізуються дані автомобільного трафіка, освітлення, водопостачання тощо. Отже, ефективність проекту «Розумне місто» значною мірою визначається наявністю та можливостями саме сенсорів і датчиків.

Перспективи розвитку інфраструктурних проєктів з урахуванням нових технологічних тенденцій у телекомунікаціях

При оцінці перспектив розвитку інфраструктурних проєктів слід враховувати нові технологічні тенденції, які формуються в сучасних телекомунікаціях. Однією з таких тенденцій є впровадження сенсорних мереж, які мають досить широкий спектр можливого застосування.

«Сенсорна мережа» (Sensor Network) є усталеним терміном, який означає розподілену мережу, що самоорганізується, є стійкою до відмов окремих елементів, які обмінюються інформацією у безпроводовому способі. Безпроводові сенсорні мережі (WSN) складаються з мініатюрних обчислювальних пристроїв – *motiv*, за-

безпечених сенсорами (датчиками температури, тиску, освітленості, рівня вібрації, місця розташування тощо) і прийомо-передавачами сигналів, що працюють в заданому радіодіапазоні. Завдяки гнучкій архітектурі, низьким енерговитратам, порівняно невисокій вартості вузлів, сенсорні мережі є досить привабливими для застосування їх у вирішенні завдань, що розглядаються.

Одним з різновидів сенсорних мереж є технологія *Smart Dust* (Розумна пил). Це технологія, моти якої мають мікроскопічний розмір (з пилінку). Технологія *Smart Dust* була запропонована 1998 року доктором Крісом Пістером із університету Каліфорнії. Він представив пристрій, що складається з датчика, пристрою зв'язку і мікрокомп'ютера, об'єднаних в єдиний корпус. Дослідження відбувалися під патронатом оборонного науково-дослідного центру США (DARPA).

Smart Dust-мережа дозволяє виявляти події або зміни, що відбуваються навколо «пилінки», збирати та обробляти дані, передавати отриману інформацію зацікавленим користувачам.

Залежно від цілі організації *Smart Dust*-мережі «пилінки» можуть бути встановлені на перехрестях, всередині великих машин, на дні океану, всередині торнадо, на поверхні океану, у біологічно і хімічно забруднених областях, в будинку або в споруді, прикріпленими до тварин, прикріпленими до рухомих транспортних засобів, у каналізації або річці тощо. Такий широкий спектр можливих зовнішніх умов дозволяє створювати необмежену кількість інфраструктурних проектів – від «Розумного автомобіля» до «Розумної країни» і навіть «Глобальної системи моніторингу» (рис. 1.22).

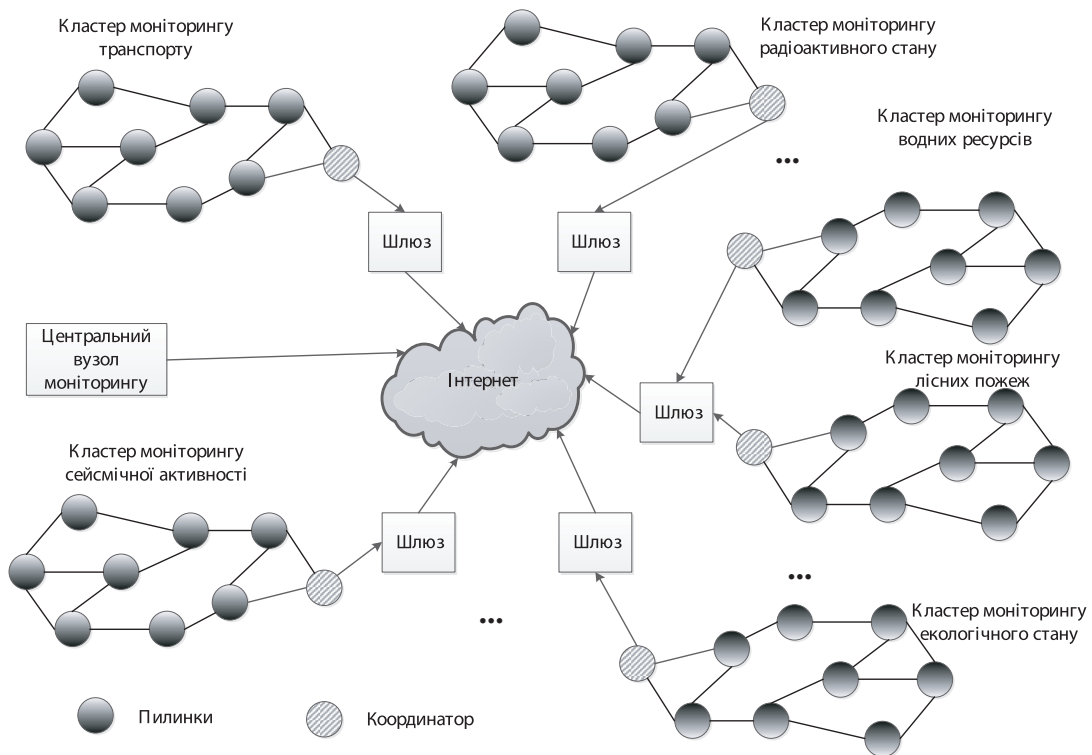


Рис. 1.22. Глобальна система моніторингу

Для функціонування зазначених систем потрібні мережі, які містять безліч сенсорів, що здатні вимірювати велику кількість різноманітних параметрів та характеристик. Отже, розглянемо сенсори типу «пилінки» детальніше.

Залежно від зовнішніх умов, області застосування і топології мережі «пилінки» діляться на кілька типів: «пилінки» з датчиками; «пилінки»-маршрутизатори; «пилінки»-координатори; «пилінки», які поєднують в собі як функції маршрутизатора, так і функції пилінки з «датчиками».

На **рис. 1.23** наведено загальну архітектуру «пилінки». *Обчислювальний модуль* складається з процесора і пам'яті та призначений для виконання програмних кодів, логіки, обробки інформації, програм безпроводових пристроїв, а також зберігання наборів команд та інструкцій, необхідних для функціонування «пилінки» та проміжних результатів обчислень.

Джерело живлення. Проблеми із забезпеченням стабільного та довгострокового живлення – одне з основних обмежень для вузлів сенсорних мереж. Зараз це питання вирішується двома способами: обладнати кожен сенсорний вузол джерелом живлення, що перезаряджається, або отримувати енергію з навколишнього середовища (наприклад, застосовувати сонячні батареї).

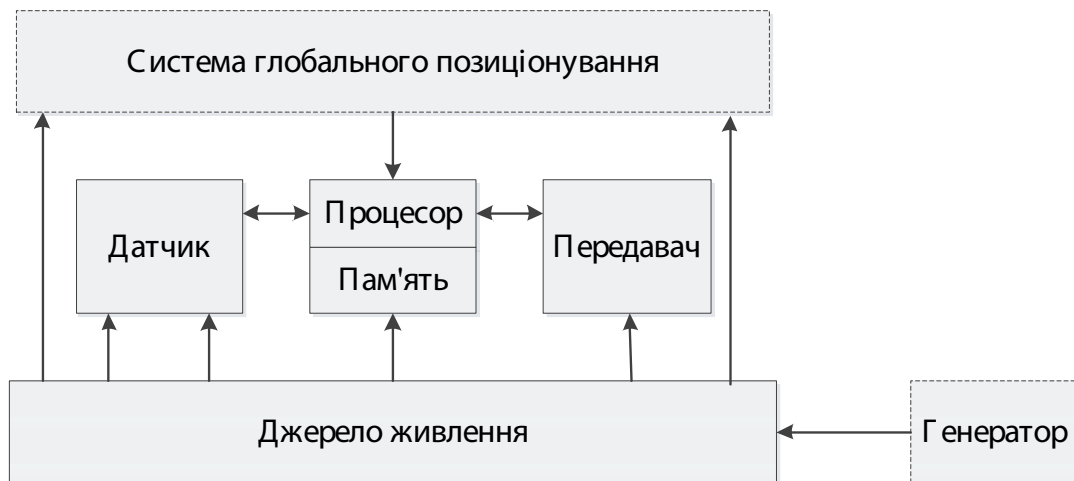


Рис.1.23. Архітектура «пилінки»

Датчик – це основний елемент «пилінки». Він відрізняється за типом та призначенням (датчики тиску, температури, радіації тощо). Одне з основних завдань при розгортанні мереж Smart Dust – це вибір типу та кількості датчиків і визначення їх розташування.

Блок передавача з'єднує пилінку з мережею. Передача даних радіоканалом є одним з важливих завдань «пилінки», оскільки зібрана й оброблена інформація повинна бути передана на центральний вузол.

Залежно від типу завдання «пилінка» може мати додаткові елементи: модуль системи глобального позиціонування і силовий генератор.

«Пилінкам», що збирають та передають дані, практично завжди необхідно знати своє місце розташування, для чого до складу «пилінки» вводять *модуль системи глобального позиціонування* (визначення місця розташування). Наявність силового генератора надає «пилінкам» можливість оновлювати ресурсні джерела живлення.

У стандарті IEEE 802.15.4 визначено фізичний, каналний і мережний рівні стека протоколів у безпроводових сенсорних мережах. На фізичному рівні визначено три діапазони частот: 868 МГц, 910 МГц, 2,4 ГГц. В тих діапазонах визначено 16 каналів шириною 5 МГц з несучими частотами, обумовленими співвідношенням $F_c = 2405 + 5(k - 1)$, де F_c – частота одного каналу у МГц; k – номер каналу, $k = 1 \dots 16$.

Швидкість передавання в кожному каналі становить 250 кбіт/с. Залежно від вимог предметної області мережа може працювати в топологіях типу: «точка-точка», «зірка» або кластерне дерево.

Логічна структура «пилинка» містить операційну систему Tiny OS, віртуальну машину Mate та апаратну платформу (рис. 1.24).

Tiny OS – це спеціальна операційна система, яка застосовується для управління апаратною архітектурою «пилинка», побудована на базі трирівневої архітектури абстрагування апаратних засобів НАА (Hardware Abstraction Architecture). Це компонентна операційна система з відкритим вихідним кодом, яка призначена для безпроводових сенсорних мереж, написана мовою nesC, належить до вбудованих ОС і являє собою низку взаємодіючих завдань і процесів.



Рис. 1.24. Логічна структура «пилинка»

Mate – віртуальна машина, яка є надбудовою ОС Tiny OS. Для забезпечення енергозбереження додатково застосована технологія віртуалізації. Віртуальна машина *Mate* призначена для мінімізації обсягу коду, що реалізує програму заданого рівня складності. Для нормальної роботи *Mate* потрібно всього 600 байт оперативної пам'яті та менше 8 кбайт пам'яті команд 8-бітового мікроконтролера. Програми віртуальної машини представляються 8-бітовими інструкціями трьох типів, що об'єднуються в «капсули» – атомарні послідовності не більше двадцяти чотирьох інструкцій.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1.1. Рекомендация МСЭ-Т Y.2001. Общий обзор СПП. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2001/en>.
- 1.2. ITU-T Recommendation Y.2011. General principles and general reference model for Next Generation Networks. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2011/en>.
- 1.3. Recommendation ITU-T Y.2016. Functional requirements and architecture of the NGN for applications and services using tag-based identification. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2016/en>.
- 1.4. Рекомендация МСЭ-Т Y.2021. IMS для сетей последующих поколений. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2021/en>.
- 1.5. Рекомендация МСЭ-Т Y.2601. Основные характеристики и требования к будущим пакетным сетям. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2601/en>.
- 1.6. ITU-T Recommendation Y.2611. High-level architecture of future packet-based networks. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2611/en>.
- 1.7. Recommendation ITU-T Y.2612. Generic requirements and framework of addressing, routing and forwarding in future, packet-based networks. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2612/en>.
- 1.8. Recommendation ITU-T Y.2613. The general technical architecture for public packet telecommunication data network (PTDN). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2613/en>.
- 1.9. Исторический срез. Три революции в технологии связи. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ngnetwork.ru/category/konceptsiya-ngn/>
- 1.10. И.И. Власов. Тестирование сетей NGN: коммутаторы, шлюзы, трафики. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.tssonline.ru/articles2/support/testir_setey_ngn_kommutat_shlyuzu_trafiki
- 1.11. Гольдштейн Б.С. IP-телефония / Б.С. Гольдштейн, А.В. Пинчук, А.Л. Суховицкий. – М.: Радио и связь, 2001. – 336 с.
- 1.12. Таненбаум Э. Компьютерные сети. – 4-е изд. – СПб.: Питер, 2005. – 992 с.
- 1.13. Семенов Ю.В. Проектирование сетей связи следующего поколения. – СПб.: Наука и техника, 2005. – 240 с.: илл.
- 1.14. Бакланов И.Г. NGN: принципы построения и организации / Под ред. Ю.Н. Чернышова. – М.: Эко-Трендз, 2008. – 400 с.: илл.
- 1.15. А.В. Шалагинов. Миграция к NGN: стратегия, тактика, практика. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.iks-media.ru/articles/25366.html>
- 1.16. А. Фелижанко. Конвергенция фиксированной и мобильной связи. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.connect.ru/article.asp?id=6429>
- 1.17. Воробийенко П.П. Инфокоммуникационные сети – терминология: дидактический аспект / П.П. Воробийенко, Л.А. Никитюк // Журн. «Зв’язок», 2007. – № 4. – С. 2–7.
- 1.18. Никитюк Л.А. Архитектура инфокоммуникационной сети / Л.А. Никитюк // Журн. «Зв’язок», 2007. – № 5. – С. 7–13.
- 1.19. Никитюк Л.А. Синтез инфокоммуникационной сети на основе сегментного подхода / Л.А. Никитюк // Журн. «Зв’язок», 2007. – № 6. – С. 6–9.
- 1.20. Воробийенко П.П. Профессиональная терминология и ее роль в подготовке специалистов для отрасли связи / П.П. Воробийенко, Л.А. Никитюк // «Телеком-2007»: Международная научно-практическая конференция, октябрь 2007 г. – Ростов-на-Дону; СКФ МТУСИ, 2007. – С. 363–367.
- 1.21. Воробийенко П.П. Телекомунікаційні та інформаційні мережі. Підручник для вищих навчальних закладів / П.П. Воробийенко, Л.А. Нікітюк, П.І. Резниченко – К.: САММІТ-КНИГА, 2010. – 640 с.

- 1.22. Л.А. Никитюк. Услуги связи нового поколения / Л.А. Никитюк, Р.Ю. Царев // журн. «Зв'язок», 2012. – № 1. – С. 21–23.
- 1.23. Mohammad Ilyas. Smart Dust: Sensor Network Applications, Architecture, and Design / Ilyas Mohammad, Mahgoub Imad // CRC/Taylor & Francis, 2006. – 352 p.
- 1.24. MEF 22.1 Mobile Backhaul Implementation Agreement – Phase 2. The Metro Ethernet Forum 2012. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://metroethernetforum.org/>.
- 1.25. MEF 3 Circuit Emulation Service Definitions, Framework and Requirements in Metro Ethernet Networks. The Metro Ethernet Forum 2004. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://metroethernetforum.org/>.
- 1.26. ITU-T G.8261/Y1361, Timing and Synchronization aspects in Packet Networks, April 2008. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.8261/en>.
- 1.27. IEEE 1588-2008, «Standard for A Precision Clock Synchronization Protocol for Network Measurement and Control Systems». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://standards.ieee.org/findstds/standard/1588-2008.html>.
- 1.28. RFC 1305, «Network Time Protocol (Version 3) – Specification, Implementation, and Analysis». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ietf.org/rfc/rfc1305.txt>.
- 1.29. ITU-T G.8262/Y.1362 Timing Characteristics of Synchronous Ethernet Equipment Slave Clock (ЕЕС), July 2010. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.8262>.
- 1.30. I.F. Akyildiz Wireless sensor networks: a survey / I.F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, E. Cayirci // Computer Networks, 2002. – 38. – P. 393–422.
- 1.31. Офіційний сайт операційної системи TinyOS. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.tinyos.net/>.
- 1.32. Levis P. A tiny virtual machine for sensor networks / P. Levis, D. Mate Culler // In ASPLOS.: San Jose, CA, 2002. – P. 85–95.
- 1.33. Kahn J.M. Next century challenges: mobile networking for smart dust / J.M. Kahn, R.H. Katz, K.S.J. Pister // Proceedings of the ACM MobiCom'99, Washington, USA, 1999, P. 271–278.
- 1.34. Nitaigour P.M. Sensor networks and configuration fundamentals, standards, platforms, and applications / P.M. Nitaigour // Springer.
- 1.35. Intanagonwiwat C. Directed diffusion: a scalable and robust communication paradigm for sensor networks / C. Intanagonwiwat, R. Govindan, D. Estrin // Proceedings of the ACM Mobi-Com'00, Boston, MA, 2000. – P. 56–67.
- 1.36. Гуляев К.Д. Принципи організації адаптивної взаємодії відкритих систем / К.Д. Гуляев, В.А. Каптур, В.І. Тіхонов // Журн. «Наукові вісті НТУУ-КПІ», 2012. – № 2 (82). – С. 7–15.

2.1. Теорія електричного зв'язку

Роль і місце теорії електричного зв'язку в системі знань про телекомунікації

Сучасні телекомунікаційні мережі в основному побудовані із застосуванням методів і засобів електричного зв'язку [2.1].

Електричний зв'язок – передавання, випромінювання або приймання знаків, сигналів письмового тексту, зображень та звуків або повідомлень будь-якого роду радіо-, проводовими, оптичними або іншими електромагнітними системами.

Система електричного зв'язку – сукупність технічних засобів і середовища поширення електромагнітних сигналів, які забезпечують передавання повідомлень від джерела до споживача (споживачів) [2.2]. Для задоволення вимог сучасного суспільства вже створено сотні систем електрозв'язку різного призначення, число яких зростає. Усі вони потрібні для обміну інформацією. Як правило, джерела й споживачі (одержувачі) інформації територіально розподілені та часто перебувають на великих відстанях один від одного. У таких випадках для їх обслуговування використовують телекомунікаційні мережі найрізноманітніших конфігурацій. У вузлах мереж перебувають джерела й споживачі, з'єднані каналами зв'язку з іншими вузлами. Кожний канал містить той або інший вид системи електричного зв'язку. При всьому різноманітті систем електричного зв'язку вони мають багато спільного.

Предметом теорії електричного зв'язку є методи формування, передачі й обробки інформаційних сигналів у телекомунікаційних системах.

Основні поняття і визначення теорії

Поняття «інформація» і «повідомлення» уживаються досить часто. Ці близькі за змістом поняття складні й дати їм точне визначення нелегко. Слово «інформація» походить від латинського *informatio* – роз'яснення, ознайомлення. Звичайно під інформацією розуміють сукупність відомостей, даних про які-небудь події, явища або факти. Ми живемо в інформаційному світі. Інформація, як сукупність відомостей, стає знанням лише після її інтерпретації з огляду на значення й зміст цих відомостей.

Інформація в широкому розумінні – сукупність знань про довкілля. У такому розумінні інформація є найважливішим ресурсом науково-технічного та соціально-економічного розвитку суспільства. На відміну від матеріального й енергетичного ресурсів інформаційний ресурс не зменшується при споживанні, накопичується згодом, порівняно легко й просто за допомогою технічних засобів обробляється, зберігається й передається на великі відстані. Для передачі або зберігання інформації використовують різні знаки (символи), що дозволяють виразити (представити) її в деякій формі. Цими знаками можуть бути букви, цифри текс-

ту, слова та фрази в людській мові, жести та малюнки, форми коливань, математичні знаки тощо.

Повідомлення – сукупність знаків, що відображають ту або іншу інформацію. Передача повідомлень (а отже, і інформації) на відстань здійснюється за допомогою якого-небудь матеріального носія – фізичного процесу (звукових або електромагнітних хвиль, струму та ін.).

Сигнал – фізичний процес, що відображає передане повідомлення. Як сигнал можна використовувати будь-який фізичний процес, що змінюється відповідно до повідомлення, яке передається. У сучасних системах керування та зв'язку найчастіше використовують електричні сигнали. Фізичною величиною, що визначає такий сигнал, є струм або напруга. Сигнали формуються шляхом зміни тих або інших параметрів фізичного носія відповідно до переданого повідомлення.

Модуляція – процес зміни параметрів носія відповідно до переданого повідомлення. Повідомлення можуть бути функціями часу, наприклад, мова при передачі телефонних розмов, температура або тиск при передачі телеметричних даних, зображення при передачі телебаченням тощо. В інших випадках повідомлення не є функцією часу (наприклад, текст телеграми, нерухливе зображення і т.ін.). Сигнал є функцією часу, навіть якщо повідомлення таким не є. Якщо сигнал являє собою функцію $u(t)$, що представляє тільки певні дискретні значення u_n (наприклад, 1 і 0), то його називають *дискретним*, або, точніше, дискретним за величиною (рівнем). Точно так само і повідомлення, що ухвалюють тільки деякі певні значення, називають дискретними. Якщо ж сигнал (або повідомлення) може ухвалювати будь-які значення в деякому інтервалі, то він називається *безперервним*, або *аналоговим*. Повідомлення за допомогою датчиків, звичайно, перетвориться в електричну величину $b(t)$ – первинний сигнал.

Первинний сигнал – результат перетворення повідомлення у форму, придатну для передачі інформації системою зв'язку. Здебільшого первинний сигнал є низькочастотним коливанням, яке відображає передане повідомлення. Якби передане повідомлення було детермінованим, тобто заздалегідь відомим з повною вірогідністю, то передача його не мала би сенсу. Таке *детерміноване повідомлення не містить інформації*. Тому повідомлення слід розглядати як випадкові події (або випадкові величини, випадкові функції). Інакше кажучи, повинна існувати деяка безліч варіантів повідомлень, з яких реалізується з певною ймовірністю одне. Тому і сигнал є випадковою функцією. Детермінований сигнал не може бути переносником інформації. Його можна використовувати лише для випробувань системи зв'язку або окремих її елементів. Випадковий характер повідомлень, сигналів, а також завад обумовив найважливіше значення теорії імовірності в побудові теорії зв'язку. У спеціальному розділі теорії зв'язку (*теорії інформації*) показано, що ймовірнісні властивості сигналів і повідомлень, а також середовища, у якому передається сигнал, дозволяють визначити кількість переданої інформації і її втрати. Описом конкретного сигналу може бути деяка функція часу $u(t)$. Визначивши так чи інакше цю функцію, визначаємо і сигнал. Однак такий повний опис сигналу не завжди потрібен. Для розв'язання низки питань досить більш загального опису у вигляді декількох параметрів, що характеризують основні властивості сигналу, подібно тому, як це робиться в системах транспортування. Зазначаючи габаритні розміри і масу, характеризуємо основні властивості предмета з точки зору умов його перевезення. Інші властивості (наприклад, колір) з цього погляду є несуттєвими.

Сигнал також є об'єктом транспортування, а техніка зв'язку, по суті, технікою транспортування (передачі) сигналів каналами зв'язку.

Доцільно визначити параметри сигналу, які є основними з погляду його передачі. Такими параметрами є тривалість сигналу T_c , його динамічний діапазон D_c і ширина спектра F_c . Будь-який сигнал, розглянутий як часовий процес, має початок і кінець.

Тривалість сигналу T_c є природним його параметром, що визначає інтервал часу, у межах якого сигнал існує.

Динамічний діапазон – це відношення найбільшої миттєвої потужності до тієї найменшої потужності, яку необхідно відрізнити від нуля при заданій якості передачі. Він виражається звичайно в *децибелах* (дБ). Динамічний діапазон диктора, наприклад, дорівнює (25...30) дБ, невеликого вокального ансамблю – (45...65) дБ, симфонічного оркестру – (70...95) дБ. Щоб уникнути перевантажень каналу в радіомовленні, динамічний діапазон часто скорочують до (35...45) дБ. І нарешті ширина спектра сигналу F_c . Цей параметр дає уявлення про швидкість зміни сигналу всередині інтервалу часу його існування. Спектр сигналу, в принципі, може бути необмеженим.

Ширина спектра сигналу F_c – довжина інтервалу частот, у межах якого розташовуються складові частотного спектра сигналу, необхідні для однозначного відновлення форми сигналу на приймальній стороні. Ширина спектра дає поняття про швидкість зміни сигналу в межах інтервалу його існування. Спектр сигналу, в принципі, може бути необмеженим. Однак для будь-якого сигналу можна вказати діапазон частот, у межах якого зосереджена його основна енергія. Цим діапазоном і визначається ширина спектра сигналу. У техніці зв'язку спектр сигналу часто свідомо скорочують. Це обумовлене тим, що апаратура й лінії зв'язку мають обмежену смугу частот, що пропускаються. Скорочення спектра здійснюється виходячи із припустимих спотворень сигналу. Наприклад, при телефонному зв'язку потрібно, щоб мова була розбірлива й щоб кореспонденти могли впізнати один одного за голосом. Для виконання цих умов досить передати мовний сигнал у смузі від 300 до 3400 Гц. Спектр модульованого сигналу звичайно ширше спектра переданого повідомлення (первинного сигналу) і залежить від виду модуляції. Можна ввести більш загальну й наочну характеристику – об'єм сигналу:

$$V_c = T_c F_c D_c. \quad (2.1)$$

Об'єм сигналу V_c дає загальне уявлення про можливості даної множини сигналів як переносників повідомлень. Чим більше об'єм сигналу, тим більше інформації можна «вкласти» у цей об'єм і тим сутужніше передати такий сигнал каналом зв'язку. Звичайно порівнюють ширину спектра первинного сигналу F_{Π} і ширину спектра модульованого сигналу на виході модулятора F_c . За їх співвідношенням телекомунікаційні системи підрозділяють на вузькосмугові та широкосмугові.

У *широкосмугових* системах зв'язку ширина спектра сигналу після модуляції F_c перевищує ширину спектра вихідного первинного сигналу F_{Π} :

$$F_c > F_{\Pi}.$$

У *вузькосмугових* системах розширення спектра сигналу в процесі модуляції не відбувається:

$$F_c \approx F_{\Pi}.$$

Структура одноканальної системи передачі інформації

На рис. 2.1 зображено структурну схему одноканальної системи зв'язку.

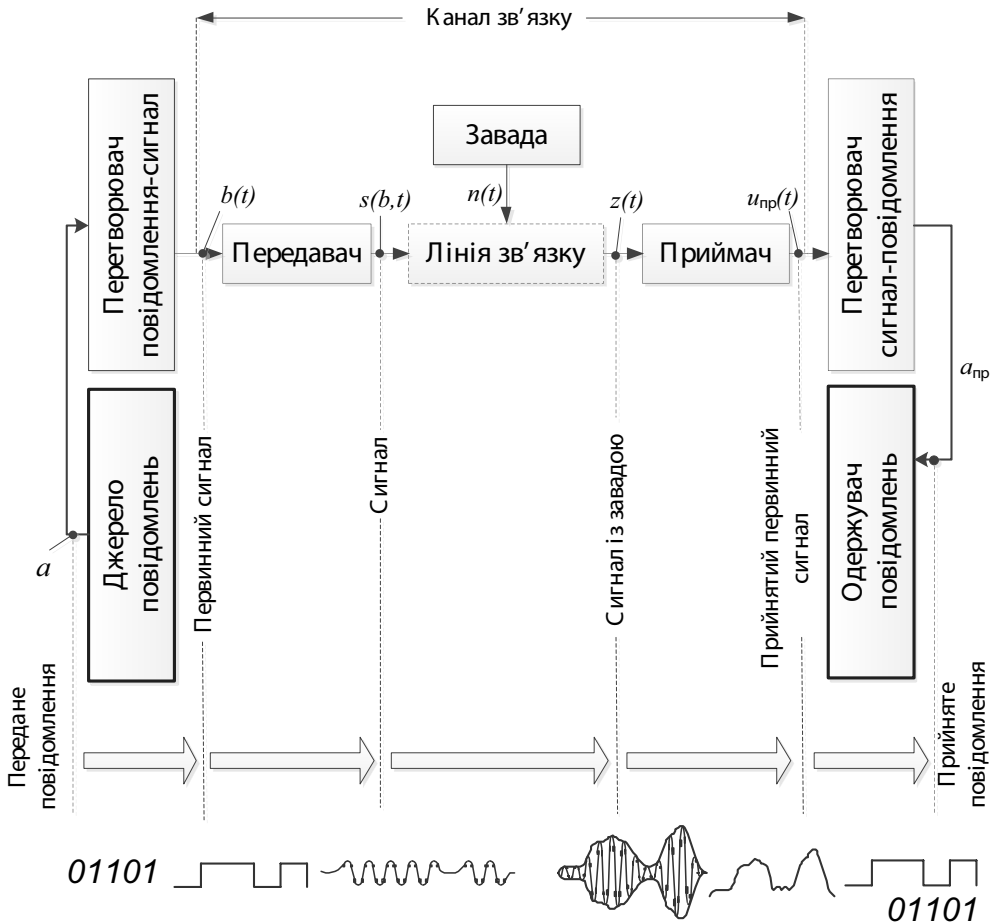


Рис. 2.1. Узагальнена структурна схема одноканальної системи зв'язку

Розглянемо призначення деяких елементів цієї схеми.

Джерелом повідомлень і **одержувачем** в одних системах зв'язку може бути людина, в інших – різного роду обладнання (автомат, обчислювальна машина тощо). За допомогою первинного перетворювача (датчика) у передавальному обладнанні повідомлення a , яке може мати будь-яку фізичну природу (зображення, звукове коливання тощо), перетвориться в первинний електричний сигнал $b(t)$. У телефонії, наприклад, ця операція зводиться до перетворення звукового тиску в пропорційно мінливий електричний струм мікрофона. У передавача *первинний сигнал* $b(t)$ (звичайно низькочастотний) перетворюється на *вторинний* (високочастотний) сигнал $u(t)$, придатний для передачі використовуваним каналом. Це здійснюється звичайно за допомогою *модуляції*. Перетворення повідомлення на сигнал повинне бути оборотним. У цьому випадку за вихідним сигналом можна, у принципі, відновити вхідний первинний сигнал, тобто одержати всю інформацію, що втримується в переданому повідомленні. А якщо ні, то частина інфор-

мації буде загублена при передачі, навіть якщо сигнал доходить до приймального обладнання без спотворень.

Передавач. Первинні сигнали, як правило, не можна безпосередньо передавати лінією зв'язку. І не тому, що вони часто малого рівня. Більш істотною є та обставина, що *первинні сигнали низькочастотні*, а в лінії зв'язку, як правило, ефективно поширюються *високочастотні коливання*. Для погодження первинних сигналів з лінією зв'язку використовується передавач. У ньому здійснюється перетворення первинних сигналів $b(t)$ на *сигнали, зручні для передавання в лінії зв'язку* (за формою, потужністю, частотою і т.ін.). У найпростішому випадку передавач може бути підсилювачем первинних сигналів або тільки фільтром, який обмежує смугу частот сигналу. Здебільшого передавач – генератор переносника (носія), модулятор і підсилювач. Процес модуляції полягає в керуванні параметрами переносника первинним сигналом $b(t)$. На виході передавача одержуємо модульований сигнал $s(b,t)$. Модульовані сигнали найчастіше використовуються в електрозв'язку.

Лінія зв'язку – фізичне середовище, використане для передачі сигналів від передавача до приймача. У системах електричного зв'язку – це кабель або хвилевід, у системах радіозв'язку – область простору, в якому поширюються електромагнітні хвилі від передавача до приймача. У реальному каналі сигнал при передачі спотворюється й повідомлення відтворюється з деякою помилкою. Причиною таких помилок є спотворення, внесені самим каналом, і завади, що впливають на сигнал.

Завада $n(t)$ – будь-який зовнішній або внутрішній вплив на сигнал у каналі зв'язку, який спричиняє *випадкові його відхилення від початкового* (створеного джерелом).

Спотворення – це такі *невипадкові зміни форми сигналу*, що зумовлені неідеальними характеристиками електричних кіл та пристроїв, якими проходить сигнал. Головна причина спотворень форми сигналів – перехідні процеси в лінії зв'язку, ланках передавача і приймача. При цьому розрізняють лінійні та нелінійні спотворення, що виникають відповідно в лінійних та нелінійних колах. У загальному випадку спотворення форми сигналу негативно впливають на якість відтворення повідомлень, і тому вони не повинні перевищувати встановлених значень (норм).

Приймач обробляє прийняте коливання $z(t) = s(t) + n(t)$, яке являє собою суму прийнятого спотвореного сигналу $s(t)$ і завади $n(t)$, і відновлює по ньому повідомлення, яке з деякою погрішністю відбиває передане повідомлення a . Інакше кажучи, приймач повинен на основі аналізу коливання $z(t)$ визначити, яке з можливих повідомлень передавалося. Тому прийомне обладнання є одним з найбільш відповідальних і складних елементів системи зв'язку.

Сукупність технічних засобів для передачі повідомлень від джерела до споживача називається системою зв'язку. Цими засобами є передавальне обладнання, лінія зв'язку й приймальне обладнання.

Іноді в поняття «система зв'язку» входять джерело і одержувач повідомлення. За виглядом переданих повідомлень розрізняють наступні системи зв'язку: передача мови (телефонія); передача тексту (телеграфія); передача нерушливих зображень (фототелеграфія); передача зображень (телебачення), телевимірювання, телекерування й передача даних. За призначенням телефонні й телевізійні системи ділять на *мовленнєві*, які відрізняються високим ступенем художності відтворен-

ня повідомлень, і професійні, які мають спеціальне застосування (службовий зв'язок, промислове телебачення тощо).

Впровадження високоефективних ЕОМ привело до необхідності швидкого розвитку *систем передачі даних*, що забезпечують обмін інформацією між обчислювальними засобами й об'єктами автоматизованих систем керування. Цей вид електрозв'язку порівняно з телеграфією відрізняється більш високими вимогами до швидкості й вірності передачі інформації. Впровадження високоефективних ЕОМ привело до необхідності швидкого розвитку систем передачі даних, що забезпечують обмін інформацією між обчислювальними засобами й об'єктами автоматизованих систем керування. Цей вид електрозв'язку порівняно з телеграфією відрізняється більш високими вимогами до швидкості й вірності передачі інформації.

Останнім часом широке застосування знаходять **цифрові системи передачі** (ЦСП) [2.3], в яких безперервні повідомлення передаються дискретними сигналами: цифрова телефонія, цифрове мовлення, цифрове телебачення. Структура, принципи побудови та функціонування сучасних цифрових систем електрозв'язку розглянуті в цьому підрозділі.

При оцінці роботи системи зв'язку необхідно, насамперед, урахувати, яку точність передачі повідомлення забезпечує система й з якою швидкістю передається інформація. Перше визначає якість передачі, друге – кількість.

У реальній системі зв'язку якість передачі залежить від ступеня спотворень прийнятого повідомлення. Ці спотворення залежать від властивостей і технічного стану системи, а також від інтенсивності й характеру завад. У правильно спроектованій і технічно справній системі зв'язку спотворення повідомлень обумовлені лише впливом завад. У цьому випадку якість передачі повністю визначається завадостійкістю системи.

Завадостійкість – здатність системи протистояти шкідливому впливу завад на передачу повідомлень. Оскільки дія завад виявляється в тому, що прийняте повідомлення відрізняється від переданого, то кількісно завадостійкість при заданій заваді можна характеризувати ступенем відповідності прийнятого повідомлення переданому. Назвемо цю величину загальним терміном – *вірність*. Кількісну міру вірності доводиться вибирати по-різному, залежно від характеру повідомлення й вимог одержувача. Вплив завади на передачу дискретного повідомлення проявляється в тому, що замість фактично переданого елемента може бути прийнятий який-небудь інший, така подія називається *помилкою*. Як кількісну міру вірності часто використовують *імовірність помилки p*.

При передачі безперервних повідомлень мірою відповідності прийнятого повідомлення $b_{np}(t)$ переданому $b(t)$ може служити величина **середнього квадрата помилки** $\varepsilon(t) = [b_{np}(t) - b(t)]$

$$\bar{\varepsilon}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T [b_{np}(t) - b(t)]^2 dt.$$

У теорії завадостійкості, розробленої В.О. Котельниковим, доведено, що при обраному критерії й заданих сигналах, прийнятих при аддитивном білому шумі, існує *гранична (потенційна) завадостійкість*, яка за жодного способу приймання не може бути перевершена. Приймоне обладнання, що реалізує потенційну завадостійкість, називається *оптимальним* (найкращим за даним критерієм).

Поряд з вірністю найважливішим показником роботи системи зв'язку є швидкість передачі. У системах передачі дискретних повідомлень **швидкість пере-**

дачі інформації R вимірюється числом переданих двійкових символів в одиницю часу (біт/с). У загальному випадку швидкість визначається як кількість інформації, що передана по каналу за одиницю часу із заданої вірністю.

Існує максимально можлива (гранична) швидкість передачі, яка називається *пропускною здатністю каналу* C . Це фундаментальне поняття визначає потенційні можливості системи зв'язку, що використовує даний канал. У реальній системі швидкість передачі R завжди менше пропускної здатності каналу C .

У теорії інформації К. Шенноном доведена теорема, згідно з якою при $R < C$ можна знайти такий спосіб кодування/декодування, за якого можлива передача повідомлень по каналу із шумами з помилкою, як завгодно малою.

Багатоканальна передача, методи поділу сигналів у багатоканальних системах

Задача поділу сигналів виникає завжди, коли йдеться про приймання сигналів за реальних умов, які характерні наявністю завад, що діють на передані сигнали. Цими завадами можуть бути не тільки шуми, але й сигнали від сусідніх систем і каналів. Тому першим і основним завданням при побудові будь-якої системи зв'язку є боротьба із завадами, завдання виділення корисного сигналу із суміші сигналу й завад, що надходять на вхід приймача. При передачі дискретних сигналів виникає завдання розрізнення (в окремому випадку – **виявлення**) сигналів, а при передачі безперервних сигналів – завдання фільтрації (**виділення**) переданих повідомлень. Однак слід згадати й про необхідність розв'язання іншого завдання – підвищення пропускної здатності телекомунікаційних систем.

Підвищення пропускної здатності телекомунікаційних систем вирішується шляхом створення багатоканальних систем, що забезпечують незалежну передачу великого числа повідомлень (сигналів) по одній загальній лінії зв'язку. Багатоканальний зв'язок одержав поширення в системах зв'язку по кабельним, радіорелейним, волоконно-оптичним, супутниковим лініям зв'язку.

На рис. 2.2 наведено структурну схему типової багатоканальної системи зв'язку. Принцип багатоканального зв'язку досить простий і полягає у формуванні на передавальній стороні *групового сигналу* із сукупності каналних сигналів, відповідних до різних повідомлень, передачі по лінії зв'язку групового сигналу й поділі на прийомній стороні групового сигналу на вихідні *каналні сигнали*, з яких виділяються передані повідомлення.

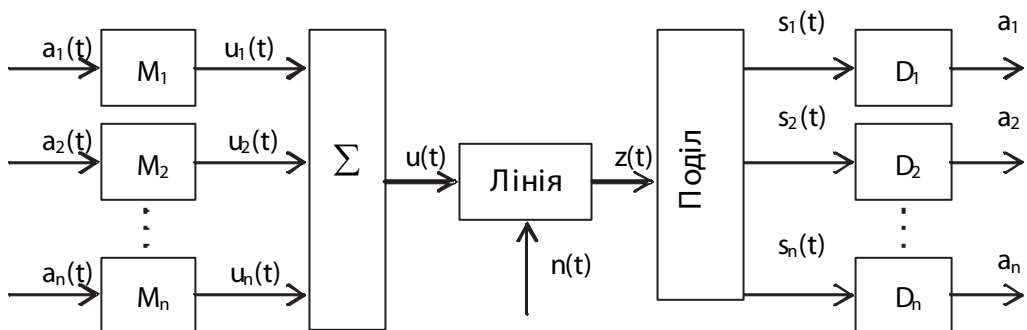


Рис. 2.2. Структурна схема багатоканальної системи зв'язку

Для уніфікації багатоканальних систем зв'язку за основний або стандартний канал ухвалюють канал тональної частоти (ТЧ), що забезпечує передачу повідомлень зі смугою частот (300...3400) Гц, відповідної до основного спектра телефонного сигналу. Багатоканальні системи утворюються шляхом об'єднання каналів ТЧ у групи, звичайно кратні 12 стандартним каналам. У свою чергу, часто використовується вторинне об'єднання (уцільнення) каналів ТЧ телеграфними каналами й каналами передачі цифрової інформації (каналами передачі даних). Таким чином, завдання боротьби із завадами й завдання побудови багатоканальних систем мають багато спільного й часто зводяться до розв'язку завдання селекції (розділу) сигналів. Для поділу сигналів необхідно, насамперед, мати у своєму розпорядженні деяку інформацію про ознаки, по яких сигнали відрізняються один від одного. Такими ознаками можуть бути параметри переносника, наприклад, амплітуда, частота або фаза у випадку модуляції синусоїдального переносника. Сигнали можуть різнитися за часом, простором, поляризацією й, нарешті, за формою. Відповідно до цього розрізняють методи поділу сигналів і називають *часовим, частотним, фазовим, просторовим, кодовим* методом поділу та ін.

У системах із частотним поділом каналів (ЧПК) передаються каналні сигнали, спектри яких не перекриваються. Поділ сигналів здійснюється за допомогою каналних фільтрів.

У системах з часовим поділом каналів (ЧПК) каналні сигнали не перекриваються за часом. Цей принцип зазвичай реалізується в системах з імпульсною модуляцією, коли завдяки великій шпаруватості між імпульсами одного каналу залишається великий проміжок часу, в якому можна розмістити імпульси інших каналів. Неперекриття каналних сигналів по частоті або за часом гарантує можливість розділу їх на прийомній стороні. **При фазовому поділі** використовується відмінність сигналів по фазі. Можливий поділ сигналів за рівнем (за амплітудою).

У системах з поділом сигналів за формою (ФПК) каналні сигнали перекриваються як по частоті, так і за часом. Поділ таких сигналів здійснюється за ознаками, що характеризують їхню форму (структуру). Такими сигналами можуть бути, наприклад, спеціально підібрані послідовності двійкових імпульсів.

Сутність методу просторового поділу сигналів полягає в локалізації випромінювання в невеликому тілесному куті, відповідному до напрямку на кореспондента. Спрямоване випромінювання можна здійснити в діапазоні хвиль, де лінійні розміри антени порівняні з довжиною хвилі. Використання гостроспрямованих антен дозволяє сконцентрувати енергію сигналів у заданих напрямках. В основі **поляризаційного поділу** сигналів лежить використання властивості взаємної ортогональності складових електромагнітного поля – векторів електричної й магнітної напруженості поля. Можливі і комбіновані методи поділу сигналів: просторово-часовий поділ, частотно-часовий поділ та ін.

Однак в основі теорії всіх методів поділу сигналів лежить загальна теорія лінійної селекції, розроблена Д.В. Агеєвим.

Завданнями загальної теорії селекції сигналів є, по-перше, визначення основних властивостей, які повинні мати сигнали, придатні для одночасної і незалежної передачі лініями зв'язку, і, по-друге, розроблення оптимальних алгоритмів роботи поділяючих пристроїв. Розв'язання поставлених завдань може бути проведено на основі як аналітичних, так і геометричних представлень сигналів.

Сукупність каналних сигналів $\{s_k(t)\}_{k=1}^n$ утворює *груповий сигнал* $s(t) = \sum_{k=1}^n s_k(t)$.

Поділ сигналів на прийомі здійснюється лінійним оператором L_k , який виділяє «свій» сигнал $s_k(t)$ і не реагує на всі інші:

$$L_k\{s(t)\} = L_k\left\{\sum_{j=1}^n s_j(t)\right\} = \sum_{i=1}^n L_k\{s_i(t)\} = \begin{cases} s_k(t), & i = k, \\ 0, & i \neq k. \end{cases} \quad (2.2)$$

Дію будь-якого лінійного оператора на сигнал $s(t)$, як відомо, можна представити у вигляді інтегрального перетворення (скалярного добутку)

$$L_k\{s(t)\} = (s_k \cdot \psi_k) = \int_{-\infty}^{\infty} s(\tau) \psi_k(t, \tau) d\tau, \quad (2.3)$$

де $\psi_k(t, \tau)$ – деяка вагова функція, що відповідає оператору L_k .

Спираючись на представлення сигналів у вигляді векторів функціонального простору, можна стверджувати, що необхідною (а при відсутності завад і достатньою) умовою поділу сигналів кінцевих енергій є виконання для відстані між сигналами $d(S_i, S_j)$ нерівності

$$d(S_i, S_j) = \|S_i - S_j\| = \sqrt{\int_0^T [s_i(t) - s_j(t)]^2 dt} > 0. \quad (2.4)$$

Звідки

$$2 \int_0^T s_i(t) s_j(t) dt < \int_0^T s_i^2(t) dt + \int_0^T s_j^2(t) dt,$$

або

$$\rho_{ij} < \frac{1}{2}(E_i - E_j), \quad (2.5)$$

де $\rho_{ij} = \frac{1}{\sqrt{E_i E_j}} \int_0^T s_i(t) s_j(t) dt = \frac{(S_i \cdot S_j)}{\|S_i\| \|S_j\|}$ – коефіцієнт кореляції між сигналами S_i, S_j ,

$E_i = \int_0^T s_i^2(t) dt$, $E_j = \int_0^T s_j^2(t) dt$ – енергії сигналів.

У випадку сигналів рівних енергій $E_i = E_j = E$

$$\int_0^T s_i(t) s_j(t) dt = (s_i \cdot s_j) < E,$$

$$\rho_{ij} < 1. \quad (2.6)$$

Звідси випливає, що *ортогональність сигналів є достатньою умовою властивості їх поділу*, тому що в цьому випадку коефіцієнт кореляції $\rho_{ij} = 0$, або

$$\int_0^T s_i(t) s_j(t) dt = (s_i \cdot s_j) = 0, \quad i \neq j. \quad (2.7)$$

Необхідною й достатньою умовою поділу сигналів $\varphi_k(t)$ є їх *лінійна незалежність*, яка полягає в тому, що тотожність

$$\sum_{k=1}^n \tilde{n}_k \varphi_k(t) \equiv 0 \quad (2.8)$$

виконується в тому єдиному випадку, коли всі коефіцієнти c_k одночасно дорівнюють нулю. Інакше кажучи, якщо сигнали *лінійно незалежні*, то жоден з них не може бути представлений у вигляді лінійної комбінації інших сигналів. Ортогональні сигнали є також лінійно-незалежними сигналами. Ортогональні сигнали реалізуються простіше й забезпечують більш високу завадостійкість, ніж неортогональні сигнали. Тому, як правило, каналні сигнали в багатоканальних системах зв'язку вибираються ортогональними.

Нехай каналні сигнали записані у вигляді

$$s_k(t) = \tilde{n}_k \varphi_k(t), \quad (2.9)$$

і груповий сигнал

$$s(t) = \sum_{k=1}^n c_k \varphi_k(t), \quad (2.10)$$

де $\varphi_k(t)$ – переносник, c_k – повідомлення k -го каналу.

Канальний сигнал $s_k(t)$ є результатом модуляції переносника повідомленням c_k .

Покладемо також, що функції $\varphi_k(t)$ ортогональні й нормовані

$$\int_0^T \varphi_i(t) \varphi_k(t) dt = \begin{cases} 0, & i \neq k, \\ 1, & i = k. \end{cases} \quad (2.11)$$

Вираз (2.10) у цьому випадку є розкладанням функції $s(t)$ по ортогональному базису. В такому разі операцію поділу каналних ортогональних сигналів можна визначити як операцію знаходження коефіцієнтів розкладання c_k

$$L_k\{s(t)\} = \int_0^T s(t) \varphi_k(t) dt. \quad (2.12)$$

Результатом цієї операції є виділення повідомлення c_k . Дійсно, з урахуванням (2.11) маємо

$$L_k\{s(t)\} = \int_0^T \sum_{i=1}^n c_i \varphi_i(t) \varphi_k(t) dt = \sum_{i=1}^n c_i \int_0^T \varphi_i(t) \varphi_k(t) dt = c_k. \quad (2.13)$$

У геометричному представленні формування групового сигналу (2.10) можна розглядати як процес підсумовування векторів підпросторів каналних сигналів. Умовою поділу каналних сигналів є умова, згідно з якою підпростори каналних сигналів s_k у просторі групового сигналу s є лінійними й взаємно непересічними. Тоді операція лінійного поділу сигналів зводиться до операції проектування вектора групового сигналу s на підпростір відповідного каналного сигналу.

Тоді операція виділення каналного сигналу s_k запишеться у вигляді

$$S_k = \|S\| \cos \alpha_k, \quad (2.14)$$

де α_k – кут між вектором групового сигналу s і напрямком вектора каналного сигналу s_k , причому $\cos \alpha_k = \frac{(S \cdot S_k)}{\|S\| \cdot \|S_k\|}$. З урахуванням цього отримуємо алгоритм виділення повідомлення c_k

$$c_k = (S \cdot \varphi_k) = \int_0^T s(t) \varphi_k(t) dt, \quad (2.15)$$

яке збігається з виразом (2.12).

Вирази (2.12) і (2.15) визначають алгоритм поділу ортогональних сигналів, який по суті збігається з відомим алгоритмом кореляційного методу приймання. Таким чином, структурна схема поділу ортогональних сигналів являє собою схему багатоканального кореляційного обладнання (рис. 2.3), яка виконує не тільки функцію поділу сигналів, але і здійснює детектування, а при наявності шумів – і оптимальну обробку каналних сигналів (когерентне приймання, якщо як вагові функції обрані варіанти переданих сигналів).

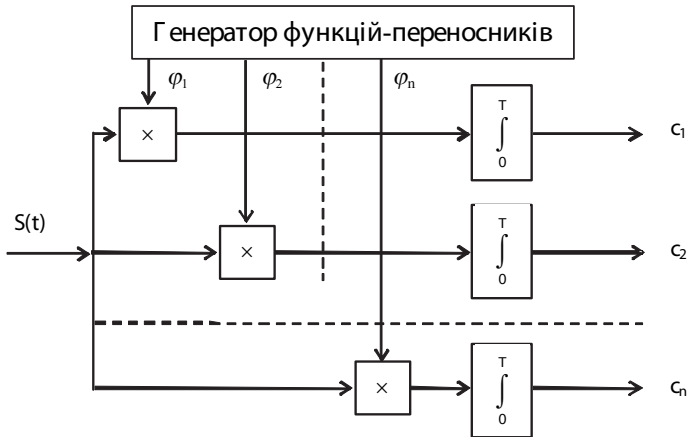


Рис. 2.3. Структурна схема поділу ортогональних сигналів

Розглянута вище теорія лінійного поділу сигналів побудована за умов припущення, що при передачі сигналів відсутні завади й спотворення, забезпечується ідеальна синхронізація сигналів, умова ортогональності каналних сигналів строго виконується. У реальних умовах виконати всі ці вимоги практично неможливо. При наявності завади у вигляді гаусовського шуму схема поділу рис. 2.3 є оптимальною, що реалізує алгоритм когерентного приймача.

Наявність же спотворень, що порушують ортогональність каналних сигналів, приводить до появи *перехідних (міжканальних) завад*.

Розглянемо деякі широко використовувані на практиці методи багатоканальної передачі і, в першу чергу, метод частотного поділу каналів.

Частотний поділ каналів (ЧПК). У системах із ЧПК сигнали різних каналів передаються у частотних смугах, що не перекриваються. На прийомному кінці ці сигнали розділяються за допомогою *каналних фільтрів*. Структурна схема найпростішої багатоканальної системи з ЧПК наведена на рис. 2.4.

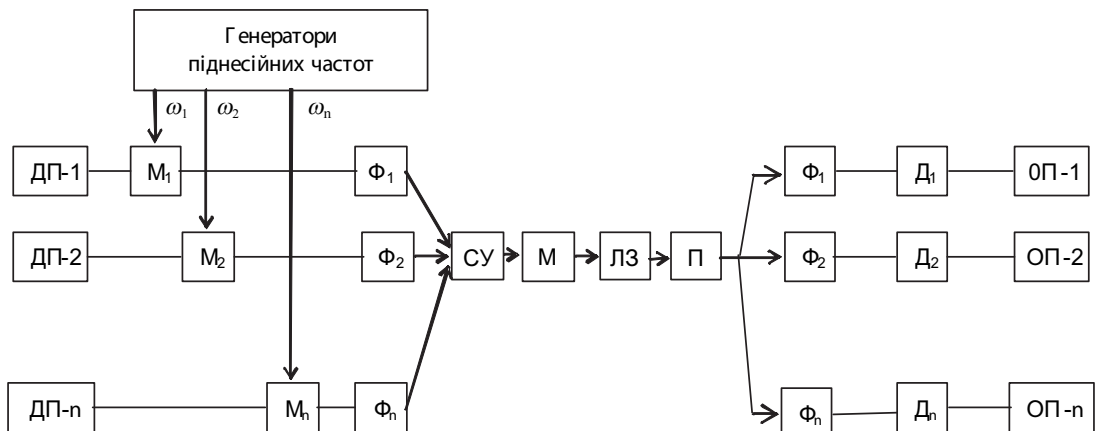


Рис. 2.4. Структурна схема багатоканальної системи з ЧПК

Передавальна частина цієї системи в загальному випадку містить два рівні модуляції: у першому рівні сигнали піднесійних частот, що надходять від генератора, модулюються первинними сигналами $\{b_i(t)\}$ переданих повідомлень, що надходять від джерел повідомлень ДП- i . Ця операція виконується за допомогою модулаторів $M-i$. Отримані на виходах частотних фільтрів $\Phi-i$ каналні сигнали $s_i(t)$ сумуються, утворюючи груповий сигнал $s(t) = \sum_{i=1}^n s_i(t)$. Канальні сигнали займають

смуги $\Delta\omega_i$, які в загальному випадку можуть відрізнятися від смуг спектрів повідомлень. Це залежить від виду модуляції. Так, при АМ $\Delta\omega_i = 2\Omega_i$, при ЧМ $\Delta\omega_i \approx 2(m+1)\Omega_i$. Зазвичай піднесійні частоти вибирають так, щоб смуги $\Delta\omega_i$ попарно не перекривалися. За такої умови каналні сигнали $s_i(t)$ ($k = 1, \dots, n$) взаємно ортогональні. У другому рівні модуляції в модулаторі M несійне колювання із частотою ω_0 модулюється груповим сигналом $s(t)$, утворюючи *лінійний сигнал*, який передається по лінії зв'язку (ЛЗ). На приймальній стороні отриманий з виходу лінії сигнал демодулюється за допомогою групового демодулятора й надходить на вхід частотних фільтрів $\Phi-i$, за допомогою яких здійснюється поділ канальних сигналів $s_i(t)$. Канальні демодулятори $D-i$ виділяють оцінки первинних сигналів $b_i(t)$, що надходять до отримувачей повідомлень ОП- i .

Математично частотний поділ сигналів ідеальними смуговими фільтрами можна зобразити в такий спосіб:

$$s_k(t) = \int_{-\infty}^{\infty} s(\tau) g_k(t - \tau) d\tau, \quad (2.16)$$

де $g_k(t)$ – імпульсна реакція ідеального смугового фільтра, що пропускає без спотворень смугу частот $\Delta\omega_k$ сигналу k -го каналу.

Інші методи багатоканальної передачі розглянуто в посібнику [2.2].

Ефективність передачі інформації

Життя сучасного суспільства немислиме без широкого використання різноманітних засобів передачі інформації з каналів телекомунікацій. У початковий період свого розвитку теорія передачі повідомлень базувалася на детерміністському підході, коли реальні процеси моделювалися регулярними, тобто однозначно певними, функціями. Однак застосування імовірнісних методів дозволило знайти більш ефективні рішення багатьох актуальних завдань техніки зв'язку. Теорія зв'язку стала розбудовуватися як *статистична теорія*, основу якої склали *теорія завадостійкості* й *теорія інформації*. Разом з тим незабаром стало ясно, що порівняння й оптимізація різних систем передачі інформації повинні проводитися на основі критеріїв, що враховують як інформаційні властивості переданих повідомлень, так і здатність протистояти діючим у каналі зв'язку завадам і спотворенням. З багатьох запропонованих варіантів перевірку часом витримали критерії ефективності, уперше запропоновані 1955 року А.Г. Зюко. Статистична теорія зв'язку пропонує велику кількість варіантів побудови телекомунікаційних систем.

Як із цієї безлічі вибрати варіант, найбільш доцільний у заданих умовах?

За якими критеріями слід робити цей вибір?

Принциповий розв'язок цих питань в остаточному підсумку зводиться до оптимізації систем зв'язку за *критеріями ефективності*.

У загальному випадку результат роботи системи зв'язку визначається кількістю і якістю переданої інформації. Кількість оцінюється швидкістю передачі інформації з каналу $R_{\text{кан}}$ (біт/с), а якість – величиною помилки. Згідно з теоремами К. Шенона, помилка при відповідному виборі методу передачі (модуляції/кодування) може бути зроблена довільно малою. У той самий час швидкість передачі не може бути вище деякого інформаційного ресурсу, називаного *пропускною здатністю каналу* $C_{\text{к}}$.

А.Г. Зюко запропонував вважати одним із показників ефективності системи величину середньої швидкості $R_{\text{кан}}$, за якої забезпечується задана вірність передачі інформації. При цьому **інформаційна ефективність системи**, що визначає ступінь використання пропускної здатності каналу, визначається відносною величиною

$$\eta = \frac{R_{\text{кан}}}{C_{\text{к}}}. \quad (2.17)$$

За реальних умов показник η завжди менше одиниці. Чим ближче η до одиниці, тим досконаліше система передачі інформації. Досягнення необхідних швидкості й вірності передачі супроводжується певними витратами інших найважливіших ресурсів: *потужності сигналу* P_c і *смуги частот каналу* $F_{\text{к}}$.

Такий підхід дозволив увести показники **енергетичної ефективності**

$$\beta = \frac{R_{\text{кан}}}{P_c / N_0} \quad (2.18)$$

і **частотної ефективності**

$$\gamma = \frac{R_{\text{кан}}}{F_{\text{к}}}. \quad (2.19)$$

Тут P_c/N_0 – відношення потужності сигналу до спектральної щільності потужності шуму на вході приймача. Показники β і γ мають сенс **питомих швидкостей**. Для гаусовського каналу зі смугою $F_{\text{к}}$, відношенням потужностей сигналу й шуму $\rho = P_c/P_{\text{ш}}$ і пропускною здатністю $C = F_{\text{к}} \log(\rho+1)$ можна встановити, що ці показники ефективності зв'язані співвідношенням

$$\eta = \frac{\gamma}{\log(1 + \frac{\gamma}{\beta})} \quad \text{і} \quad \gamma = \rho\beta. \quad (2.20)$$

Для *ідеальної системи* ($\eta = 1$) може бути визначена *гранична залежність*

$$\beta = \frac{\gamma}{2^{\gamma} - 1}. \quad (2.21)$$

Згідно з теоремою Шенона, при відповідних способах передачі (кодування й модуляції) і приймання (демодуляції й декодування) величина η може бути як завгодно близькою до одиниці. При цьому помилка може бути зроблена як завгодно малою. У цьому випадку з умови $\eta=1$ одержуємо **граничну залежність** між β і γ :

$$\beta = \frac{\gamma}{2^{\gamma} - 1}. \quad (2.22)$$

Цю залежність зручно зображати у вигляді кривої на площині $\beta=f(\gamma)$ (рис. 2.5, крива «межа Шенона»). Формула (2.22) визначає залежність енергетичної ефективності від частотної ефективності для *ідеальної системи*, що забезпечує рівність швидкості передачі інформації до пропускної здатності каналу. *Про досконалість методів передачі цифрової інформації судять зі ступеня наближення реальних значень ефективності до граничних значень.*

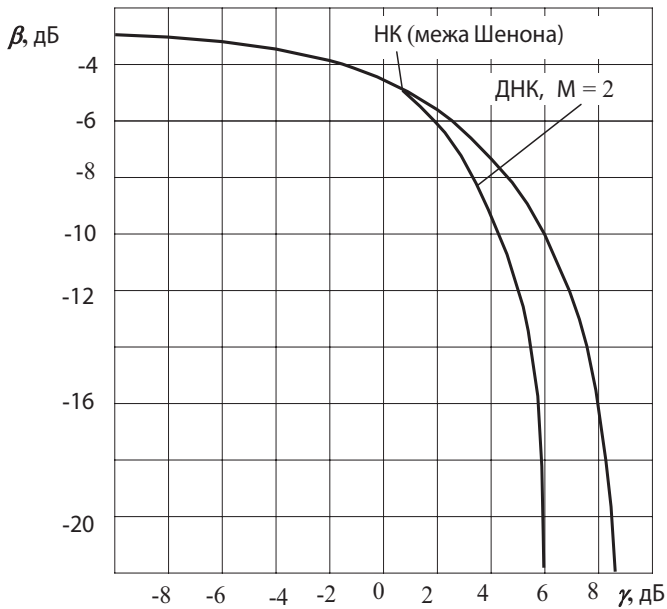


Рис. 2.5. Криві граничної ефективності систем зв'язку

Цифрові методи передачі інформації в телекомунікаційних системах

У сучасних телекомунікаційних системах повсюдно використовуються цифрові методи передачі інформації. Інтенсивне впровадження цифрових технологій обумовлено низкою їх істотних переваг порівняно з аналоговими. Цифрові системи (ЦС) мають більш високу пропускну здатність за умови застосування ефективних методів модуляції/кодування і реалізації оптимальних методів приймання. У ЦС є можливість більш повного використання статистичних характеристик переданих повідомлень.

Цифрова телекомунікаційна система (ЦТКС) – складний комплекс, основним завданням якого є передача інформації із заданими вірністю і швидкістю. *Основні вимоги до ЦТКС* формулюються досить просто:

- *вірність*;
- *швидкість*;
- *своєчасність* доставки інформації від відправника до одержувача.

У системах без завадостійкого кодування вірність і швидкість залежать від виду використовуваних сигналів-переносників. Застосування завадостійкого кодування дозволяє підвищити вірність передачі. З іншого боку, вибором сигналів можна добитися підвищення швидкості передачі інформації, але, найчастіше, в обмін на зниження вірності передачі. Однак слід урахувувати, що застосування *коригувальних кодів* вносить затримку в передачу цифрових даних, що погіршує такий показник, як своєчасність доставки інформації. У кожному конкретному випадку цифрових телекомунікаційних систем можуть бути сформульовані кількісні вираження цих вимог. Це залежить від призначення ЦТКС і виду переданого повідомлення. Однак у загальному випадку показники вірності, швидкості та своєчасності передачі інформації перебувають у суперечливих співвідношеннях. Основні особливості процесів формування й обробки сигналів, що відбуваються в

ЦТКС, зручно розглянути на прикладі структурної схеми ЦТКС, зображеної на **рис. 2.6**. Джерело інформації виробляє повідомлення, що підлягають передачі по каналу зв'язку. Це можуть бути послідовності дискретних символів (дані, телеграфні повідомлення) або неперервні повідомлення (мова, телебачення, результати телевимірювань тощо), перетворені в цифрову форму. Реальні повідомлення містять *надмірність* і для їх передачі в цифровому вигляді необхідно істотне збільшення пропускної здатності каналу. Для усунення надмірності й узгодження джерела інформації з цифровою системою передачі використовується *кодер джерела*. При кодуванні враховуються *статистичні властивості переданих повідомлень*, що дозволяє істотно зменшити необхідну швидкість цифрового потоку. Кодер разом з декодером утворюють *кодек джерела*.

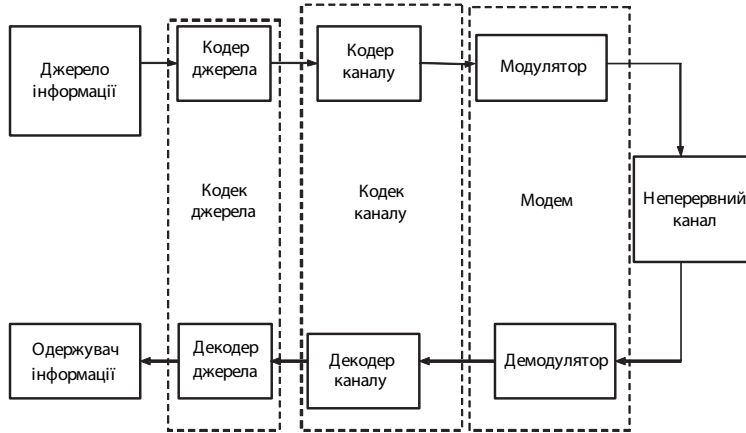


Рис. 2.6. Структурна схема ЦТКС

Теоретичною основою цифрових методів передачі безперервних сигналів є фундаментальна теорема В.О. Котельникова.

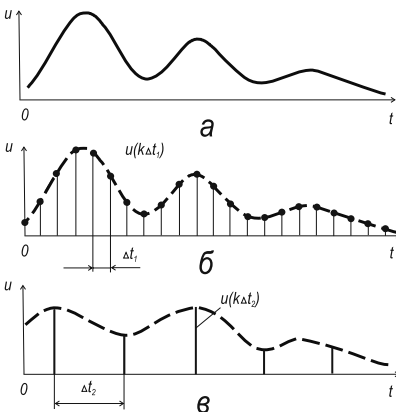


Рис. 2.7. Подання сигналу відліками (дискретизація сигналу):
а – неперервний сигнал;
б – малий крок дискретизації;
в – великий крок дискретизації

Теорема Котельникова. Всі реальні неперервні сигнали є плавними функціями часу. Стрибки миттєвих значень у них практично відсутні. Тому такі сигнали можна представити послідовністю їх миттєвих значень, які взято через деякий інтервал часу Δt . Миттєве значення сигналу у фіксований момент часу t_k називається *відлік* і позначається як $u(t_k)$, а інтервал часу Δt – *кроком дискретизації*. На **рис. 2.7, а** показано зображення неперервного сигналу відліками з різними кроками дискретизації. При малому кроці (**рис. 2.7, б**) послідовність відліків досить точно описує сигнал, при великому кроці (**рис. 2.7, в**) за відліками неможливо відновити форму сигналу через те, що пропущено його характерні екстремальні точки. Виникає запитання: як часто необхідно брати відліки, щоб за ними можна було відновити сигнал? Відповідь дає доведена в 1933 р. В.О. Котельниковим теорема, яка і носить його ім'я.

Згідно з цією теоремою, будь-який неперервний сигнал $u(t)$, що не має частот вище за F_{\max} , можна точно відновити за його відліками $u(k\Delta t)$, які взяті через інтервал (крок) дискретизації $\Delta t = 1/(2 F_{\max})$.

Це відновлення здійснюється за допомогою ряду

$$u(t) = \sum_{k=-\infty}^{k=\infty} u(k\Delta t) \frac{\sin 2\pi F_{\max}(t - k\Delta t)}{2\pi F_{\max}(t - k\Delta t)}. \quad (2.23)$$

Ряд, що подано виразом (2.23), називається *рядом Котельникова*. У цьому ряді коефіцієнти розкладу $u(k\Delta t)$, що дорівнюють миттєвим значенням неперервного сигналу $u(t)$ в моменти часу $k\Delta t$, є відліками сигналу $u(t)$ через крок дискретизації Δt , а функції

$$\Psi_k(t) = \frac{\sin 2\pi F_{\max}(t - k\Delta t)}{2\pi F_{\max}(t - k\Delta t)},$$

де $k = 0, 1, 2, \dots$, – *функціями відліків*, які мають однакову форму функції типу $(\sin x)/x$ і відрізняються одна від одної часовим зсувом на інтервал Δt . Графіки функцій Ψt та її особливі точки (максимуми, мінімуми, перетини з осями координат) наведено на **рис. 2.8**. Функція відліків $\Psi_k(t)$ є імпульсним відгуком ідеального фільтра нижніх частот (ФНЧ) з частотою зрізу F_{\max} , якщо до його входу подає δ -функцію в моменти часу $k\Delta t$.

Теорема Котельникова є основою для дискретизації неперервних сигналів за часом. У ній, по-перше, доводиться, що неперервний сигнал можна замінити його миттєвими значеннями (відліками), по-друге, вона дає правило знаходження кроку дискретизації $\Delta t = 1/(2 F_{\max})$. При такому кроці дискретизації ряд Котельникова дає точне часове подання складного сигналу.

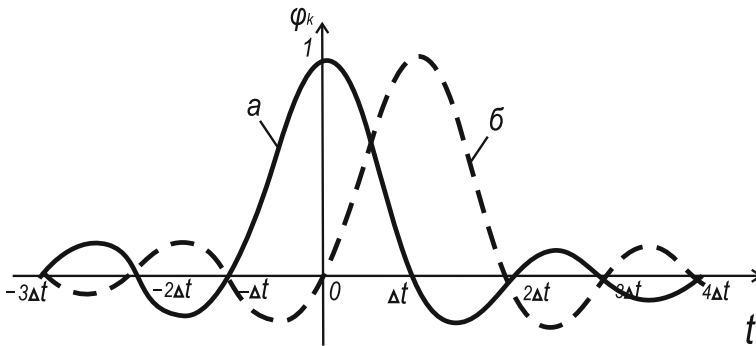


Рис. 2.8. Функції відліків: а – $\Psi(t)$; б – $\Psi(t - \Delta t)$

На **рис. 2.9** показано процес представлення безперервного сигналу відліками і відновлення цього сигналу підсумовуванням функцій відліків у ряді (2.23).

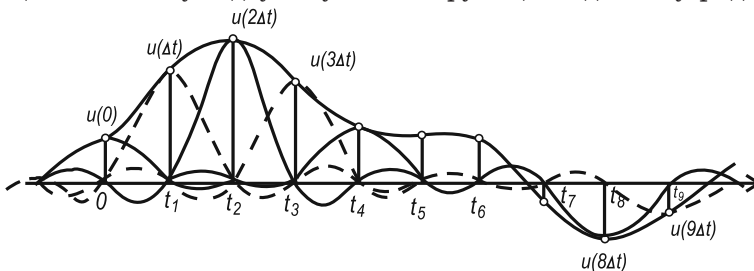


Рис. 2.9. Подання сигналу рядом Котельникова

Аналого-цифрове перетворення. Типовими прикладами ЦС передачі безперервних первинних сигналів є системи імпульсно-кодової модуляції (ІКМ), диференціальної імпульсно-кодової модуляції (ДІКМ) з їх модифікаціями, яких на цей час налічується кілька десятків. У системах цифрової передачі повідомлень методом ІКМ характеристики кодування-декодування мовних сигналів стандартизовані рекомендаціями Міжнародного Союзу Електрозв'язку (МСЕ) G.711 і G.712 (табл. 2.1): частота дискретизації 8 кГц, квантування на 256 рівнів, стиснення динамічного діапазону за законом «А» і швидкість цифрового потоку на виході кодера ІКМ 64 кбіт/с. Сигнали звукового мовлення вищого класу при кодуванні методом ІКМ вимагають швидкості до 700 кбіт/с на один монофонічний канал. Якщо дискретизація мовного сигналу виконується з частотою Найквіста, має місце велика кореляція між сусідніми відліками. Внаслідок цього дисперсія різниці між сусідніми відліками менше дисперсії самого сигналу. Незважаючи на скорочення надмірності, системи з ДІКМ на практиці використовуються рідко, оскільки вони схильні до перевантажень за крутістю. Частіше використовуються різні модифікації алгоритму адаптивної диференціальної ІКМ (АДІКМ), у яких здійснюється поточна оцінка рівня різниці мовного сигналу і відповідна адаптація параметрів квантування на передачі та відновлення сигналу на прийманні. Відомі також різні модифікації дельта-модуляції, коли в канал передається не величина різниці, а тільки її знак. Це використовується в диференціальних методах кодування.

Таблиця 2.1

Параметри методів кодування джерела

Алгоритм кодування	Швидкість (кбіт/с)	Відношення сигнал/шум (дБ)	Затримка кодування (мс)	Рекомендація МСЕ
ІКМ	64	34–40	–	G.711
АДІКМ	32	25	<5	G.726, G.727
A-CELP	16	25	<2	G.728

У разі диференціальної ІКМ (ДІКМ) у канал передається цифровий потік, що відображає результати квантування різниці між вхідним сигналом і його копією, відновленою на передавальній стороні за сигналом різниці. Аналогічна схема відновлення використовується і в декодері ДІКМ для формування оцінки відновленого сигналу. Відомі також різні модифікації дельта-модуляції, коли в канал передається не величина різниці, а тільки її знак. При адаптивній дельта-модуляції (АДМ) змінюється величина приросту сигналу, що передається знаком. Алгоритми сімейства CELP засновані на використанні пристрою завбачення, збуджуваного набором кодів. Кодеки CELP використовуються для перетворення мови в цифрову форму зі швидкостями (4...16) кбіт/с. Використання достатньо складних перетворень обумовлює помітну затримку сигналу, що може досягати десятків мілісекунд. Забезпечуючи хорошу якість і високу розбірливість, такі кодеки знаходять застосування, в першу чергу, в системах мобільного наземного і супутникового зв'язку. Зокрема, у системі GSM використовується удосконалена модифікація LPC мовного кодека зі швидкістю цифрового потоку 13 кбіт/с і затримкою до 20 мс. Реалізація ефективних алгоритмів перетворення здійснюється на спеціалізованих сигнальних процесорах. Перехід до цифрових методів обробки

сигналів дозволив широко застосувати статистичне кодування також при формуванні сигналів цифрового телевізійного мовлення (ЦТМ) та цифрового звукового мовлення. На рис. 2.6 неперервний канал зв'язку містить у собі лінію зв'язку, передавач і приймач сигналів. Залежно від типу лінії зв'язку (волоконно-оптичний кабель, простір між передавальною і приймальною антенами при використанні радіозв'язку та ін.) структура приймально-передавальних пристроїв змінюється. Швидкість передачі цифрової інформації й завадостійкість її приймання значною мірою залежать від вибору методів цифрової модуляції й способів завадостійкого кодування.

Відмінність прийнятого сигналу від переданого обумовлена дією завад і спотворень у каналі зв'язку. У модуляторі формуються сигнали-носії, форми яких повинні задовольняти вимогам до завадостійкості, смузі займаних частот, швидкості передачі та стійкості до спотворень у лінії зв'язку. Джерело й одержувач повідомлень оперують, як правило, із двійковими символами, тоді як часто в каналах використовують недвійкові (*багатопозиційні*) ансамблі сигналів. У цьому випадку узгодження алфавітів є також функцією модему, що містить як *модулятор*, так і *демодулятор*.

Теорія сигналів присвячена аналізу властивостей сигналів цифрової модуляції й вибору на цій основі оптимальних сигналів.

Завадостійке кодування є ефективним засобом підвищення вірності переданої інформації. Це обумовило широке використання кодів у цифрових телекомунікаційних системах. Можливість виявляти і виправляти помилки в прийнятій інформації з'являється за рахунок уведення *надмірності* при кодуванні на передачі.

Відповідно до теорії інформації, можливе як завгодно велике підвищення вірності передачі інформації, якщо швидкість надходження інформації від джерела не перевищує пропускної здатності каналу.

Досягається це застосуванням досить довгих коректуючих кодів. *Кодер і декодер каналу (кодек)* показані на рис. 2.6. У реальних умовах довжина коду обмежена допустимою складністю пристроїв кодування і, насамперед, декодування.

Тому основна задача теорії кодування полягає у розробці таких *завадостійких* кодів, що забезпечують при кінцевій довжині і допустимій надмірності коду необхідну вірність передачі.

Дискретні сигнали для ЦТКС

Згідно з **теорією потенційної завадостійкості** [2.2] мінімум імовірності помилки відтворення сигналу при прийманні суми сигналу й завади $X(t) = [S(t) + \Xi(t)]$ на виході приймача при рівноймовірних сигналах забезпечується *оптимальним приймачем*, який працює за таким алгоритмом [2.4]. При прийманні одного з двох сигналів $S_i(t)$ і $S_j(t)$ у разі дії завади приймач приймає рішення щодо посилення сигналу $S_i(t)$ за критерієм мінімуму квадрата відстані

$$\int_0^T [X(t) - S_i(t)]^2 dt < \int_0^T [X(t) - S_j(t)]^2 dt. \quad (2.24)$$

Для обчислення імовірності помилки при передачі сигналу $S_i(t)$ необхідно обчислити імовірність помилкової реєстрації на основі нерівності (2.24).

При великій кількості сигналів в ансамблі M при різних відстанях між парами сигналів, що різняться, обчислення імовірності помилки цим методом стають

громіздкими. Звичайно в таких випадках використовують *аддитивну верхню границю імовірності помилки*

$$P_0 \leq \frac{1}{2M} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1, j \neq i}^M [1 - \Phi(\alpha_{ij} \sqrt{\frac{2E_6}{N_0}})], \quad (2.25)$$

де $\Phi(x) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt$ – табульована функція Крампа,

$\alpha_{ij} = \frac{d_{ij}}{2\sqrt{E_6}}$ – нормований коефіцієнт завадостійкості, що становить відстань між

сигналами з типовою відстанню $2\sqrt{E_6}$ в бінарній системі з протилежними сигналами. Таким чином, відповідно до формули (2.25) завадостійкість визначається набором взаємних відстаней між сигналами в ансамблі $\{d_{ij}\}$ і відношенням енергії сигналу E_6 , затрачуваної на передачу біта інформації до спектральної щільності потужності шуму N_0 .

Ансамблі дискретних багатопозиційних сигналів. У монографії [2.4] сформульований алгоритм *оптимізації багатопозиційних ансамблів сигналів*.

1. При заданому обсязі ансамблю дискретних сигналів M вектори сигналів повинні перебувати в сигнальному просторі на можливо більшій взаємній відстані.

2. Такі завдання оптимізації розташувань (укладань, упакувань сфер однакового радіуса) вирішуються в багатомірній геометрії на основі теорії просторових крапкових решіток.

3. Якщо координати векторів сигналів ансамблю сполучати із центрами просторових крапкових решіток, то побудова ансамблю на основі фрагмента решітки забезпечить максимум числа сигнальних точок (числа сигналів в ансамблі M) і максимум питомої швидкості

$$\gamma_N = \frac{\log M}{N}. \quad (2.26)$$

Наведемо результати застосування теорії решіток для синтезу ансамблів двовимірних сигналів, широко використовуваних на практиці. Можливі наступні типи ансамблів багатопозиційних сигналів:

➤ *Ансамблі поверхнево-сферичного укладання (ПСУ)*, в яких сигнальні крапки розташовані на однакових відстанях від початку координат (тобто розташовані на поверхні багатовимірної сфери). Усі сигнали таких ансамблів мають однакові енергії (наприклад, сигнали кутових видів модуляції: ЧМ або ФМ). Практичне застосування таких ансамблів сигналів з рівними енергіями є переважним, оскільки алгоритм їх оптимального приймання не залежить від рівня сигналу.

➤ *Ансамблі об'ємно-сферичного укладання (ОСУ)*, в яких сигнальні крапки можуть розташовуватися як на поверхні сфери, так і всередині її (наприклад, сигнали з амплітудною модуляцією). Приклади застосування процедури оптимізації наведені на **рис. 2.10**.

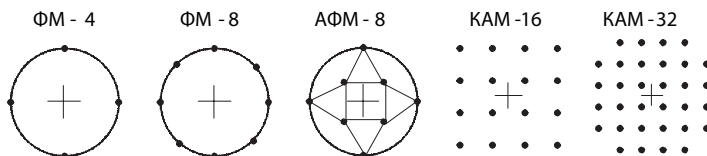


Рис. 2.10. Багатопозиційні ансамблі двовимірних сигналів

Ансамблі фазової модуляції ФМ-М із числом сигнальних крапок $M=4$ (ФМ-4) і $M=8$ (ФМ-8) є типовими представниками ансамблів поверхнево-сферичного укладання, коли сигнальні крапки розташовані на поверхні двовимірної сфери. Ансамбль амплітудно-фазової модуляції АФМ-8 містить сигнальні крапки, розташовані у вузлах «трикутної мережі». Ансамблі квадратурної амплітудної модуляції КАМ-16 і КАМ-32 містять крапки, розміщені у вузлах квадратної мережі, яка забезпечує високу щільність упакування сигнальних сфер. Незважаючи на те, що такі сигнали належать до сигналів ОСУ, техніка побудови оптимальних демодуляторів КАМ сигналів добре освоєна на практиці. Результати розрахунків величини відношення сигнал/шум E_b/N_0 , (дБ), необхідної для забезпечення ймовірності помилки приймання сигналів $P_0=10^{-5}$, для багатопозиційних ансамблів різним обсягом $M=(4...256)$ і, відповідно, з питомими швидкостями $\gamma_N=(2..8)$ наведені в *табл. 2.2*.

Таблиця 2.2

Характеристики ансамблів двовимірних сигналів

Ансамбль	ФМ-4	ФМ-8	АФМ-8	КАМ-16	КАМ-32	КАМ-64	КАМ-128	КАМ-256
Питома швидкість γ_N , біт/відлік	2	3	3	4	5	6	7	8
Відношення сигнал/шум E_b/N_0 , дБ ($P_0=10^{-5}$)	9,6	13,5	12,0	14,0	16,1	18,5	20,9	23,5

На *рис. 2.11* наведені результати розрахунків за формулою (2.25) залежностей ймовірності помилки оптимального приймання сигналів P_0 багатопозиційних ансамблів від відношення сигнал/шум E_b/N_0 для різних значень обсягу ансамбля $M=(4...16)$. Видно, що зі зростанням числа позицій завадостійкість погіршується.

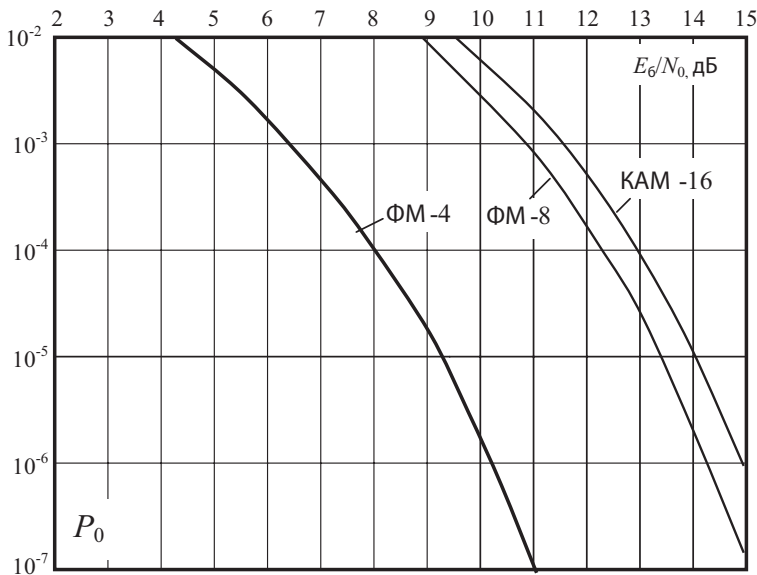


Рис. 2.11. Завадостійкість оптимального приймання багатопозиційних сигналів

Завадостійкі коди для ЦТКС

Однією з важливих переваг цифрового зв'язку порівняно з аналоговим є не тільки можливість виправлення випадкових помилок, що виникають у каналі, але й реалізація гнучкого обміну між енергетичними і частотними показниками системи передачі. Естотне поліпшення якості передачі може бути досягнуте за умови використання ефективних методів завадостійкого кодування. З цього приводу застосування завадостійкого кодування передбачено в більшості сучасних цифрових телекомунікаційних систем. Особливо перспективні *згорткові коди* (ЗК), що порівняно з *блоковими кодами* (БК) забезпечують більш високу завадостійкість.

Класифікація коригувальних кодів [2.4]. Відома велика кількість кодів, різних за структурою, принципами побудови та здатністю до коректування помилок. Структура класифікації кодів наведена на **рис. 2.12**. У разі *блокових кодів* кодування і декодування відбуваються в межах кодової комбінації (блоку). Найбільше поширення знаходять *згорткові коди*, в яких обробка йде безупинно, без поділу на блоки. Безупинний характер згорткового кодування в багатьох випадках адекватний безупинному надходженню інформації з виходу реального джерела. Важливо, що потенційні властивості щодо коректування помилок у згорткових кодах виявляються вищими, ніж у блокових кодів. Відмітні переваги коригувальних кодів (як блокових, так і згорткових) спонукали до пошуків нових підходів щодо реалізації шляхів підвищення завадостійкості й ефективності телекомунікаційних систем. На **рис. 2.12** зазначені відповідно *нові методи кодування* (просторово-часові коди та турбо-коди). В усіх цих нових методах використовуються переважно згорткові коди.

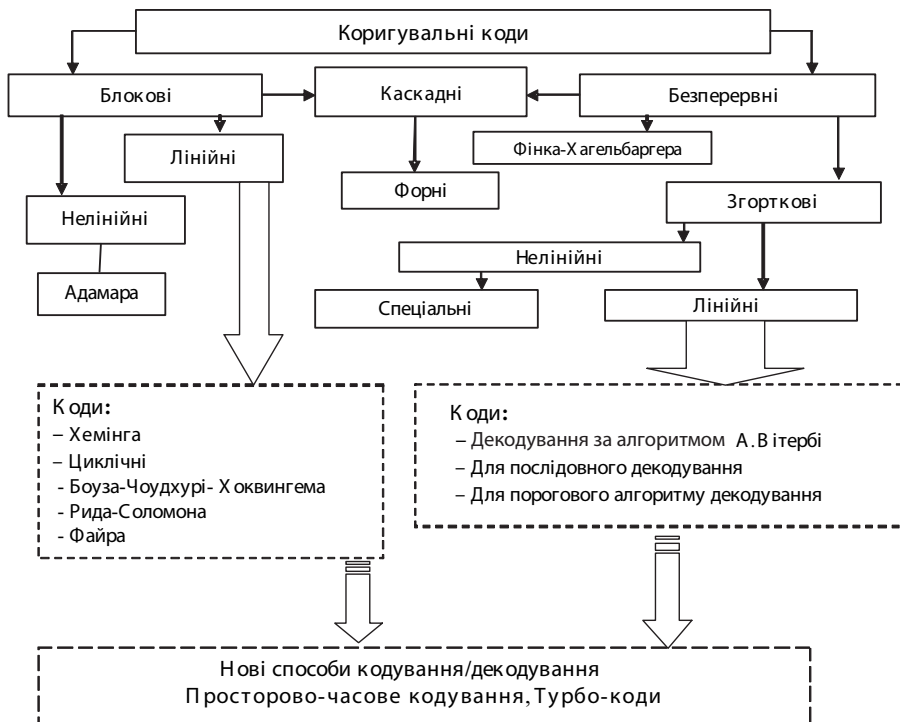


Рис. 2.12. Класифікація коригувальних кодів

Згорткові коди. Кодер згорткового коду містить один або декілька регістрів елементів затримки на такт, по яких просуваються кодовані інформаційні символи і перетворювач інформаційних послідовностей в кодові послідовності. Процес кодування проводиться безперервно. Швидкість коду $R=k/n$, де k – число інформаційних символів, що одночасно поступають на вхід кодера, n – кількість відповідних їм кодових символів на виходах кодера. Структура простого кодера двійкового ЗК показана на **рис. 2.13**. Інформаційні двійкові символи u поступають на вхід регістра з K елементів затримки. На виходах суматорів по модулю 2 утворюються кодові символи $v^{(1)}$ і $v^{(2)}$. Входи суматорів сполучені з певними входами елементів затримки. Комутатор K на виході кодера встановлює черговість послілки кодових символів у канал.

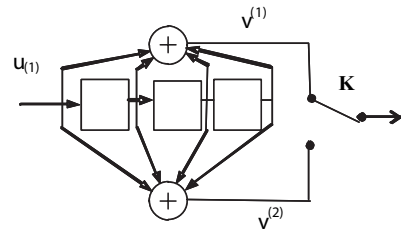


Рис. 2.13. Структура згорткового кодера

Інформаційні двійкові символи u поступають на вхід регістра з K елементів затримки. На виходах суматорів по модулю 2 утворюються кодові символи $v^{(1)}$ і $v^{(2)}$. Входи суматорів сполучені з певними входами елементів затримки. Комутатор K на виході кодера встановлює черговість послілки кодових символів у канал. Основні характеристики згорткових кодів: *швидкість коду* R і *кодова відстань* d_f . При подачі на вхід кодера k інформаційних символів у канал передається n символів ($n > k$), при цьому швидкість коду становить $R=k/n$ ($R < 1$). Таким чином, при кодуванні до кодових послідовностей додається *надмірність*, що і дозволяє виявляти і виправляти помилки під час декодування. Величина кодової відстані d_f є мірою відмінності найближчих кодових послідовностей і визначає тим самим потенційні можливості коректувати помилки. Ефективність згорткового коду значною мірою залежить від *довжини кодового обмеження* v , що визначається довжиною пам'яті регістра згорткового кодера. Оскільки складність реалізації алгоритмів декодування пропорційна величині 2^v , реально використовуються коди з невеликою довжиною $v = (4 \dots 8)$. У **табл. 2.3** надані зведення про кодові поліноми типових згорткових кодів. Наприклад, поліноми широко використовуваного коду зі швидкістю $R=1/2$ у восьмирічному представленні мають вигляд (133,171). у двійковому вигляді вони представлені як (1011011,1111001) і визначають зв'язки регістра кодера з його виходами.

Таблиця 2.3

Характеристики згорткових кодів

Швидкість коду R	Довжина кодового обмеження $v = 4$		Довжина кодового обмеження $v = 6$	
	Код	Θ , дБ	Код	Θ , дБ
1/3	25,33,37	6,02	133,145,175	6,99
1/2	31,33	5,44	133,171	6,99
2/3	31,33,31	5,23	133,171,133	6,02
3/4	25,37,37,37	4,78	135,163,163,163	6,73

Використання завадостійкого кодування дозволяє понизити вимоги до відношення сигнал/шум у каналі E_c/N_0 й одержати тим самим прямий *енергетичний вигравш*. На **рис. 2.14** показані залежності ймовірності помилки від відношення сигнал/шум для різних методів модуляції і кодування. Залежності для систем з кодуванням позначені швидкістю коду, а метод модуляції при цьому – ФМ-4. Зазвичай, зміну необхідного відношення сигнал/шум відраховують відносно залежності для некодової ФМ-4. За рахунок прямого виправлення помилок під час де-

кодування відношення сигнал/шум, необхідне для забезпечення заданого рівня імовірності помилки після декодування, зменшується на величину *виграшу кодування* Θ (дБ), що залежно від швидкості коду змінюється в межах (4...6) дБ.

Каскадні методи кодування. Подальше підвищення енергетичної ефективності можливе при використанні каскадних методів кодування, які передбачають два етапи кодування і, відповідно, декодування. Додатково до згорткового кодування з декодуванням за алгоритмом Вітербі, що відіграє роль *внутрішнього коду*, здійснюється також *зовнішнє* кодування блоковим недвійковим кодом Рида-Соломона.

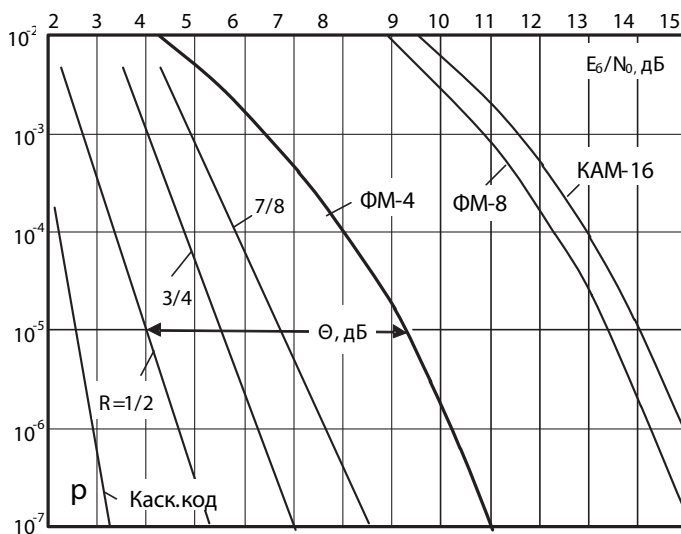


Рис. 2.14. Завадостійкість сигналів та кодів

Внутрішній код виправляє велику частину помилок каналу, а доведення рівня помилок до необхідного мінімального значення здійснюється зовнішнім декодером. Вислідна крива декодування показана також на рис. 2.14. Зовнішнє кодування додає до виграшу ще (1,5...2) дБ. Незважаючи на ускладнення обладнання, каскадні методи завадостійкого кодування все ширше використовуються в цифрових системах. Прикладом може бути система розподілу програм ЦТМ у цифровому вигляді з використанням супутникових ретрансляторів. Структура передавальної частини системи показана на рис. 2.15.

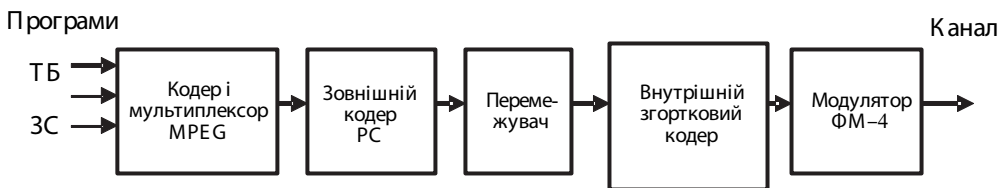


Рис. 2.15. Передавальна частина системи ЦТМ

У кодері і мультиплексорі відбуваються стиснення телевізійних і звукових мовних сигналів згідно з алгоритмом MPEG і формування єдиного цифрового потоку. Реалізація всіх перетворень сигналів у цифровому вигляді дозволяє змінювати параметри сигналів і кодів у широких межах залежно від вимог до якості переданих програм мовлення й умов передачі інформаційного сигналу по супутни-

ковому каналу. Внутрішній код – згортковий ($R = 1/2-7/8$, $\nu = 6$), зовнішній код Рида-Соломона (204,188). Для узгодження кодів використовується перемежувач, що створює умови для ефективного виправлення пакетів помилок зовнішнім декодером. Параметри кодування вибираються таким чином, щоб забезпечити імовірність помилки декодування $p < (2 \cdot 10^{-10} \dots 10^{-11})$.

Просторово-часове кодування. У каналах радіозв'язку діє комплекс завад та спотворень. Сильні завмирання сигналу в каналі ускладнюють оцінку переданих повідомлень і призводять до погіршення якості передачі інформації. Традиційним методом підвищення завадостійкості таких систем є *рознесення*. Серед різних методів рознесення на передачі перспективним є просторово-часове кодування (ПЧК) [2.7], реалізація якого припускає не тільки передачу інформаційних сигналів через кілька антен, але й відповідне їхнє кодування, що з урахуванням адекватної обробки їх у приймачі порівняно з некодованою передачею через одну антену повинно забезпечити *виграш*, як від рознесення, так і від кодування. Використовувані в багатьох сучасних системах передачі інформації методи завадостійкого кодування реалізують, власне кажучи, рознесення в часі. При традиційному завадостійкому кодуванні вводиться надмірність у часовій області. У системах із ПЧК вводиться надмірність й у просторовій області, утвореної декількома прийомними й передавальними антенами (рис. 2.16).

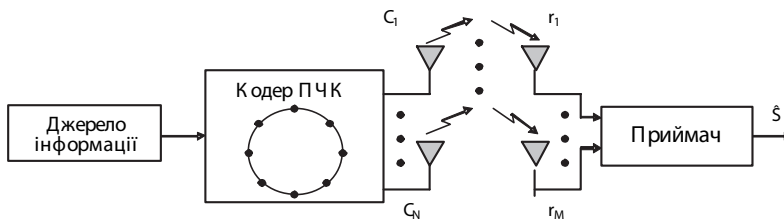


Рис. 2.16. Система з просторово-часовим кодуванням

Згідно з результатами моделювання ПЧК (рис. 2.17) у каналі із завмираннями при використанні двох антен на передавальній й однієї антени на прийомній стороні можна отримати значний енергетичний виграш θ_k тільки за рахунок завадостійкого кодування. Збільшення кількості передавальних антен (наприклад, до 2 антен) при одній приймальній антені дає додатковий виграш θ_p за рахунок рознесення на передачі.

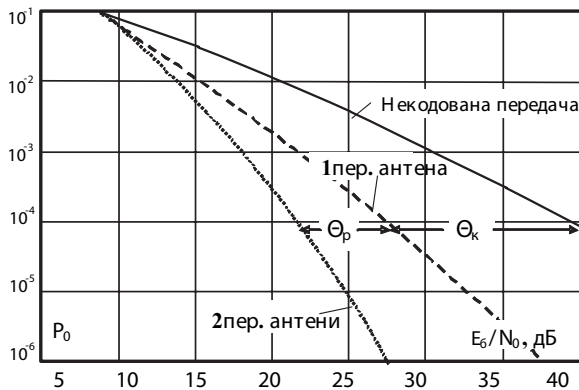


Рис. 2.17. Завадостійкість просторово-часового кодування у каналі з релєєвськими завмираннями та різним числом передавальних антен

Турбо-коди. В останні роки зусиллями вітчизняних і закордонних учених освоєно методи коригувального кодування, що забезпечують енергетичний вигравш (6...7) дБ у каналах з постійними параметрами й гаусовським шумом. Із теорії інформації відомо, що ефективні коди повинні бути досить довгими за структурою, подібною до структури випадкового шуму. При цьому із зростанням довжини коду складність алгоритму декодування, апаратна й програмна складність декодера катастрофічно зростатимуть. Тому практично важливим завданням фахівців з кодування залишається завдання пошуку й синтезу кодів з високою коригувальною здатністю і разом з тим із прийнятною складністю реалізації декодера. Перспективним тут виявляються розглянуті вище методи каскадного кодування. Подальшим кроком в удосконалюванні методів завадостійкого кодування була розробка й застосування нового класу так званих *паралельних каскадних кодів* (турбо-кодів). В 1993 р. групою французьких учених на чолі з К. Берроу (С. Berrou) [2.5] був запропонований новий клас паралельних каскадних кодів, звичайно називаних *турбо-кодами*, результати декодування яких спочатку викликали певну недовіру фахівців з кодування. Однак до теперішнього часу дослідники багатьох країн підтвердили і навіть дещо поліпшили ці результати [2.6]. На **рис. 2.18** наведене порівняння характеристик завадостійкості декодування згорткових кодів зі швидкістю $R=1/2$, довжинами кодового обмеження $v=6$, $v=10$ і турбо-коду з $R=1/2$ і довжиною інформаційного блоку $N=50000$ символів. При $p=10^{-5}$ турбо-код забезпечує додатковий ЕВК близько 2,5 дБ порівняно з довгим згортковим кодом (2671, 3645). При цьому складність декодування турбо-коду менше, ніж згорткового коду.

Турбо-код утворюється при *паралельному каскадуванні* двох або більш елементарних (*компонентних*) згорткових кодів, що розділені перемешувачем. У зв'язку з цим турбо-коди іноді називають *паралельними каскадними згортковими кодами*. Структурна схема кодера турбо-коду наведена на **рис. 2.19**. У процесі кодування інформаційна послідовність розбивається на блоки довжиною N символів. Після цього сформована послідовність надходить на систематичний вихід кодера, а також паралельно на z гілок, що полягають із послідовного з'єднання обладнання перемешування й компонентного кодера. Авторами турбо-кодів як компонентних запропоновано використання *рекурсивних систематичних згорткових кодів* (РСЗК). Доведено, що використання РСЗК за інших рівних умов гарантує турбо-коду найкращі характеристики. Наступною важливою ланкою турбо-кодерів є перемешувач. За рахунок наявності перемешувача процес формування кодових комбінацій турбо-коду досить близький до випадкового. Тому турбо-код з великим розміром блоку можна характеризувати як довгий випадковий код, а відповідно до теорем Шенона саме такі коди й потрібні для передачі інформації зі швидкостями, максимально близькими до пропускну здатності каналу зв'язку. Висока ефективність використання турбо-кодів багато в чому зобов'язана розробленим для них алгоритмам декодування.

У першу чергу зазначимо, що в основі декодування будь-яких коригувальних кодів лежить порівняння імовірнісних характеристик різних кодових слів, а стосовно до згорткових кодів – різних шляхів на ґратчастій діаграмі. При декодуванні турбо-кодів істотним є використання апіорної й апостеріорної інформації.

Однією з головних особливостей декодування турбо-кодів є використання принципу повторного або ітеративного декодування. При цьому експериментально було встановлено, що найкращі результати виходять у схемі зі зворотним зв'язком, коли інформація в «м'якому» вигляді з виходу останнього елементарного декодера надходить на вхід першого.

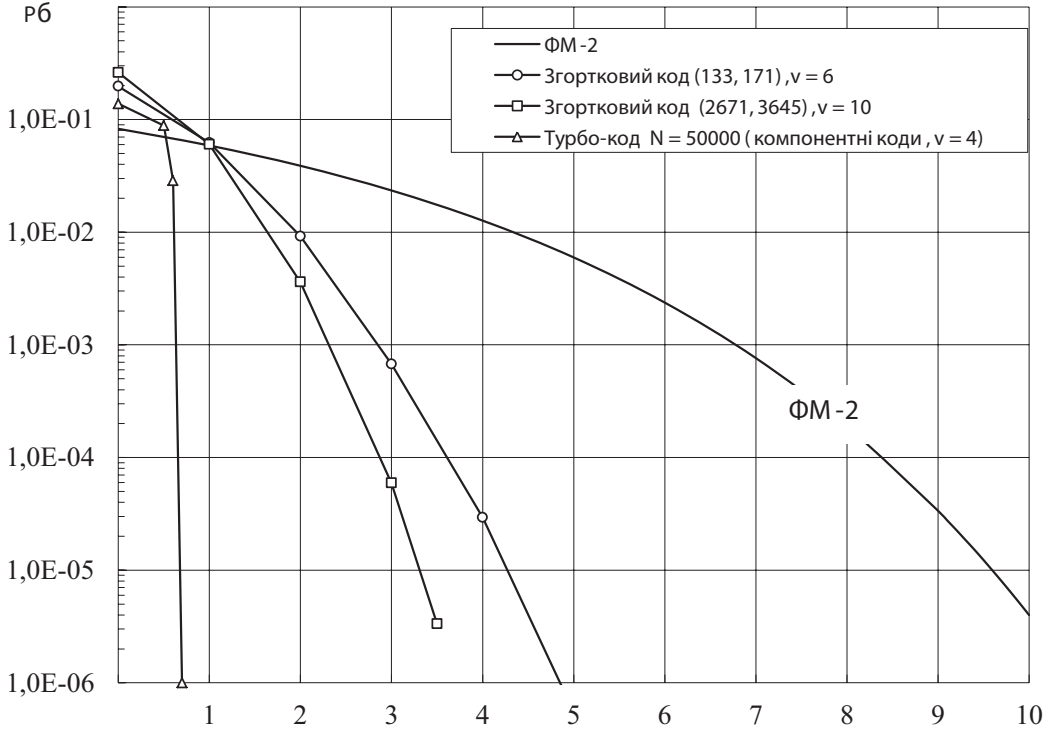


Рис. 2.18. Порівняння характеристик завадостійкості декодування згорткових кодів

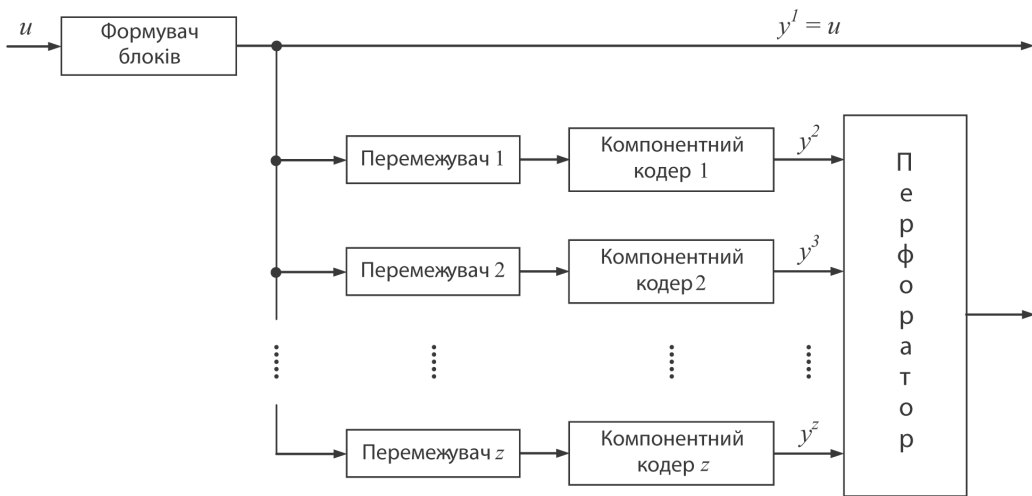


Рис. 2.19. Структурна схема кодера турбо-кода

Методи підвищення ефективності цифрових телекомунікаційних систем

Ефективність систем передачі дискретних повідомлень можна суттєво підвищити шляхом застосування багатопозиційних сигналів і коригувальних кодів, а також їх комбінацій. Вибір сигналів і кодів у цих випадках є визначальним для побудови вискоелективних модемів (погоджених між собою кодеків і модемів). Теоретичною основою процедури оптимізації є викладена в розділі (с. 71–73) теорія ефективності. Порівняння ефективності систем з багатопозиційними сигналами і коректувальними кодами зручно робити з використанням діаграми $\beta = f(\gamma)$, зображеної на рис. 2.5. При цьому ступінь досконалості методів модуляції та кодування можна оцінити, зіставляючи ефективність із граничними значеннями. Результати аналізу ефективності зображено на **рис. 2.20**. Порівняння різних методів модуляції й кодування зручно робити, якщо обрати за «точку відліку» ефективність телекомунікаційної системи з модуляцією ФМ-4 (без завадостійкого кодування). Із числа простих це найбільш ефективний і широко використовуваний метод модуляції/кодування з показниками: $\gamma = 2$, $\beta = -9,6$ дБ, $\eta \approx 0,47$. Зручно також і те, що точка, яка зображує на рис. 2.20 значення ефективності ФМ-4, розташована в центральній частині діаграми. Якщо початок координат перенести в точку, що відповідає ФМ-4, то в новій системі координат ($\Delta\beta$, $\Delta\gamma$) по вертикальній осі буде відлічуватися енергетичний вигравш $\Delta\beta$ порівняно з ФМ-4, а по горизонтальній осі – вигравш за питомою швидкістю $\Delta\gamma$.

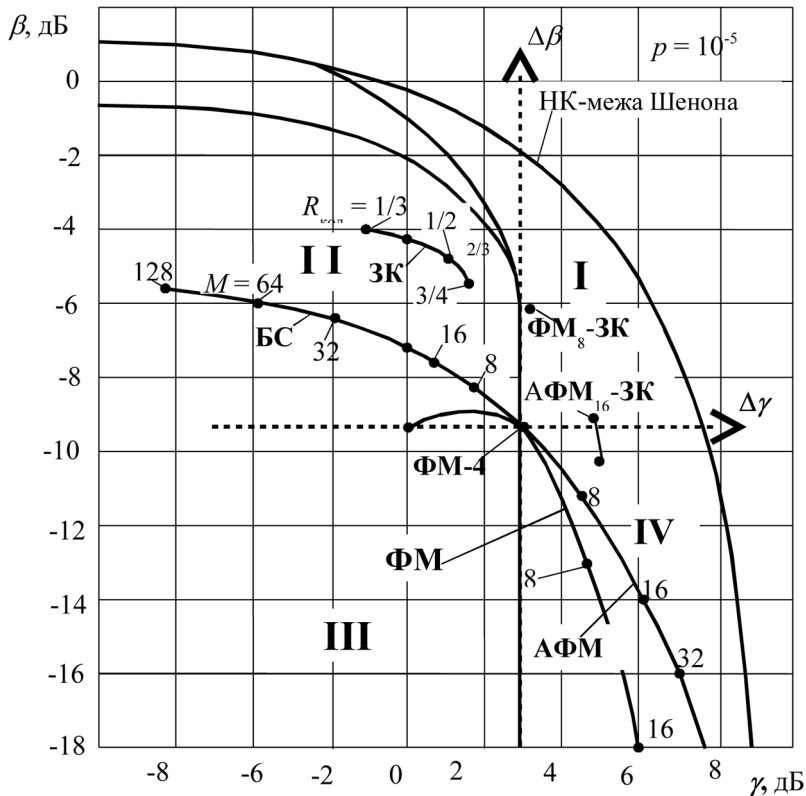


Рис. 2.20. Криві ефективності багатопозиційних сигналів і коригувальних кодів

При цьому всі можливі методи модуляції/кодування можна розділити на чотири групи, що відповідають чотирьом квадрантам на діаграмі $\beta = f(\gamma)$:

⇒ **Квадрант III**, у якому розміщені низькоєфективні методи, які мають щодо ФМ-4 програш по β і γ .

⇒ **Квадрант II**, що містить методи з високою енергетичною ефективністю, які забезпечують вигреш по β в обмін на програш по γ (системи з коригувальними кодами).

⇒ **Квадрант IV**, що містить методи модуляції, які забезпечують вигреш по γ в обмін на програш по β (системи з багатопозиційними ФМ і АФМ сигналами).

⇒ **Квадрант I**, що містить перспективні методи модуляції/кодування, які забезпечують одночасне підвищення як енергетичної, так і частотної ефективності.

Слід зазначити характерну рису результатів аналізу ефективності: співвідношення між енергетичною та частотною ефективністю має обмінний характер, тобто підвищення енергетичної ефективності можливе за рахунок зниження частотної ефективності та навпаки.

Фактично такий же обмінний характер мають і граничні криві (межа Шенона на рис. 2.20), а криві, що поєднують крапки для різних параметрів сигналів і кодів, розміщуються умовно паралельно граничним залежностям.

Це підтверджує загальну закономірність, яку слід урахувувати при оптимізації методів модуляції/кодування: *підвищення одного з показників ефективності можливе лише за рахунок зниження іншого показника.*

Розрізняють два класи багатопозиційних сигналів. Це так звані «щільні» сигнали, коли зі зростанням обсягу ансамблю M при фіксованій розмірності N відстань між сигналами зменшується, а питома швидкість γ зростає при відповідному зниженні енергетичної ефективності β . Як приклад таких сигналів у квадранті IV на рис. 2.20 наведено криві для багатопозиційних двовимірних сигналів ФМ і АФМ ($N=2$, цифрами близько крапок показана величина обсягу ансамблю M). Видно, що зі зростанням обсягу ансамблю сигналів M питома швидкість зростає, а енергетична ефективність падає. З цієї причини багатопозиційні сигнали ФМ і АФМ зазвичай рекомендуються для використання в системах з обмеженою смугою частот каналу зв'язку. Інша залежність має місце для методів передачі, що використовують завадостійке кодування (квадрант II, криві для згорткового кодування ЗК у каналах із сигналами ФМ-4 і швидкостями коду $R_{\text{код}}=1/3, 1/2$ і $3/4$). Застосування згорткового коду зі швидкістю $1/2$ дозволяє одержати енергетичний вигреш $\Delta\beta=(5\dots 6)$ дБ в обмін на зниження частотної ефективності в два рази. Досягнення мікроелектроніки в останні роки ініціювали спроби реалізувати потенційно можливу ефективність, незважаючи на зростання складності декодування. 1993 р. було запропоновано турбо-коди, характеристики яких були настільки уразливими, що першою реакцією деяких фахівців з кодування був абсолютний скептицизм. Фундаментальна ідея К. Шенона про використання довгих послідовностей для досягнення пропускну здатності каналу авторами турбо-кодів реалізовувалася за рахунок багаторазового декодування коротких кодів, але за умови мінімальних інформаційних втрат на кожному кроці. Такий алгоритм розглянуто в підрозділі 2.1.

Синхронізація в телекомунікаційних мережах

У цифрових телекомунікаційних системах практично всі потоки цифрових даних мають кадрову структуру [2.3, розд. 10.2]. Щоб вихідний потік даних мав значення для приймача, останній повинен синхронізуватися з кадровою (паковою) структурою потоку даних. Загальновізвано, що найпростішим методом, ви-

користовуваним для реалізації пакетної синхронізації, є введення *маркера*. Маркер пакета – коротка послідовність бітів, що періодично вводиться передавачем у потік даних (звичайно на початку пакета). Приймач знає цю послідовність і визначає її місце розташування в потоці даних, установлюючи тим самим початок пакета.

У цьому випадку *метод синхронізації* зводиться ось до чого:

а) на передачі на початку кожного блоку інформаційної послідовності розміщено спеціальний сигнал синхронізації (називаний в літературі як «унікальне слово»);

б) на приймальній стороні синхросигнал виділяється погодженим фільтром, забезпечуючи синхронізацію приймача в часі з передавачем. Це гарантує *малий час входження в синхронізм*, порівняний з довжиною унікального слова.

Реалізація такого методу синхронізації в часі вимагає розв'язання *таких завдань*:

1. Вибір виду синхросигналу, який повинен мати добрі автокореляційні властивості, що забезпечують високу ймовірність його виявлення на тлі завад.

2. Синхросигнал повинен мати малий рівень взаємної кореляції зі змістом блоку інформаційної послідовності, що й визначає так звану «унікальність» синхрослова та надійність синхронізації за реальних умов.

Послідовності Баркера – «коди Баркера» – мають добрі автокореляційні властивості й у силу цього часто застосовуються в системах часової синхронізації. 1953 року Р. Баркер [2.10] опублікував відомості про унікальні властивості послідовностей різнополярних символів (іменованих у публікаціях [2.3, 2.4] кодами Баркера). Коди Баркера мають унікальну форму автокореляційної функції, що є підставою для їх застосування в цифрових системах пакетної (блокової) синхронізації [2.3]. Аналіз показує, що завадостійкість системи синхронізації визначається не тільки унікальними автокореляційними властивостями кодів Баркера, але й зростає зі збільшенням повної енергії синхросигналів, тобто фактично зі збільшенням довжини послідовності Баркера. Тому для побудови завадостійких систем синхронізації необхідно використовувати *більш довгі послідовності (коди) Баркера*.

Нині відома обмежена кількість кодів Баркера досить короткої довжини $m < 13$. Докладні таблиці таких кодів є в монографії [2.3, табл. 10.1]. Там само на сторінці 663 повідомляються не цілком точні відомості про спроби Ліндера пошуку послідовностей довжиною до $m = 40$, що мають унікальні властивості кодів Баркера. У роботі [2.10] запропоновано конструктивний спосіб побудови *довгих синхрослів* з добрими автокореляційними властивостями, придатних для систем пакетної синхронізації.

Канонічні коди Баркера. Основні властивості відомих кодів Баркера, іменованих надалі *канонічними*, зводяться ось до чого [2.3, 2.4]. Розглянемо послідовність кінцевої довжини

$$C(i) = (c_1, c_2, c_3, \dots, c_i, \dots, c_m),$$

у якій значення символів c_i вибираються з алфавіту $\{+1, -1\}$, а m є довжиною послідовності.

Аперіодична функція автокореляції (АКФ) такої послідовності визначається так:

$$R(k) = \frac{1}{m} \sum_{i=0}^m c(i)c(i+k). \quad (2.27)$$

Аналіз показує, що АКФ канонічних кодів:

$$\begin{aligned} R(k) &= m \text{ при } k = 0; \\ R(k) &= 0 \text{ при } k > 1, \text{ якщо } (m - k) - \text{ парне}; \\ R(k) &= + - (1) \text{ при } k > 1, (m - k) - \text{ непарне}. \end{aligned} \quad (2.28)$$

У табл. 2.4 наведено фрагмент таблиці коротких кодів Баркера з книги [2.3]. Полярність символів відзначено знаками «+» і «-».

Наявність піка АКФ серед близьких до нуля значень бічних пелюсток і визначає «унікальність» сигналів Баркера.

Таблиця 2.4

Короткі коди Баркера

Довжина коду m	Позначення коду	Послідовність символів
1	C1	+
2	C2	- +
3	C3	+ + -
4	C4	+ + + -
5	C5	+ + + - +
7	C7	+ - + + - - -
13	C13	+ + + + - - + + + - +

Виділення синхронізуючих сигналів Баркера з потоку цифрових даних проводиться із застосуванням погоджених фільтрів (ПФ). Імпульсна реакція ПФ, погодженого із сигналом Баркера $c(t)$, є з точністю до постійного множника a дзеркальним відображенням форми сигналу

$$g(t) = aC(t_0 - t), \quad (2.29)$$

де t_0 – момент відліку виходу ПФ.

Максимум відгуку фільтра, погодженого із сигналом $c(t)$, є пропорційним до повної енергії цього сигналу E_c , а відношенням сигнал/шум, важливим для визначення ймовірності виявлення синхросигналу, буде

$$Q = (E_c / N_0). \quad (2.30)$$

Звідси ясно, що для підвищення завадостійкості виявлення синхросигналу його енергію i , відповідно, довжину m необхідно підвищувати.

Композитні коди Баркера дозволяють синтезувати довгі синхропослідовності з добрими автокореляційними властивостями. Для синтезу використовується пара коротких послідовностей Баркера (див. табл. 2.5). Виберемо спочатку довільну послідовність C - m довжини m , яку надалі будемо йменувати «елементарною», і потім виберемо довільну послідовність C - M довжини M , яку надалі будемо йменувати «утворювальною».

Композитним кодом є код Баркера, побудований за правилами формування утворювальної послідовності C - M , у якій елементами є «елементарні» послідовності C - m . Викладене ілюструємо прикладом, у якому як елементарна послідовність C - m – обрана послідовність Баркера C -7 з табл. 2.4. Процес формування такого композитного коду показано в табл. 2.5. У таблиці показана згортка C -2* C -7 знакових послідовностей C -2 і C -7, а також підсумкова послідовність композитного коду C -2/ C -7, у якій передбачено знаки (о...о) захисних проміжків, що унеможливають взаємне перекриття символів елементарних послідовностей.

Формування композитного коду C-2/C-7

Утворювальний, елементарний і підсумковий компонентний коди	Формування композитного коду	
C-2	-	+
C-7	+ - + + - - -	+ - + + - - -
C-2*C-7	- + - - + + +	+ - + + - - -
C-2/C-7	- + - - + + + 00000000 + - + + - - -	

Надалі за аналогією з цим прикладом композитні коди будуть позначатися, як дріб (C-M/C-m). Загальною довжиною коду є

$$M_k = Mm. \quad (2.31)$$

Відповідно АКФ композитних кодів рівна:

$$\begin{aligned} R(k) &= Mm \text{ при } k = 0; \\ R(k) &= 0 \text{ при } k > 1, \text{ якщо } (m - k) - \text{ парне}; \\ R(k) &= + - (m) \text{ при } k > 1, (m - k) - \text{ непарне}. \end{aligned} \quad (2.32)$$

У роботі [2.10] проведено теоретичне й експериментальне дослідження завадостійкості виявлення синхросигналів у вигляді композитних кодів Баркера. Зважено на помилки, обумовлені помилковими виявленнями синхросигналу в переданому інформаційному потоці, і помилки придушення синхросигналу шумом каналу. Результати подано в табл. 2.6.

Таблиця 2.6

Завадостійкість реєстрації синхросигналів на основі композитних кодів Баркера

Параметри коду	Тип коду Баркера				
	C2/C13	C3/C13	C4/C13	C5/C13	C7/C13
Довжина коду Mm					
Максимальний рівень викиду АКФ	26	39	42	65	91
Поріг реєстрації синхросигналу L	25	37	39	62	87
Відношення сигнал/шум у каналі E_b/N_0 (дБ)	Вірогідність помилки реєстрації синхросигналів P_o				
3.0	2.10^{-2}	3.10^{-5}	1.10^{-9}	1.10^{-9}	7.10^{-16}
5.0	7.10^{-3}	1.10^{-9}	1.10^{-21}	1.10^{-21}	5.10^{-35}

Таким чином, запропоновано конструктивний спосіб побудови синхросигналів з великою довжиною, що перевищує довжину відомих кодів Баркера. Із даних табл. 2.6 випливає, що при виборі довгих синхросигналів на базі композитних кодів C-5/C-13 і C-7/C-13 імовірність помилки реєстрації синхросигналу набагато менша, чим типове значення ймовірності помилки біта в цифрових каналах цифрових систем ($10^{-5} \dots 10^{-7}$). Відомі короткі канонічні коди Баркера такої завадостійкості не забезпечують.

2.2. Теорія розподілу інформації

Виникнення телефонного зв'язку спонукало розробку спеціальних математичних методів оцінки якості функціонування телефонних систем, унаслідок чого науковими роботами датського вченого Агнера Краарупа Ерланга на початку ХХ сторіччя закладено основи теорії телетрафіка. Шведський вчений К. Пальм узагальнив дослідження А.К. Ерланга і у своїй дисертації навів результати з вивчення змінюваності телефонного навантаження. Подальший розвиток цієї роботи дозволив російському математику А.Я. Хінчину започаткувати новий науковий напрям прикладної математики, що, окрім телекомунікацій, охоплює ще й процеси в системах виробництва, обслуговування, керування тощо. Цей напрям названо теорією масового обслуговування (ТМО). Ця теорія, що «виросла» з теорії телетрафіка, розглядає більш широке коло питань кількісної оцінки процесів масового обслуговування. Отже, теорія телетрафіка є окремим розділом ТМО і тепер вона відома під назвою теорія розподілу інформації (ТРІ).

Головний зміст ТРІ – дослідження пропускну здатності телекомунікаційних систем. Крім того, методами цієї теорії розробляються нові науково обґрунтовані методи оцінки характеристик якості обслуговування. ТРІ забезпечує оцінку всіх параметрів телекомунікаційних систем (ТКС), причому насамперед враховується стохастичний (випадковий) характер потоків вимог.

Оцінка прогнозованої пропускну здатності та якості обслуговування є найважливішим етапом проектування ТКС і мереж. Тут аналітичні розрахунки базуються на математичному описі реакції системи на зовнішні впливи. Під реакцією системи розуміється її стан (кількість зайнятих серверів або місць очікування, час затримки та ін.), а під зовнішніми впливами – потоки вимог, збої, відмови із-за ненадійності тощо. Зовнішнім фактором впливу в мультисервісних мережах зв'язку є різноманітність інформації, що передається в рамках єдиної мережі – дані, мова, відео. Потоки цієї інформації істотно відрізняються між собою за пріоритетами, механізмами обслуговування, особливостями протоколів тощо і тому опис реакції системи на сукупність усіх зовнішніх впливів є надзвичайно складною задачею, яка у загальному вигляді навряд чи розв'язувана. По-перше, число зовнішніх впливів може бути дуже великим, по-друге, кожен вплив не завжди однозначно описується простими формулами, що дозволяють отримати кінцевий результат із зрозумілим фізичним змістом, по-третє, опис зовнішніх впливів не завжди адекватний реальним процесам, які відбуваються в системі.

Методи аналізу та синтезу систем розподілу інформації

Зростаюча складність телекомунікаційних систем (ТКС) та мереж вимагає вирішення проблеми розробки адекватних методів розрахунку цих систем з метою отримання достовірних оцінок їх характеристик, реалізації завдань оптимізації щодо вибраного критерію якості обслуговування та розробки відповідних алгоритмів керування ними.

Математичні моделі телекомунікаційних систем та мереж, як правило, будуються на основі теорії *систем масового обслуговування* (СМО). У загальному випадку СМО обслуговують вимоги, що надходять до системи через випадкові інтервали часу, причому тривалість обслуговування також може бути випадковою. Методами теорії СМО досліджується вплив випадкових факторів на процеси функціонування системи.

Одним із класів СМО є *системи розподілу інформації (СРІ)*, які характеризуються наявністю розподільної мережі подібно до транспортних систем або систем енергопостачання. При передаванні інформації розподільною мережею є телекомунікаційна мережа, яка складається з каналів передачі інформації та вузлів комутації. Каналами зв'язку передається інформація, яка безпосередньо є предметом передачі й розподілу, і допоміжна, яка необхідна в процесі керування роботою всієї системи. Вузли комутації забезпечують з'єднання каналів передавання інформації і в них за певними алгоритмами обслуговуються повідомлення телекомунікаційних служб мережі. При цьому обслуговування повідомлення ототожнюється з вимогою на його передачу або обробку і прикладами таких вимог можуть бути виклики телефонної станції або пакети пакетного комутатора. Як СРІ може розглядатися не тільки мережа зв'язку в цілому, а й пучок каналів або ліній, окремий комутатор або комутаційний вузол.

Кількісна сторона процесів обслуговування потоків вимог (трафіка) в СРІ досліджується теорією розподілу інформації ТРІ (інакше – теорією телетрафіка).

Предметом ТРІ є встановлення залежностей між характером потоку вимог, кількістю каналів обслуговування, продуктивністю одного каналу та ефективним обслуговуванням для визначення найкращих шляхів керування цими процесами.

Завдання ТРІ полягає у встановленні залежності результативних показників роботи СРІ (наприклад, середньої кількості вимог, що обслуговуються; середньої кількості вимог, що очікують обслуговування в черзі, тощо) від вхідних показників (кількості каналів та комутаторів у системі, параметрів вхідного потоку вимог тощо). Результативними показниками, або досліджуваними характеристиками СРІ, є показники ефективності, що описують, чи здатна ця система впоратися із заданим потоком вимог.

Методами ТРІ можна розв'язувати завдання оптимізації, які спрямовані на визначення такого варіанта системи, за якого буде забезпечено мінімум сумарних витрат від очікування обслуговування, втрат часу і ресурсів на обслуговування та простоїв каналів обслуговування при заданій якості обслуговування.

ТРІ являє собою набір імовірнісних методів аналізу, синтезу та оптимізації СРІ і вирішення проблем проектування нових та експлуатації діючих мереж зв'язку.

Завдання аналізу – це встановлення залежностей і значень величин, які характеризують якість обслуговування, від характеристик і параметрів вхідного потоку вимог, схеми і дисципліни обслуговування. Завдання аналізу виникає в тих випадках, коли телекомунікаційна мережа або система вже побудована і функціонує. Цілями аналізу є отримання реальних характеристик СРІ, порівняння їх із проектними характеристиками, надання об'єктивних оцінок якості роботи системи. Аналіз дозволяє визначити причини зниження якості обслуговування і видати рекомендації щодо усунення цих причин. Іноді аналіз робиться після внесення змін у систему або після підключення нових джерел навантаження (реконструкції). Розробка методів оцінки якості функціонування телекомунікаційних мереж та систем є основною метою теорії розподілу інформації.

Завдання синтезу – це визначення структурних параметрів мережі або, наприклад, схеми комутаційного вузла цієї мережі при заданих потоках, дисципліні та якості обслуговування. Задача синтезу певною мірою є зворотною до задачі аналізу. Синтез (проектування) телекомунікаційних мереж може складатися з кількох етапів. З позицій системної методології основними етапами вирішення задачі синтезу мереж та систем зв'язку є аналіз проблеми, визначення системи,

визначення цілей, критеріїв, ресурсів, визначення альтернативних варіантів, оцінка, порівняння і вибір варіантів; реалізація рішення. Задачі проектування та планування телекомунікаційних мереж виникають з необхідності завчасного вибору технічних засобів, що забезпечують задоволення потреб у передаванні інформаційних повідомлень. Метою проектування є оптимальна структура мережі на тривалу перспективу з урахуванням поточного стану розвитку телекомунікаційної техніки і технологій.

Завдання оптимізації є близькими до завдань аналізу і синтезу. Як правило, при проектуванні телекомунікаційних мереж та систем вони формулюються в такий спосіб: визначити структурні параметри або алгоритми функціонування мережі (системи), для яких:

- при заданих потоках, якості та дисципліні обслуговування вартість або обсяг мережі (системи) мінімальні;
- при заданих потоках, дисципліні обслуговування та вартості мережі (системи) її якісні показники функціонування оптимальні.

При експлуатації телекомунікаційних мереж та систем завдання оптимізації формулюється як завдання керування потоками вимог або структурою мережі для досягнення найкращих показників якості функціонування. Як правило, завдання оптимізації телекомунікаційних мереж та систем є складними.

Аналіз, синтез і оптимізація СРІ здійснюються із застосуванням теорії ймовірностей, математичної статистики, комбінаторних і алгебраїчних методів, теорії множин, теорії графів, принципів системного підходу та ін.

Основними методами розв'язання завдань у теорії розподілу інформації є аналітичний і числовий методи та метод статистичного (імітаційного) моделювання.

Аналітичні методи дозволяють розв'язувати завдання теорії розподілу інформації в тих випадках, коли структура системи, характеристики потоку і дисципліна обслуговування порівняно прості. При цьому розглядаються всі можливі стани системи, обумовлені, наприклад, положенням кожної точки комутації або кількістю зайнятих каналів. Такі стани називаються мікростанами системи. Щораз, коли надходить нова вимога, закінчується яка-небудь фаза роботи керуючого пристрою зі встановлення з'єднання або закінчується з'єднання, система змінює свій мікростан. Для кожного мікростану записується рівняння статистичної рівноваги. Розв'язуючи систему таких рівнянь, знаходять точне вирішення задачі в межах прийнятої моделі.

Числові методи використовують спеціальні алгоритми, що дозволяють знаходити наближені рішення ітераційними або іншими методами. Вони застосовуються для складних систем, де кількість мікростанів настільки велика, що розв'язати систему рівнянь статистичної рівноваги неможливо навіть за допомогою швидкодіючих ЕОМ. Тому застосовується так званий макропідхід. У складній системі з дуже великою кількістю мікростанів є та або інша ознака, за якою мікростани поєднуються в класи-макростани. Шляхом усереднення визначаються інтенсивності переходів з одних макростанів в інші. Для кожного макростану записується рівняння статистичної рівноваги. У результаті розв'язання системи таких рівнянь виводяться наближені формули для ймовірностей макростанів.

Методи статистичного (імітаційного) моделювання є найбільш універсальними методами, які придатні для розв'язання задач практично будь-якої складності. Метод полягає в побудові математичної моделі системи, реалізація якої здійснюється у вигляді програми для ЕОМ. Моделювання дозволяє одержати чис-

лові результати, що характеризують якість обслуговування при заданих параметрах потоку, структурі системи та дисципліни обслуговування.

Для детальнього аналізу досліджуваних СРІ можливе поєднання аналітичних і числових методів з методом статистичного моделювання. Наприклад, якщо за малих (обмежених) значень параметрів системи вдається отримати рішення точними аналітичними методами і проаналізувати граничні випадки при асимптотичній поведінці характеристик досліджуваної системи, то потім отримані відомості доповнюються результатами статистичного моделювання в області реальних значень параметрів системи.

Модернізація інформаційних і телекомунікаційних мереж немислима без достовірної оцінки реальної якості обслуговування (*QoS – Quality of Service*) трафіка в цих мережах. При цьому неможливо обійтися без точних математичних методів аналізу та синтезу СРІ за умов реальних потоків. Природа формування потоків і їх обслуговування залежить від конкретного виду системи, мережі та інших факторів. Деякі із задач аналізу і синтезу СРІ можна сформулювати та розв'язати за допомогою теорії масового обслуговування методами сучасної математики. Однак чимало задач не вдається розв'язати аналітично за допомогою відомих, що стали вже класичними, методів теорій масового обслуговування та розподілу інформації. У *табл. 2.7* дано найвідоміші з цих методів. Сфера застосування цих методів визначається кількістю неекспонентно розподілених величин, що характеризують поведінку елементів досліджуваної системи. Якщо всі функції розподілу експонентного або ерлангового виду, то систему можна описати за допомогою однорідних безперервних *марковських* ланцюгів або навіть за допомогою однорідних процесів народження та загибелі. У цьому випадку застосування методів 1–5 наведеного списку буде коректним і дозволить успішно розв'язати поставлені задачі аналізу системи розподілу інформації або розрахунку параметрів *QoS* [2.11].

Таблиця 2.7

Методи теорії масового обслуговування

Метод	Сфера застосування			Витрати для складання формул і програм
	Кількість станів системи	Кількість не експонентно розподілених величин	Тип системи	
Диференціальних та інтегральних рівнянь	мала	мала	із втратами, з чергою	порівняно великі
Метод додаткових змінних	мала	мала	будь-яка	порівняно великі
Метод додаткових подій	мала, будь-яка	1	будь-яка	порівняно малі
Метод фаз Ерланга	мала	ті, що апроксимуються розподілом Ерланга	будь-яка	більші, чим в δt -методі
Ланцюги Маркова (δt -метод)	мала	0	будь-яка	порівняно малі
Вкладенні ланцюги Маркова	мала, будь-яка	1	будь-яка	порівняно великі
Кусочно-лінійні марковські процеси	мала, будь-яка	мала	будь-яка	порівняно малі
Напівмарковські процеси	будь-яка	1	будь-яка	порівняно малі
Наближені методи	будь-яка	будь-яка	будь-яка	порівняно малі
Моделювання	будь-яка	будь-яка	будь-яка	порівняно малі

У системах, де не всі розподіли експонентні, шукають такі аналітичні прийоми, які приводять досліджувані процеси до *марковських*, або шукають такі моменти часу, в яких процес стає *марковським*. Далі простими методами дискретних *марковських* ланцюгів обчислюються шукані величини або ймовірності, що характеризують стан системи, після чого вони перетворюються на відповідні величини вихідного процесу. Для розв'язання задач такого типу застосовуються методи 6–8 з наведеного списку. Однак реальні результати із застосуванням цих методів отримані для невеликого класу систем (наприклад, формула Поллачека-Хінчина для системи типу $M/G/1$) або отримано тільки часткові та неточні результати (для систем типу $M/G/m, GI/G/1$ та ін.).

Незадоволеність результативністю існуючих методів 1–8 змушує дослідників звертатися до наближених методів або до статистичного моделювання 9–10. «Нерезультативність» існуючих методів пояснюється тим, що експонентно розподілені випадкові процеси властиві тільки «ідеалізованій» математичній моделі (наприклад, пуассонівській). Реальні ж потоки трафіка, що циркулюють у телекомунікаційних мережах, істотно відрізняються від моделі пуассонівського потоку, для якого інтервал часу між заявками на обслуговування має бути експонентним.

Математичні моделі систем розподілу інформації

Теорія розподілу інформації оперує не із самими системами розподілу інформації, а з їх математичними моделями. Для повного опису СРІ вказуються імовірнісні процеси, що описують вхідний потік вимог, структуру системи та дисципліну обслуговування. Математична модель СРІ містить такі основні елементи:

1. *Вхідний потік вимог на обслуговування (трафік)* – класифікується за ознаками стаціонарності, ординарності та післядії. Основними характеристиками потоку вимог є його параметр та інтенсивність. Параметр потоку визначає щільність імовірності виникнення визивного моменту, а інтенсивність – математичне сподівання кількості викликів в одиницю часу.

2. *Структура системи розподілу інформації* – дає відомості про кількість обслуговуючих пристроїв або серверів (пристроїв, що надають послуги), їх взаємне з'єднання (схему) та доступність для вхідних вимог.

3. *Дисципліна обслуговування потоку вимог* – характеризує взаємодію потоку вимог із системою розподілу інформації. У теорії розподілу інформації дисципліна обслуговування описується:

- способом обслуговування вимог (з втратами або з чергами);
- порядком обслуговування вимог;
- режимами пошуку виходів схеми (наприклад, довільний або груповий);
- законами розподілу тривалості обслуговування;
- наявністю переваг (пріоритетів) в обслуговуванні деяких вимог;
- наявністю обмежень при обслуговуванні (наприклад, за тривалістю очікування або обслуговування, кількості вимог, що очікують);
- законами розподілу ймовірностей виходу з ладу елементів схеми.

У загальному випадку вхідний потік вимог на обслуговування описується функцією розподілу ймовірностей інтервалів часу між сусідніми вимогами $A(z)$:

$$A(z) = P(\leq z), \quad (2.33)$$

де $P(\leq z)$ – імовірність того, що час між послідовними вимогами $\leq z$.

Якщо інтервали часу між послідовними вимогами є незалежними та однаково розподіленими випадковими величинами, то вхідний потік вимог утворює стаціонарний процес відновлення. Це є ознакою незмінності в часі імовірнісних характеристик випадкових процесів, що здебільшого добре віддзеркалює реальні процеси в СМО за малі проміжки часу. Таким чином, функція розподілу інтервалів $A(z)$ є достатньою для опису потоку вимог.

Час, протягом якого вимога перебуває в сервері, описується функцією розподілу ймовірностей тривалості обслуговування $V(x)$:

$$V(x) = P(\leq x), \quad (2.34)$$

де $P(\leq x)$ – імовірність того, що час обслуговування $\leq x$.

Для опису інтервалу часу між послідовними вимогами або тривалості обслуговування застосовуються різні закони. Найбільше з них використовуються розподіли, що подано далі та позначено певними літерами:

- M – експонентний (M – марковська модель);
- H – гіперекспонентний (*Hyper-exponential*);
- D – детермінований (*Determined*);
- U – рівномірний (*Uniform*);
- E – розподіл Ерланга;
- G – довільний, або узагальнений (*General*).

Дисципліна обслуговування потоку вимог визначає правила обслуговування та долю вимог при їх надходженні до системи на обслуговування. Розрізняють такі типи СМО, які визначаються способом обслуговування вимог:

1. *Системи з втратами* – вимоги, які при надходженні до системи не знаходять в ній жодного вільного сервера, отримують відмову в обслуговуванні та втрачаються.

2. *Системи з чергами* – вимоги, які не можуть бути обслужені відразу через зайнятість всіх серверів системи, стають у чергу, і за допомогою деякої дисципліни обслуговування черги визначається, у якому порядку вимоги, що очікують, вибираються із черги для обслуговування. Найпоширенішими дисциплінами обслуговування черги є:

⇒ FF (FIFO – *first in first out*) – вимоги з черги обслуговуються в порядку їх надходження (упорядкована черга);

⇒ LF (LIFO – *last in first out*) – щоразу перевагу для обслуговування має вимога, що надійшла до черги останньою;

⇒ SR (SIRO – *service in random order*) – наступна вимога для обслуговування із черги вибирається випадково (випадкова черга).

3. *Комбіновані системи з чергами та втратами* (системи з чергою при обмеженнях). Наприклад, очікувати може тільки кінцева кількість вимог, обумовлена кількістю місць очікування, меншою за нескінченність. Можливо й так: вимога втрачається тоді, коли час очікування в черзі або перебування в системі перевищує задані межі.

4. *Пріоритетні системи* – для вимог передбачено різні пріоритети в обслуговуванні. Якщо вимога, що надійшла, має високий пріоритет, а всі сервери зайняті, то вона або посідає одне з перших місць у черзі, або тимчасово припиняє обслуговування вимоги низького пріоритету і посідає її місце в сервері. При цьому можуть бути застосовані такі пріоритетні правила:

❖ абсолютний пріоритет з перериванням (*pre-emptive discipline*) – вимога високого пріоритету перериває обслуговування вимоги низького пріоритету. Може бути: абсолютний пріоритет із втратами (*pre-emptive loss discipline*), абсолютний пріоритет з дообслуговуванням (*pre-emptive resume discipline*) і абсолютний пріоритет з обслуговуванням заново (*pre-emptive repeat different discipline*);

❖ відносний пріоритет (*head of the line priority discipline*) – вимога високого пріоритету посідає перше місце в черзі і переривань немає.

Змішані пріоритети зумовлюють вибір абсолютного або відносного пріоритетного правила залежно від уже реалізованої частини тривалості обслуговування, а динамічні – залежно від типу поточних вимог і співвідношення кількості вимог різних пріоритетів, що є у серверах та в черзі.

Основні характеристики, що представляють структуру СРІ, такі:

⇒ кількість обслуговуючих пристроїв (серверів, ліній, каналів, портів);
⇒ кількість місць очікування або максимальна довжина черги (ємність пам'яті, у якій накопичуються вимоги, що очікують);

⇒ доступність – спосіб включення серверів, за якого кожній вимозі доступні всі або не всі (хоча всім вимогам у сукупності доступні всі) сервери. Схема може бути повнодоступною або неповнодоступною;

⇒ взаємне з'єднання (схема) – спосіб включення серверів, за якого кожна вимога обслуговується одним сервером або декількома, але поетапно. Схема може бути однокаскадною або багатокаскадною (ланцюговою).

Структурні характеристики системи частково зумовлюють дисципліну обслуговування потоку вимог. Наприклад, за кількості місць очікування $r = 0$ буде система з втратами, при $0 < r < \infty$ – комбінована система з чергою та з втратами, а при $r = \infty$ – чиста система з чергою.

Для стислого запису досліджуваної системи Д. Кендаллом запропоновано спеціальне умовне позначення базової моделі, в якому зі всіх наведених параметрів математичної моделі СРІ представлено чотири елементи: $A/B/m/r$.

Елемент A характеризує потік вимог і певною літерою з наведених вище видів розподілів позначається функція розподілу ймовірностей інтервалів часу між сусідніми вимогами.

Елемент B визначає випадкові послідовності тривалості обслуговування на окремих серверах системи і аналогічно може використовувати такі самі розподіли.

Елементи m та r характеризують відповідно кількість обслуговуючих пристроїв і місць очікування в системі.

Умовне позначення базової моделі, крім цих основних позначень, може містити ще й додаткові символи, які вказуються після знаків «:» і можуть уточнювати особливості системи.

Отже, базова математична модель СМО позначається послідовністю символів: перший – вказує функцію розподілу інтервалів часу між вимогами, другий – функцію розподілу тривалості обслуговування, третій і наступний (необов'язковий) символи – схему і дисципліну обслуговування.

Математичні моделі трафіка телекомунікаційних мереж

У теорії розподілу інформації одним з основних понять є випадкова послідовність вимог, що надходять до системи і які необхідно обслужити. Сукупність (послідовність) подій надходження до системи в моменти $t_1 \dots t_n$ вимог на обслуговування утворюють *потік вимог* (рис. 2.21).

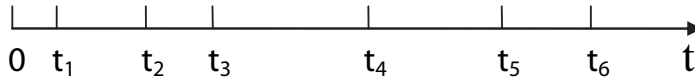


Рис. 2.21. Потік вимог на обслуговування

Потоки вимог визначаються моментами надходжень t_x і кількістю вимог k_n , що надійшли у момент t_n . При цьому k_n і t_n в загальному випадку випадкові. У *рекурентного потоку вимог* $k_n = 1$ для всіх $n = 1, 2, \dots$, а інтервали часу між подіями надходження вимог $z_n = t_n - t_{n-1}$ є стохастично незалежними позитивними й однаково розподіленими випадковими величинами.

За незмінного інтервалу часу між вимогами z_n потік є *детермінованим*, однак у телекомунікаціях в основному потоки є *випадковими*.

Випадковий потік вимог може бути описаним у два способи.

1. Опис випадкового потоку вимог функцією розподілу ймовірностей інтервалів часу між сусідніми вимогами $F(t)$:

$$F(t) = P(z_n \leq t),$$

де $P(z_n \leq t)$ – імовірність того, що час між послідовними вимогами $z_n \leq t$.

Основна характеристика потоку – це середнє значення інтервалів часу z , що для випадкової величини є математичним сподіванням \bar{z} . Параметр, зворотний до математичного сподівання \bar{z} , визначається як *інтенсивність потоку* надходження вимог λ за одну одиницю часу, якими вимірюється \bar{z} :

$$\lambda = \frac{1}{\bar{z}}.$$

Наприклад, при $\bar{z} = 0,1$ с інтенсивність потоку $\lambda = 10$ вимог на секунду, а при $\bar{z} = 100$ мс – інтенсивність потоку $\lambda = 0,01$ вимоги на мілісекунду.

Найпоширенішою математичною моделлю потоку вимог у телефонних мережах зв'язку є модель експонентного розподілу інтервалів часу між вимогами (випликами АТС) з параметром λ :

$$P(z_n \leq t) = 1 - e^{-\lambda t}.$$

Густина (щільність) цього розподілу дозволяє розрахувати імовірність будь-якої тривалості $z_x = t$ випадкової величини z (інтервалів між вимогами) за заданої інтенсивності надходження вимог λ :

$$p(t) = \lambda e^{-\lambda t}. \quad (2.35)$$

Середнє значення випадкової величини t , розподіленої за експонентним законом (2.35), дорівнює λ^{-1} і тому з (2.35) випливає, що параметр цього розподілу λ – це теж середня кількість вимог за одиницю часу, в яких вимірюється \bar{z} . Потік, де всі інтервали z_n мають однаковий експонентний розподіл з параметром λ , є дуже важливим прикладом рекурентного потоку.

2. Опис випадкового потоку вимог функцією $P_i(t)$ – розподілом імовірностей кількості вимог i за умовну одиницю часу t . Наприклад, якщо діаграму процесу надходження вимог, що зображено на рис. 2.21, умовно поділити на однакові проміжки часу тривалістю t , що істотно перевищує середнє значення інтервалів \bar{z} , то на кожний з таких умовних інтервалів припаде випадкова кількість вимог i . Функція розподілу випадкової величини i й буде описувати потік вимог, що надходять до системи на обслуговування.

Відомо, якщо інтервал часу між подіями (вимогами) z розподілений за експонентним законом, то кількість таких подій i за умовну одиницю часу t буде розподілена за законом Пуассона:

$$P_i(t) = \frac{(\lambda t)^i}{i!} e^{-\lambda t}. \quad (2.36)$$

Величина λt є параметром розподілу Пуассона. За цим розподілом можна розрахувати імовірність надходження до системи точно i вимог за умовну одиницю часу t за заданої інтенсивності надходження вимог λ . Середнє значення випадкової величини i , розподіленої за законом (2.36), визначається як $\bar{i} = \lambda t$.

Отже, математичну модель потоку вимог, що надходить до СРІ на обслуговування, можна відобразити у два способи за допомогою імовірнісних функцій розподілу:

- ⇒ інтервалів часу між сусідніми вимогами z , наприклад (2.35);
- ⇒ кількості вимог i за умовну одиницю часу t , наприклад (2.36).

У першому випадку, як правило, застосовуються неперервні закони, а в другому – дискретні.

Свою назву кожний із видів потоку запозичує від назви імовірнісного закону розподілу інтервалів часу між вимогами або їх кількості за умовну одиницю часу. Тому модель потоку, яка визначається розподілом (2.36) і використовується в телефонних мережах, називається *пуассонівським потоком*.

Пуассонівські потоки вимог поділяються на потоки *першого* та *другого роду*. Для потоків першого роду імовірність надходження вимог у систему не залежить від того, скільки або які вимоги вже є в ній. СРІ, в які надходять такі потоки, називаються системами з нескінченним числом джерел або відкритими системами. При цьому пуассонівський потік вимог є:

- *стаціонарним*, тому що імовірність кількості вимог на відріжку часу залежить тільки від тривалості цього відріжку і не залежить від того, де саме на осі часу він розміщений;
- *ординарним*, тому що імовірність надходження більше однієї вимоги за нескінченно малий відрізок часу є нескінченно малою порівняно з імовірністю надходження точно однієї вимоги (це означає, що вимоги надходять тільки по одній);
- *без післядії*, тому що для будь-яких відрізків часу, що не перетинаються, кількість вимог одного відріжку не залежить від того, скільки вимог надійшло на інший.

Для такого потоку інтенсивність λ , тобто середня кількість вимог на одиницю часу, є величина незмінна.

Пуассонівські потоки першого роду виникають із накладення багатьох потоків вимог окремих джерел при тому, що поведінка кожного джерела невідома.

Пуассонівські потоки вимог другого роду утворюються в СМО з кінцевим числом джерел або в так званих замкнених системах. Оскільки в момент, коли вимога обслуговується або очікує, її джерело вже не може породжувати нових вимог, то імовірність того, що надійде вимога із сукупності вимог всіх джерел, залежить від того, скільки вимог у системі й від яких вони джерел. Такі потоки називаються примітивними.

Оцінка якості обслуговування або пропускнув здатності СРІ потребує врахування всіх елементів її моделі. Найскладнішим при цьому є врахування матема-

тичної моделі вхідного потоку вимог. Саме з цієї причини весь пакет задач аналізу й синтезу СРІ для будь-яких із її схем та дисциплін обслуговування вирішено тільки для випадку найпростішої моделі трафіка – моделі пуассонівського потоку. Для цієї моделі відомі всі аналітичні формули розрахунку основних характеристик якості обслуговування в системах розподілу інформації [2.13–2.16].

Трафік – це не тільки класичні телефонні повідомлення, але й потоки повідомлень у нових інфокомунікаційних мережах. Стрімкий розвиток телекомунікаційних технологій, нові принципи побудови мереж зв'язку, зміна структурного складу абонентів і спектра послуг, які надаються, – все це впливає на характер трафіка в мережах. Ці фактори, насамперед, збільшують нерівномірність інтенсивності потоків вимог, яка оцінюється дисперсією інтенсивності. Результати статистичних вимірів, виконуваних на різних етапах еволюції розвитку мереж і послуг, дозволяють виділити три типи трафіка, до яких слід вживати певних математичних моделей:

I тип – в моносервісних мережах з однорідним трафіком. Такими є суто телефонні мережі з єдиною послугою телефонного зв'язку, що й зумовило однорідність трафіка. Найпростіша модель пуассонівського потоку, в основному, відповідає таким умовам, а значення інтенсивності трафіка та її дисперсії співпадають або достатньо близькі.

II тип – в мультисервісних мережах з різномірним трафіком. Інтегральний характер мультисервісної мережі з розширеним спектром послуг, які надаються, зумовлює різномірність трафіка, яка сильно змінює його параметри та математичну модель. Реальним потокам властива підвищена нерівномірність трафіка, за якої дисперсія інтенсивності трафіка перевищує її математичне сподівання від 2 до 15 разів. Іноді таке перевищення буває й більшим, але це відбувається або за межами ГНН, або на невеликих пучках каналів [2.12].

Параметрами трафіка є інтенсивність навантаження Λ (середня кількість вимог, що надійшла до системи за середню тривалість обслуговування) та дисперсія інтенсивності навантаження σ^2 . Математичною моделлю трафіка є ймовірнісна функція розподілу випадкової величини кількості вимог і за середню тривалість обслуговування x .

У математичній моделі пуассонівського потоку вимог інтервал часу між вимогами z розподілений за експонентним законом. Ступінь відхилення інших потоків від моделі пуассонівського потоку можна оцінити за коефіцієнтом варіації v_z функції розподілу інтервалу z . Для експонентного розподілу $v_z = 1$. Модель пуассонівського потоку не завжди адекватно описує реальні потоки вимог в телекомунікаціях, і тому необхідно вибирати інші розподіли для їхнього опису, що забезпечують кращу згоду з даними вимірів. Заміна експонентного розподілу будь-якими іншими функціями набагато ускладнює математичну модель, а складні моделі не завжди піддаються аналітичному розв'язанню.

Реальні потоки вимог у мультисервісних мережах зв'язку формуються множиною джерел з різною питомою інтенсивністю навантаження (різномірні потоки). У процесі створення потоку вимог беруть участь джерела, що належать до тієї або іншої групи споживачів сервісів з близькими інтенсивності навантаження. Значення інтенсивності результуючого потоку вимог кожної миті залежить від того, до якої групи за інтенсивністю навантаження належить джерело і яке співвідношення кількості цих джерел з іншими. Отже, адекватно описати потік або роз-

поділ інтервалів часу між вимогами можна не експонентним розподілом (M), а їх сумішшю – гіперекспонентним розподілом (HM):

$$P(z) = \sum_{i=1}^k p_i \lambda_i e^{-\lambda_i z} \quad \text{при} \quad \sum_{i=1}^k p_i = 1.$$

Зазначеному розподілу відповідає перервний пуассонівський потік k -го порядку. Практичні виміри свідчать, що реальні потоки достатньо апроксимувати з $k = 2$. Цей розподіл описує більший розкид величини інтервалу часу між вимогами z і забезпечує значення коефіцієнтів $v_z \geq 1$, а це, у свою чергу, дозволяє описувати реальні потоки з дисперсією інтенсивності навантаження σ^2 , що перевищує її математичне сподівання Λ від одиниць до десятків разів. Співвідношення σ^2 та Λ визначає пікфактор трафіка.

Гіперекспонентний інтервал часу між вимогами приводить до такого розподілу кількості вимог, що надходять до системи за середню тривалість їх обслуговування, який добре апроксимується нормальним (Гауса) законом. Для реальних потоків вимог мультисервісних мереж зв'язку адекватною є математична модель з гіперекспонентним розподілом інтервалу часу між вимогами, що апроксимується нормальним розподілом інтенсивності навантаження Λ .

III тип – в пакетних мережах з мультисервісним трафіком. Трафік має довгострокові залежності в інтенсивності та ще більш суттєво відрізняється від пуассонівського потоку. Адекватною моделлю потоків у таких мережах є самоподібні процеси. У мультисервісних пакетних мережах трафік є різномірним і з певними вимогами до QoS . Тут передачу потоків різних служб забезпечує одна і та сама мережа з єдиними протоколами та законами управління. Оскільки джерела кожної служби можуть мати різні швидкості передавання інформації або змінювати її в процесі сеансу зв'язку, то об'єднаному потоку пакетів властива так звана «пачковість» трафіка (*burstness*), вимірювана коефіцієнтом пачковості [2.16]. Ця пачковість обумовлює ще більшу нерівномірність трафіка, за якої дисперсія інтенсивності трафіка перевищує її математичне сподівання від 20 до 60 раз і більше. Трафік мультисервісних мереж з комутацією пакетів характеризується наявністю довгострокових залежностей в інтенсивності навантаження й істотною відмінністю статистичних властивостей потоків пакетів від пуассонівського потоку. Адекватною моделлю потоків в таких мережах вважаються самоподібні (*self-similarity*) процеси, де вхідний потік описується фрактальним броунівським рухом (модель *fBM*). Однак дослідження характеристик якості обслуговування СРІ в цих умовах є дуже складною математичною задачею. Причиною цього є слабка формалізованість моделі самоподібних потоків, внаслідок чого і неможливо отримати аналітично обґрунтовані результати для оцінки параметрів QoS у системах розподілу інформації.

Для реальних процесів, що не мають властивості самоподоби, параметр Херста $H < 0,5$, а для самоподібних процесів з довгостроковою залежністю цей параметр змінюється в межах 0,65–0,8 (процес має тривалу пам'ять).

Незалежно від способу надання математичної моделі потоку вимог вибрана модель має бути адекватною реальним потокам трафіка телекомунікаційних мереж, оскільки від цього суттєво залежить точність розрахунку характеристик якості обслуговування та пропускну здатності СРІ при їх аналізі, синтезі та оптимізації.

Навантаження та його види

Сумарний час обслуговування всіх вхідних вимог є *навантаженням* для серверів (приладів, ліній, каналів) СРІ. Чим більший цей час, тим більше навантаження «обслуговують» сервери системи. У теорії розподілу інформації розрізняють *вхідне (traffic offered)*, *обслужене (traffic carried)* та *надлишкове (overflow traffic)* навантаження. Надлишкове навантаження – це різниця між вхідним і обслуженим навантаженнями, яке для системи з втратами буде *втраченим* навантаженням.

Навантаження вимірюється в *годино-заняттях*. Навантаження в одне годино-заняття (1 г.-зан.) утворюється безперервним обслуговуванням вимог одним сервером протягом однієї години або двома серверами терміном по півгодини кожний і т.д. Тому параметр «навантаження» не дає чітких відомостей щодо напруженості роботи системи, оскільки невідомо, за який час воно виконане. Сумарний час обслуговування всіх вимог, який дорівнює, наприклад, 20 г.-зан., може свідчити про роботу в системі одного сервера протягом 20 годин або 20 серверів протягом однієї години кожний. Тому введено поняття *інтенсивності обслуженого навантаження* Y , яка визначається як приведений час навантаження. Це є сумарний час обслуговування всіх вимог x_i на деякому інтервалі часу $t_2 - t_1$ (може дорівнювати, наприклад, одній годині), поділений на величину цього інтервалу:

$$Y = \frac{\sum x_i}{t_2 - t_1}. \quad (2.37)$$

Кількість серверів системи, що має бути залученою до обслуговування вимог вхідного потоку, теж є *навантаженням* для системи. При надходженні вимоги у систему один із серверів займається, а в наприкінці її обслуговування цей сервер звільняється і вимога «виходить із системи». Через випадковість цих подій у моменти надходження вимог або моменти їх виходу в системі буде задіяна різна кількість серверів. Таким чином, кожної миті кількість залучених серверів системи або кількість одночасно обслуговуваних вимог визначає *миттєве значення* обслуговуваного навантаження. Оскільки ця кількість є випадковою, то основною характеристикою обслуговуваного навантаження є його середнє значення, що називається *інтенсивністю обслуженого навантаження* Y . Якщо в багатосерверній системі за час її роботи від t_1 до t_2 з будь-якою періодичністю, наприклад $\tau = 1$ с, $n = (t_2 - t_1)/\tau$ разів обчислити (сканувати) кількість зайнятих серверів C_i і у підсумку розрахувати їх середнє значення

$$Y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_i, \quad (2.38)$$

то воно збігається зі значенням, розрахованим для цієї системи за формулою (2.37).

На діаграмі **рис. 2.22** наочно показано функціонування 4-серверної системи при обслуговуванні вхідного навантаження. На осі ординат відображено точки, що символізують номери певних серверів системи, а на осі абсцис – час, на який кожний із цих серверів займається вимогою для її обслуговування. Тут відображено тільки обслужене навантаження і не видно того, чи надходили до системи ще вимоги.

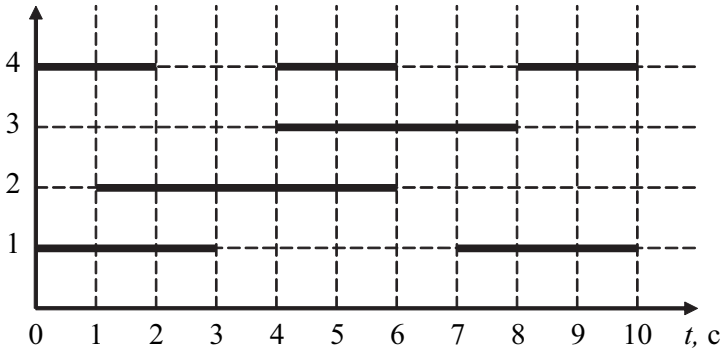


Рис. 2.22. Діаграма функціонування чотирисерверної системи

Сумарний час зайняття всіх серверів системи визначиться так (індексами позначені номери серверів, що відображені на осі ординат):

$$\sum x_i = (3c + 3c)_1 + (5c)_2 + (4c)_3 + (2c + 2c + 2c)_4 = 21 \text{ с.}$$

Інтенсивність обслуженого навантаження за 10 с відповідно до формули (2.37) становитиме $Y = 21/10 = 2,1$ у.о. (умовних одиниць).

Середня кількість зайнятих серверів за інтервалу сканування 1 с (i – це номер відліку сканування на осі абсцис) становитиме:

$$Y = \frac{1}{10} \sum_{i=0}^9 C_i = \frac{2+3+2+1+3+3+1+2+2+2}{10} = 2,1 \text{ у.о.}$$

Інтенсивність обслуженого навантаження – це приведений час сумарного обслуговування всіх вимог (2.37) або середнє значення кількості зайнятих серверів (2.38). Обидва способи визначення інтенсивності обслуженого навантаження використовуються в засобах вимірювання параметрів навантаження на мережах зв'язку. Середня кількість зайнятих серверів є *завантаженістю системи*.

За одиницю виміру інтенсивності навантаження прийнято 1 *Ерланг* (1 Ерл), яку названо на честь засновника теорії телетрафіка А.К. Ерланга.

Навантаження на сервери системи є результатом спільного процесу надходження та обслуговування вимог. Оскільки вимоги надходять до системи через випадкові інтервали часу (або кількість вимог за умовну одиницю часу є випадковою) і тривалість обслуговування також може бути випадковою, то і *навантаження є випадковою величиною*. У зв'язку з цим *інтенсивність вхідного навантаження Λ* (це не інтенсивність потоку вимог λ) нормується середнім часом обслуговування вимог \bar{x} . Ця інтенсивність визначається відповідно до другого способу подання математичної моделі вхідного потоку вимог, але при цьому за умовну одиницю часу t береться середня тривалість обслуговування вимог \bar{x} . Таким чином, інтенсивність вхідного навантаження

$$\Lambda = \lambda \bar{x}.$$

Отже, *інтенсивність вхідного навантаження Λ* , вимірювана в *Ерлангах*, – це середня кількість вимог, що надходить до системи за середній час обслуговування

однієї вимоги. Це є інтенсивність потоку надходження вимог λ , яка віднесена до середньої тривалості обслуговування \bar{x} .

Інтенсивність вхідного навантаження можна визначати як інтенсивність обслуженого навантаження у припущенні того, що втрати вимог вхідного потоку відсутні, тобто кожній вимозі, що надійшла, надається вільний сервер за будь-яких умов (наприклад, у системі «нескінченна кількість серверів»).

В основному розглядаються стаціонарні потоки вимог. У цьому випадку як вхідне, так і обслуговуване навантаження описуються стаціонарними випадковими процесами і їхні статистичні параметри у ймовірнісному змісті не залежать від часу.

Інтенсивність вхідного навантаження Λ – це середня кількість вимог, що надходять до системи за середній час обслуговування вимоги. *Інтенсивність обслуговуваного навантаження* Y – це середня кількість зайнятих серверів. В обох випадках інтенсивність – це оцінка навантаження, тобто випадкова величина.

Крім інтенсивності навантаження (математичне сподівання), важливою характеристикою випадкової величини навантаження є дисперсія, яка для вхідного та обслуговуваного навантаження відповідно визначається так:

$$D_{\Lambda} = \sum_{i=0}^{\infty} (i - \Lambda)^2 P_i; \quad D_Y = \sum_{j=0}^m (j - Y)^2 P_j.$$

Якщо інтервал між вимогами вхідного потоку є експонентним, то створюване їм навантаження, як випадкова величина, має розподіл Пуассона, для якого однакові перші два моменти, тобто дисперсія навантаження D_{Λ} збігається з її математичним сподіванням Λ . Таке навантаження називається пуассонівським навантаженням першого роду і воно вважається умовно рівномірним.

Якщо дисперсія навантаження менше її математичного сподівання, то навантаження називають згладженим, оскільки його відхилення від середнього значення будуть менше, ніж для пуассонівського навантаження.

Навантаження, де дисперсія більше математичного сподівання, є скупченим. При цьому вимоги надходять нерівномірно: для деяких інтервалів часу кількість вхідних вимог мала, а на інших інтервалах їх кількість сягає значної величини, тобто вимоги групуються на коротких інтервалах часу. Наприклад, скупчене навантаження створюється так званим надлишковим потоком вимог, що втрачені (не обслужені) у системі A і надходять для обслуговування на іншу систему B . Цей потік є переривчастим, тому що на систему B вимоги можуть надходити тільки за умови, що в системі A відсутні вільні сервери.

Скупченість навантаження S визначається як відношення дисперсії навантаження D_{Λ} до її математичного сподівання Λ :

$$S = \frac{D_{\Lambda}}{\Lambda}. \quad (2.39)$$

Коефіцієнт скупченості навантаження $S = 1$ для пуассонівського навантаження, $S < 1$ для вирівняного (згладженого) навантаження і $S > 1$ для скупченого (надлишкового) навантаження.

Якщо на сервери системи надходять відразу n потоків вимог, то інтенсивність об'єднаного потоку дорівнює підсумку математичних сподівань Λ_j . Для статистично незалежних потоків дисперсія об'єднаного потоку дорівнює підсумку дисперсій D_i відповідних навантажень. Таким чином, математичне сподівання Λ і дисперсія D_{Λ} сумарного навантаження розраховуються за такими формулами:

$$\Lambda_{\Sigma} = \sum_{i=0}^n \Lambda_i; \quad D_{\Sigma} = \sum_{i=0}^n D_i.$$

Слід розрізняти скупченість вхідного та обслуженого навантажень. Безумовно, $S_{\Lambda} > S_Y$, оскільки в системі обслуговується тільки частка вхідного навантаження та й обслуговуване навантаження згладжується системою.

Характеристики якості обслуговування

Для будь-якої телекомунікаційної системи важливою є оцінка ступеня задоволення потреби в обслуговуванні, або якість обслуговування (*QoS – Quality of Service*). У теорії розподілу інформації якість обслуговування потоку вимог характеризується можливістю негайного обслуговування вимоги або тривалістю очікування початку обслуговування. З математичної моделі СРІ випливає, що ці можливості визначаються обраною дисципліною обслуговування вимог. Через це для кожної дисципліни обслуговування вимог властивий певний набір основних і допоміжних характеристик якості обслуговування.

Системи із втратами. З економічних причин СРІ можуть проектуватися з дисципліною обслуговування із втратами, за якої вимозі, що надходить до системи в момент відсутності вільних обслуговуючих пристроїв, відмовляється в обслуговуванні і вона відразу покидає її та втрачається. Основною кількісною оцінкою якості обслуговування в цьому випадку є *імовірність втрати вимоги* P_B (*B – blocking*). Імовірність P_B на відрізку часу (t_1, t_2) визначається як відношення кількості втрачених за цей відрізок часу вимог $C_B(t_1, t_2)$ до загальної кількості вимог, що надійшли за той самий час до системи $C(t_1, t_2)$:

$$P_B = \frac{C_B(t_1, t_2)}{C(t_1, t_2)}. \quad (2.40)$$

Допоміжними характеристиками *QoS* є імовірність втрати навантаження (кількість вимог на умовну одиницю часу) та імовірність втрат за часом, які використовуються рідко. Імовірність втрати навантаження визначається як відношення інтенсивності втраченого навантаження до вхідного, а імовірність втрат за часом – це сумарна частка часу з проміжку часу (t_1, t_2) , за якої були зайняті всі сервери системи.

Середня кількість вимог у системі N характеризує ступінь завантаженості системи і збігається із середньою кількістю зайнятих серверів, що є інтенсивністю обслуговуваного навантаження Y . Усі інші вимоги, що надходять і не знайшли вільного сервера, втрачаються і до системи не потрапляють.

Середній час перебування вимоги в системі T збігається з середнім часом обслуговування вимоги \bar{x} .

Для систем із втратами інтенсивність обслуженого навантаження менша вхідного навантаження на величину ΛP_B , тобто

$$Y = \Lambda (1 - P_B).$$

Величина ΛP_B є інтенсивністю надлишкового навантаження, і його потік за своєю структурою суттєво відрізняється ще більш нерівномірним характером від потоку навантаження, що надходить до системи.

Системи з чергами. Для кількісної оцінки якості обслуговування систем з чергою розраховують такі основні характеристики:

- ❖ імовірність очікування $P_{w>0}$, або середня частка затриманих вимог;
- ❖ середня довжина черги Q ;
- ❖ середня тривалість очікування для затриманих вимог t_q ;
- ❖ середня тривалість очікування для будь-якої вимоги W .

Імовірність $P_{w>0}$ на відрізку часу (t_1, t_2) визначається як відношення кількості вимог, що потрапили за цей відрізок часу в чергу $C_Q(t_1, t_2)$ до загальної кількості вимог, що надійшли за той же час до системи $C(t_1, t_2)$:

$$P_{w>0} = \frac{C_Q(t_1, t_2)}{C(t_1, t_2)}. \quad (2.41)$$

Довжина черги є ключовим параметром якості обслуговування (та показником ефективності функціонування СРІ) і визначається кількістю вимог, що очікують обслуговування. Довжина черги залежить від того, коли і скільки вимог надійшло в систему, скільки часу витрачено на обслуговування вимог, що надійшли, тощо. Оскільки довжина черги є випадковою величиною, то як показник довжини черги використовується її математичне сподівання Q .

Середній час очікування в черзі t_q утворюється за рахунок затримки вимог у черзі. Він залежить від кількості вимог, що знаходяться в певний момент у черзі, часу закінчення обслуговування всіх попередніх вимог тощо.

Середній час очікування в системі W являє собою середнє значення часу очікування, віднесене до всіх вимог – затриманих і незатриманих. Цей параметр вводиться через те, що не всі вимоги потрапляють до черги, а частина з них за наявності вільних серверів системи обслуговується негайно.

Допоміжними характеристиками QoS є середня кількість вимог у системі N та середній час перебування вимоги в системі T . Вони є допоміжними тому, що їх можна розрахувати із основних характеристик.

Середня кількість вимог у системі N визначає ступінь завантаженості системи і за необмеженої черги складається з середньої кількості вимог, що надходять до системи Λ , та тих, що очікують у черзі Q :

$$N = \Lambda + Q. \quad (2.42)$$

Середній час перебування вимоги в системі T – це час, проведений однією вимогою в системі й усереднений за всіма вимогами (затриманим і незатриманим). Він складається із середнього часу обслуговування \bar{x} і середнього часу очікування вимог у системі W :

$$T = \bar{x} + W. \quad (2.43)$$

Для кожної моделі потоку всі характеристики якості обслуговування перебувають у певній функціональній залежності.

Комбіновані системи (з чергами та втратами). Система з чергою, в якій введено обмеження на максимальну кількість вимог, що можуть перебувати в черзі, або на максимальний час очікування початку обслуговування є системою з комбінованою дисципліною обслуговування. За обмеженої кількості місць очікування (максимальна довжина черги) у випадку надходження вимоги в момент, коли всі сервери і місця очікування зайняті попередніми вимогами, ця вимога втрачається. За обмеженого часу очікування, якщо вимога перебуває в черзі понад до-

пустимий час, то їй відмовляється в обслуговуванні і вона теж втрачається. Тому, окрім характеристик QoS чистої системи з чергами, розраховуються й такі:

- імовірність втрати вимоги P_B (через обмежену довжину черги);
- імовірність очікування понад припустимий час $P_{W>t}$.

Імовірність $P_{W>t}$ залежить від дисципліни обслуговування черги, і найбільш простим для розрахунку є випадок упорядкованої черги *FIFO*. Цю імовірність ще називають *умовними втратами*, оскільки вимога, що очікує понад припустимий час t , може втратити свою актуальність для користувача.

Пріоритетні системи. Сучасні телекомунікаційні системи і мережі характеризуються наявністю пріоритетного обслуговування переданих і оброблюваних даних. Аналітичні методи дослідження пріоритетних дисциплін обслуговування вимог розроблені в основному для дисциплін з одним класом пріоритетів, а більшість результатів отримано при різних допущеннях і припущеннях, що обмежують їх застосування на практиці. Детальне дослідження пріоритетних систем обслуговування припускає застосування комбінованого підходу до моделювання, що дозволяє, як показує практика, отримати результати, які істотно змінюють уявлення про вплив пріоритетів на якість функціонування пріоритетних систем обслуговування.

Комбіновані системи з обмеженнями на довжину черги та час очікування є найпоширенішими в телекомунікаціях. За умов різнорідного трафіка (мова, відео, дані) цю систему доповнюють механізмом пріоритетів, в якому всі вимоги поділяють на категорії і вимоги більш високої категорії при обслуговуванні мають певні переваги (пріоритети) перед вимогами більш низької категорії. Для кількісної оцінки якості обслуговування систем із пріоритетами розраховуються такі самі характеристики, як і для системи з чергами, але для кожного з введених пріоритетів окремо. Наприклад, середній час очікування в черзі вимоги k -го пріоритету, середня кількість вимог у системі k -го пріоритету тощо.

Прикладом системи з втратами є телефонна станція – абонент-ініціатор телефонного виклику отримує відмову в обслуговуванні, якщо необхідний канал зв'язку вже зайнятий (технологія комутації каналів). Модель системи з чергою, комбінованої системи та з пріоритетами є на мережах з комутацією пакетів.

Пропускна здатність і продуктивність. У всіх з наведених СРІ якість обслуговування істотно впливає на такі характеристики системи, як пропускна здатність і продуктивність. При цьому критеріями якості обслуговування для систем із втратами є імовірність втрати вимоги, а для систем з чергами – імовірність очікування. Чим більше норма втрат, тим менша якість обслуговування.

Пропускна здатність – це максимальна інтенсивність навантаження, що обслуговується в системі при забезпеченні заданої якості обслуговування.

За малої імовірності втрат інтенсивність обслуженого навантаження близька до інтенсивності вхідного навантаження і пропускна здатність збігається з інтенсивністю вхідного навантаження. Однак при великих втратах ця відмінність істотна і тому зниження якості обслуговування (збільшення норми втрат) збільшує пропускну здатність (і навпаки). Тому чим вище норма якості обслуговування, тим більше серверів необхідно для забезпечення певної пропускну здатності.

Пропускна здатність системи не дорівнює кількості серверів в ній, оскільки інтенсивність обслуженого навантаження – це середня кількість зайнятих серверів. Через випадковість потоків навантаження ця кількість не досягає кількості каналів у системі. Задача лише полягає в наближенні середньої кількості зайнятих серверів до кількості серверів системи.

Продуктивність – це гранична, статистично усереднена кількість вимог, яка обслужена системою за одиницю часу при заданій якості обслуговування. Ця характеристика застосовна для оцінки систем управління та керуючих пристроїв.

Пропускна здатність та продуктивність СРІ залежать не тільки від імовірності втрат, але і від структури системи (кількості серверів і схеми їх включення) та дисципліни обслуговування і закону розподілу тривалості обслуговування. Крім того, на пропускну здатність та якість обслуговування істотно впливає вид потоку вимог або його математична модель.

При вимірі пропускну здатності системи розподілу інформації важливим є поняття блокування вимоги, що позначає подію, яка полягає у відсутності вільних і доступних шляхів з'єднання до необхідного напрямку в момент надходження вимоги (у момент спроби встановити з'єднання). У системі з втратами блокувані вимоги втрачаються і показником пропускну здатності є частка втрачених вимог.

Для системи з чергою можуть бути необмежена та обмежена черги. За необмеженої ємності накопичувача черги основними характеристиками є середній час очікування та імовірність очікування (імовірність блокування). За обмеженої ємності накопичувача черги додається ще імовірність втрати вимоги, а імовірність блокування дорівнює сумі двох ймовірностей – очікування та втрати вимоги.

Аналіз систем розподілу інформації

Дослідження функціонування СМО під впливом випадкових факторів можливо тільки за допомогою випадкових процесів. Випадковий процес – це функція $X(t)$, значення якої випадкові величини. Вибір випадкових процесів, використовуваних для опису й аналізу систем, залежить від структури й типу системи, від припущення про незалежність або залежність випадкових величин у системі, від виду їх функцій розподілів.

Якщо всі функції розподілу, що характеризують поведінку елементів системи, експонентні, то систему можна описати за допомогою однорідних безперервних марковських ланцюгів або його підвиду однорідних процесів *розмноження та загибелі*, як моделі СМО. При цьому аналітичне визначення величин, що характеризують систему, є відносно простим.

За умов випадкових потоків вимог розрахунки ступеня завантаженості або пропускну здатності та характеристик якості обслуговування виконуються на основі імовірнісних функцій розподілу станів системи, які й визначають ці характеристики. За пуассонівського потоку вимог для визначення *стаціонарних* імовірностей станів системи використовується математичний апарат марковського процесу, який потребує складання та розв'язання системи лінійних алгебраїчних рівнянь рівноваги. *Стан системи* – це поточна кількість вимог системи, що обслуговуються в серверах або очікують в черзі. Зміна станів системи – це випадковий процес, який є результатом спільного процесу надходження та обслуговування вимог. Закон розподілу станів системи, на відміну від середньої кількості вимог в ній (завантаженості), більш повно характеризує функціонування СМО під впливом випадкових факторів.

Найбільш ефективний математичний апарат аналізу розроблено для систем, функціонування яких описується однорідними ланцюгами, або процесами Маркова. Основні характеристики марковських моделей визначаються рішеннями сис-

тем лінійних рівнянь (алгебраїчних, диференціальних або інтегральних). Однак припущення про марковість роботи системи є досить обмежувальним, оскільки математичну модель досить складних реальних систем беруть більш загальні класи випадкових процесів. Разом з тим марковості моделі іноді вдається досягти ускладненням фазового простору моделюючого процесу.

Умовою застосування ланцюгів Маркова для визначення ймовірностей станів системи є експонентний розподіл інтервалів часу між вимогами потоку. Експонентний розподіл єдиний зі всіх неперервних законів, якому властива *відсутність післядії*, яка полягає ось в чому: якщо тривалість інтервалу між вимогами експонентна, то з будь-якого моменту від початку інтервалу залишок часу до кінця інтервалу не залежить від подій до цього моменту і буде мати експонентний розподіл з тим же параметром, що і весь інтервал.

Якщо в моделі не всі розподіли експонентні, шукають такі аналітичні прийоми, які приводять досліджувані процеси до *марковських*, або шукають такі моменти часу, в яких процес стає *марковським*. Далі простими методами дискретних *марковських* ланцюгів обчислюються шукані величини або імовірності, що характеризують стан системи, після чого вони перетворюються на відповідні величини вихідного процесу. Для розв'язання таких задач беруть методи напівмарковських процесів або вкладених ланцюгів Маркова. Однак реальні результати із застосуванням цих методів отримані для невеликого класу систем (наприклад, формула Поллачека-Хінчина для системи $M/G/1/\infty$), або отримано часткові та наближені результати (для систем $M/G/m/\infty$, $GI/G/1/\infty$ та ін.).

Метою аналізу, як правило, є визначення стаціонарного розподілу ймовірностей станів системи P_k та на його основі розрахунку характеристик якості обслуговування QoS .

Система з втратами $M/M/m$. Повнодоступна схема СРІ з m серверами обслуговує пуассонівський потік вимог за дисципліною із втратами. Інтервал часу між вимогами та тривалість їх обслуговування розподілені за експонентними законами. Інтенсивність надходження вимог λ , а середнє значенням тривалості обслуговування – \bar{x} .

Для ординарного потоку інтенсивність надходження вимог λ збігається з параметром потоку. Сукупність моментів завершення обслуговування вимог утворюють потік звільнення серверів системи з параметром μ . Цей параметр називається інтенсивністю обслуговування вимог і розраховується як зворотна величина до середньої тривалості обслуговування:

$$\mu = \frac{1}{\bar{x}}.$$

Стаціонарний розподіл P_k ймовірностей станів СРІ з втратами за пуассонівського потоку вимог визначається за формулою Ерланга:

$$P_k = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \frac{1}{k!}}{\sum_{i=0}^m \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^i \frac{1}{i!}} \quad (k = 0 \dots m). \quad (2.44)$$

Зазначена задача вперше розв'язана А.К. Ерлангом у припущенні про експонентний розподіл тривалості обслуговування, але згодом доведено, що (2.44) вірно за будь-якого довільного закону розподілу, тобто й для моделі $M/G/m$.

Параметром стаціонарного розподілу ймовірностей станів системи (2.44) є інтенсивність вхідного навантаження $\Lambda = \lambda / \mu$ (Ерл), і таким чином:

$$P_k = \frac{\Lambda^k}{\sum_{i=0}^m \frac{\Lambda^i}{i!}} \quad (k = 0 \dots m). \quad (2.45)$$

Розподіл (2.45) називається *першим розподілом Ерланга*, за яким розраховуються імовірності зайнятості k серверів повнодоступної m -серверної системи з втратами при обслузі пуассонівського потоку вимог.

Для стану $k = m$ з (2.45) отримуємо значення імовірності зайняття всіх серверів системи або імовірності втрат за часом. Чергова вимога, що надходить до системи, буде втрачена (заблокована) тоді, коли всі сервери зайняті. Але тільки за умов пуассонівського потоку значення імовірності зайняття всіх серверів системи збігається з імовірністю втрати вимоги незалежно від того, надходить в цей момент вимога або ні. Через властивість відсутності післядії інтенсивність надходження вимог не залежить від стану системи.

При $k = m$ формула (2.45) відома як *B-формула Ерланга*, яка позначається $E_m(\Lambda)$. За нею розраховують основну характеристику якості обслуговування вимог – імовірність втрати вимоги P_B (2.40). Для спрощення обчислень значення $E_m(\Lambda)$ наводяться в таблицях, наприклад [2.13].

Для односерверної системи $M/G/1$ із (2.45) при $m = 1$ можна розрахувати:

– імовірність того, що сервер вільний P_0 :

$$P_0 = \frac{1}{1 + \Lambda};$$

– імовірність того, що сервер зайнятий P_1 :

$$P_1 = 1 - P_0 = P_B = E_m(\Lambda) = Y = N = \frac{\Lambda}{1 + \Lambda}.$$

Видно, що імовірність P_1 збігається з імовірністю втрати вимоги P_B і з інтенсивністю обслуженого навантаження Y , а також із середньою кількістю вимог у системі N .

Система з необмеженою чергою $M/M/m/\infty$. Повнодоступна схема СРІ з m серверами та необмеженою кількістю місць очікування в черзі обслуговує пуассонівський потік вимог з дисципліною обслуговування черги *FIFO*. Інтервал часу між вимогами та тривалість їх обслуговування розподілені за експонентними законами. Інтенсивність надходження вимог λ , а середнє значенням тривалості обслуговування – \bar{x} .

Визначення ймовірностей станів системи P_k складається з двох частин:

• для станів системи $k = 0 \dots m$ – кількість зайнятих серверів або вимог, що обслуговуються;

• для станів системи $k = m \dots \infty$ – кількість зайнятих місць очікування черги, або вимог, що очікують.

Розподіл імовірностей станів при $k = 0 \dots m$ визначається за формулою:

$$P_k = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \frac{1}{k!}}{\sum_{k=0}^{m-1} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \frac{1}{k!} + \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^m \frac{1}{m!} \frac{m\mu}{m\mu - \lambda}} \quad (k = 0 \dots m). \quad (2.46)$$

Розподіл імовірностей станів при $k = m \dots \infty$ визначається за формулою:

$$P_k = \frac{\left(\frac{\lambda}{m\mu}\right)^{k-m} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^m \frac{1}{m!}}{\sum_{k=0}^{m-1} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \frac{1}{k!} + \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^m \frac{1}{m!} \frac{m\mu}{m\mu - \lambda}} \quad (k = m \dots \infty). \quad (2.47)$$

Ці рівняння визначають стаціонарний розподіл імовірностей станів системи P_k для всіх можливих значень k або станів серверів та місць очікування черги.

Обов'язково має бути $(\lambda / m\mu) < 1$, що є умовою ергодичності процесу. Це не дозволяє нескінченно зростати черзі, що забезпечує нормальне функціонування всієї системи.

Оскільки $\Lambda = \lambda / \mu$ (тому обов'язково $\Lambda < m$), то рівняння (2.46), (2.47) можна записати в одну систему рівнянь так:

$$\left\{ \begin{array}{l} P_k = \frac{\frac{\Lambda^k}{k!}}{\sum_{k=0}^{m-1} \frac{\Lambda^k}{k!} + \frac{\Lambda^m}{m!} \frac{m}{m - \Lambda}} \quad (k = 0 \dots m). \\ P_k = \frac{\left(\frac{\Lambda}{m}\right)^{k-m} \frac{\Lambda^m}{m!}}{\sum_{k=0}^{m-1} \frac{\Lambda^k}{k!} + \frac{\Lambda^m}{m!} \frac{m}{m - \Lambda}} \quad (k = m \dots \infty). \end{array} \right. \quad (2.48)$$

Це є *другий розподіл Ерланга*, за яким розраховують імовірність станів (зайнятості серверів та місць очікування в черзі) повнодоступної системи з необмеженою чергою при обслуговуванні пуассонівського потоку вимог.

Основною характеристикою якості обслуговування тут є ймовірність очікування $P_{w>0}$ ($W > 0$ означає, що час очікування є), яка може бути визначена з функції розподілу станів системи P_k . За умов пуассонівського потоку $P_{w>0}$ дорівнює імовірності зайнятості всіх m серверів системи з урахуванням усіх можливих станів черги (m серверів зайнято і 0 вимог у черзі, m серверів зайнято і 1 вимога в черзі, 2 вимоги в черзі тощо):

$$P_{w>0} = \frac{\frac{\Lambda^m}{m!} \frac{m}{m-\Lambda}}{\sum_{k=0}^{m-1} \frac{\Lambda^k}{k!} + \frac{\Lambda^m}{m!} \frac{m}{m-\Lambda}}. \quad (2.50)$$

Формула (2.50) називається *C-формулою Ерланга* і позначається $C_m(\Lambda)$. Для системи $M/M/m/\infty$ за нею можна розрахувати імовірність очікування $P_{w>0}$ (2.41). Цю формулу можна спростити й подати так:

$$C_m(\Lambda) = \frac{E_m(\Lambda)t}{m - \Lambda[1 - E_m(\Lambda)]}.$$

Ця формула встановлює взаємозв'язок між *B-* та *C-*формулами Ерланга, що дозволяє розраховувати значення імовірності $C_m(\Lambda)$ за значеннями $E_m(\Lambda)$ формули (2.45), які наведено у відповідних таблицях. Очевидно, що за однакових умов завжди імовірність $C_m(\Lambda) > E_m(\Lambda)$.

Якщо позначимо

$$\rho = \frac{\Lambda}{m}, \quad (2.51)$$

де ρ – *інтенсивність питомого навантаження* (тобто навантаження на один сервер), то цю формулу можна записати так:

$$C_m(\Lambda) = \frac{1}{\frac{1-\rho}{E_m(\Lambda)} + \rho}.$$

Середня довжина черги Q (середня кількість вимог у черзі) може бути знайдена з розподілу ймовірностей станів системи P_k при $k = m+1, m+2, \dots, \infty$ (в черзі 1, 2 і т.д. вимог) за правилом обчислення математичного сподівання і в результаті маємо:

$$Q = \frac{\Lambda}{m - \Lambda} P_{w>0}. \quad (2.52)$$

Середню тривалість очікування для будь-якої вимоги W отримаємо із формули Літла – за W одиниць часу очікування до черги надійде в середньому $Q = \Lambda W$ вимог, а отже з урахуванням (2.52)

$$W = \frac{1}{m - \Lambda} P_{w>0}. \quad (2.53)$$

Середню тривалість очікування для затриманих вимог t_q отримаємо із тлумачення того, що Q є інтенсивністю навантаження, створюваного вимогами, що очікують в черзі. Величина $\Lambda P_{w>0}$ – це інтенсивність потоку вимог з черги, де кожна вимога в середньому очікує час t_q . Отже, $Q = \Lambda P_{w>0} t_q$, звідки

$$t_q = \frac{Q}{\Lambda P_{w>0}} = \frac{1}{m - \Lambda}. \quad (2.54)$$

Значення W та t_q подано в одиницях середньої тривалості обслуговування. Такий нормований вид показує, у скільки разів ці значення зростають або убують порівняно із середнім часом обслуговування \bar{x} . Із (2.53) та (2.54) випливає очевидне співвідношення – завжди $W \leq t_q$.

Середня кількість вимог у системі N (сумарно ті, що обслуговуються, та ті, що очікують обслуговування) визначається за формулою (2.42), а середній час перебування вимоги в системі T (складається із середнього часу обслуговування та середнього часу очікування) – за формулою (2.43).

У СРІ не завжди вимоги з черги вибираються на обслуговування в порядку надходження. Є чимало випадків, коли вибір з черги випадковий. Хоча дисципліна вибору з черги не впливає на середній час очікування W , але випадковий вибір з черги збільшує дисперсію часу очікування порівняно з вибором у порядку надходження.

Система з обмеженою чергою $M/M/m/r$. Повнодоступна схема СРІ з m серверами та обмеженою кількістю місць очікування в черзі r обслуговує пуассонівський потік вимог з дисципліною обслуговування черги *FIFO*. Інтервал часу між вимогами та тривалість їх обслуговування мають експонентні закони розподілу. Інтенсивність вхідного навантаження Λ .

У разі обмеженої черги, де кількість місць очікування $r < \infty$, отримуємо комбіновану систему $M/M/m/r$ – з чергами та втратами. Якщо в момент надходження вимоги в системі є хоча б один вільний сервер, то вона негайно обслуговується. Якщо ж всі сервери системи зайняті, то вимога стає в чергу за умови, що в ній очікує менше, як r вимог (є місця для очікування). Якщо в черзі є вже r вимог, що надійшли раніше, то поточна вимога втрачається. Таким чином, вимозі відмовляється в обслуговуванні у тому разі, коли в системі є $l = m + r$ вимог. З цих l вимог m обслуговуються, а r очікують своєї черги.

Очевидно, якщо $r = 0$, то система описується моделлю $M/M/m$ і стани системи визначаються *першим розподілом Ерланга* (2.45). Якщо ж $r = \infty$, то система описується моделлю $M/M/m/\infty$ і стани системи визначаються *другим розподілом Ерланга* (2.48) та (2.49).

Стационарний розподіл P_k ($k = 0, \dots, m + r$) імовірностей станів комбінованої системи $M/M/m/r$, яка частково є аналогічною до системи $M/M/m/\infty$, визначають рівняння (2.48) і (2.49), тобто P_k для значень $k = 0 \dots m$ та $k = m \dots l$ відповідно.

Імовірність повної зайнятості системи $P_{\text{ЗН}}$ (очікування або втрати вимоги) у цьому разі визначається так:

$$P_{\text{ЗН}} = \frac{\frac{\Lambda^m}{m!} \frac{m}{m - \Lambda} \left[1 - \left(\frac{\Lambda}{m} \right)^{r+1} \right]}{\sum_{k=0}^{m-1} \frac{\Lambda^k}{k!} + \frac{\Lambda^m}{m!} \frac{m}{m - \Lambda} \left[1 - \left(\frac{\Lambda}{m} \right)^{r+1} \right]}. \quad (2.55)$$

Очевидно, якщо $r = \infty$, то формула (2.55) збігається з *C*-формулою Ерланга (2.50). Якщо $r = 0$, то (2.55) збігається з *B*-формулою Ерланга (2.45). З цього випливає, що при зміні довжини черги від ∞ до 0 величина імовірності $P_{\text{ЗН}}$ моделі $M/M/m/r$ перебуває в діапазоні значень, отриманих за формулами (2.50) та (2.45) для моделей $M/M/m/\infty$ та $M/M/m/0$ відповідно. Отже, (2.55) є узагальнюючим

розв'язком для повнодоступних систем з втратами, з необмеженою та обмеженою чергами за умови обслуговування пуассонівського потоку вимог та експонентної тривалості їх обслуговування.

Формулу (2.55) можна спростити з урахуванням (2.51):

$$P_{\text{зн}} = \frac{1 - \rho^{r+1}}{\frac{1 - \rho}{E_m(\Lambda)} + \rho - \rho^{r+1}}. \quad (2.56)$$

У СРІ з обмеженою до r чергою втрата вимоги відбудеться в тому разі, коли при надходженні вимоги у черзі вже є r вимог, що надійшли раніше. Отже, імовірність втрати вимоги P_B дорівнює імовірності того, що в системі вже є $l = m + r$ вимог (отже $r = l - m$) або система в стані P_l . Для пуассонівського потоку імовірність $P_B = P_l$ за будь-якого закону тривалості обслуговування.

Тому відповідно до (2.49) отримаємо:

$$P_B = P_l = \frac{\left(\frac{\Lambda}{m}\right)^r \frac{\Lambda^m}{m!}}{\sum_{k=0}^{m-1} \frac{\Lambda^k}{k!} + \left(\frac{\Lambda^m}{m!}\right) \frac{1 - \left(\frac{\Lambda}{m}\right)^{r+1}}{1 - \frac{\Lambda}{m}}}. \quad (2.57)$$

Імовірність очікування за обмеженою до r черги $P_{w>0}(r)$ або частку вимог, які очікують, розрахуємо так: $P_{w>0}(r) = P_{\text{зн}} - P_B$. Підставивши сюди (2.55) і (2.57), відповідно маємо

$$P_{w>0}(r) = \frac{\frac{\Lambda^m}{m!} \frac{m}{m - \Lambda} \left[1 - \left(\frac{\Lambda}{m}\right)^r\right]}{\sum_{k=0}^{m-1} \frac{\Lambda^k}{k!} + \frac{\Lambda^m}{m!} \frac{m}{m - \Lambda} \left[1 - \left(\frac{\Lambda}{m}\right)^{r+1}\right]}. \quad (2.58)$$

Формулу (2.57) з урахуванням (2.51) можна записати так:

$$P_B = P_{\text{зн}} \frac{\rho^r (1 - \rho)}{1 - \rho^{r+1}}. \quad (2.59)$$

Підставивши до (2.59) формулу (2.57), маємо: $P_B = \frac{\rho^r}{\frac{1}{E_m(\Lambda)} + \frac{\rho - \rho^{r+1}}{1 - \rho}}$.

Формулу (2.58) можна переписати як різницю (2.57) та (2.59), що дає

$$P_{w>0}(r) = \frac{1 - \rho^r}{\frac{1 - \rho}{E_m(\Lambda)} + \rho - \rho^{r+1}}.$$

Для односторонньої системи $M/M/1/r$ із (2.55), (2.58) та (2.50) можна розрахувати:

$$\checkmark \text{ імовірність } P_0 = \left[1 + \rho \frac{1 - \rho^{r+1}}{1 - \rho} \right]^{-1} = \frac{1 - \rho}{1 - \rho^{r+2}} \quad (\text{сервер і місця в черзі вільні});$$

$$\checkmark \text{ імовірність } P_{\text{зн}} \text{ із (2.55) або } P_{\text{зн}} = 1 - P_0, \text{ що дає } P_{\text{зн}} = \frac{\rho(1 - \rho^{r+1})}{1 - \rho^{r+2}};$$

$$\checkmark \text{ імовірність } P_{w>0(r)} = \frac{\rho(1 - \rho^r)}{1 - \rho^{r+2}};$$

$$\checkmark \text{ імовірність } P_B = \frac{\rho^{r+1}(1 - \rho)}{1 - \rho^{r+2}}.$$

У системі $M/M/1/r$ стани системи мають розподіл

$$P_k = \rho^k P_0 = \frac{\rho^k (1 - \rho)}{1 - \rho^{r+2}}.$$

З цієї формули маємо геометричний розподіл станів системи

$$P_k = \rho^k (1 - \rho),$$

який використовується для системи $M/M/1/\infty$.

Система з необмеженою чергою $M/D/m/\infty$. У телекомунікаційних системах, що базуються на технології комутації пакетів, застосовується дисципліна обслуговування з чергами. Є системи, в яких час обслуговування постійний, наприклад процес обслуговування вимог керуючими пристроями вузлів комутації або обслуговування пакетів однакової довжини. У моделі $M/M/m/\infty$ з експонентним часом обслуговування вимог (пакетів) імовірність очікування розраховується за допомогою C -формули Ерланга (2.50). Для моделі $M/D/m/\infty$ за дисципліни черги FIFO розв'язання отримано К.Д. Кроммеліном [2.13], в якому використано рівняння станів Фрая. Система таких рівнянь розв'язується методом похідних функцій. Ці обчислення дуже складні і на практиці для інженерних розрахунків замість точних аналітичних формул застосовуються відповідні діаграми (криві Кроммеліна).

У [2.17] запропоновано найпростіший метод розрахунку моделі $M/D/m/\infty$, в якому використовується C -формула Ерланга. Мета аналізу – визначення основних характеристик якості обслуговування QoS :

- ⇒ середньої тривалості очікування вимог у системі W ;
- ⇒ середньої довжини черги Q ;
- ⇒ імовірності очікування $P_{w>0}$;
- ⇒ середньої тривалості очікування вимог у черзі t_q .

Основні характеристики якості обслуговування моделі $M/D/m/\infty$ перебувають між собою в певній функціональній залежності. Середня тривалість очікування для будь-якої вимоги W (що очікує і що не очікує) є середнім значенням часу очікування, віднесеним до всіх вимог. Якщо ж відома середня тривалість очікування тільки затриманих вимог t_q , то для визначення W необхідно помножити цю тривалість на імовірність $P_{w>0}$, яка показує середню частку затриманих вимог. Отже, з (2.54) та (2.53) отримуємо

$$W = t_q P_{w>0}. \quad (2.60)$$

За W одиниць часу очікування до черги надійде ΛW вимог, отже

$$Q = \Lambda W. \quad (2.61)$$

З наведених співвідношень характеристик QoS випливає, що для аналізу моделі $M/M/m/\infty$ з експонентним розподілом тривалості обслуговування необхідно лише розрахувати середню тривалість очікування вимог у черзі t_q (2.54) та імовірність очікування $P_{w>0}$ (2.50). При цьому середня тривалість очікування вимог $W_{(M)}$ (M – експонента) визначається з (2.53).

Для характеристик QoS моделі $M/M/m/\infty$ мають бути такі ж функціональні залежності, але їх визначення складніше. Коли точне теоретичне розв'язання виявляється складним, то нерідко досить отримати наближений вираз, на якому може ґрунтуватися весь метод розрахунку. Визнаним методом аналітичних наближень є імітаційне моделювання, яке дозволяє ефективно перевіряти якість використовуваних припущень. За результатами імітаційного моделювання з використанням алгоритму [2.18] встановлено, що при застосуванні апроксимуючої функції

$$F(k) = 2^{k-1} \left(\frac{m}{m + \Lambda} \right)^k$$

можна розрахувати основні характеристики якості обслугову-

вання в моделі $M/D/m/\infty$ через C -формулу Ерланга, справедливу для моделі $M/M/m/\infty$:

$$\begin{cases} P_{w>0} = C_m(\Lambda) \frac{1}{2 \cdot F(k)}, \\ W_{(D)} = C_m(\Lambda) \frac{1}{m - \Lambda} F(k + 1), \\ t_{q(D)} = \frac{1}{m - \Lambda} F(k + 2), \end{cases} \quad (2.62)$$

де $k = 1$ для всіх наведених характеристик при забезпеченні точності $\pm 10\%$.

Імітаційним моделюванням [2.18] встановлено, що при заміні в (2.62) коефіцієнта $k = 1$ на $k = 0,01$ (може бути нецілим) точність оцінки основних характеристик якості обслуговування підвищується до $\pm 5\%$.

Кроммеліном розглянуто систему з чергою, в якій обслуговування тих вимог, що очікують, виконується в порядку надходження (впорядкована черга). Але є приклади систем з чергою, у яких обслуговування вимог виконується при випадковому виборі їх з черги. Однолінійна система з постійною тривалістю обслуговування і випадковим вибором вимог із черги досліджена Берком [2.13]. Аналіз часу очікування W в однолінійній системі за постійної тривалості обслуговування при випадковому виборі вимог з черги і виборі їх у порядку надходження показує, що для невеликих значень тривалості очікування (від 0,1 до 3 \bar{x}) якість обслуговування вимог вище при випадковому виборі з черги. Для значень тривалості очікування $> 3 \bar{x}$ якість обслуговування вимог при випадковому виборі з черги суттєво гірша, ніж при обслуговуванні вимог у порядку черги.

Дисципліна вибору з черги (у порядку надходження, випадковому порядку або в будь-якій іншій дисципліні) не впливає на середній час очікування вимоги початку обслуговування W , але впливає на дисперсію часу очікування.

Система з необмеженою чергою $M/G/1/\infty$. Односерверна система з необмеженою кількістю місць очікування (рис. 2.23) обслуговує пуассонівський потік вимог. Тривалість обслуговування вимог має довільний (будь-який) закон розподілу $B(x)$ з математичним сподіванням \bar{x} . Інтенсивність потоку вимог λ . Метою аналізу є визначення основних характеристик QoS .

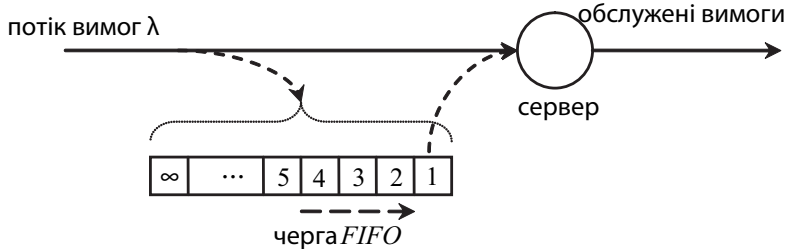


Рис. 2.23. Модель односерверної системи з чергою

У разі неекспонентного розподілу тривалості обслуговування є тільки один експонентний розподіл моделі – інтервал часу між вимогами в потоці вимог. Тому дана задача розв’язується методом вкладених ланцюгів Маркова.

Метод вкладених ланцюгів складається з таких чотирьох кроків:

1. Визначаються послідовності моментів часу (t_n) , $0 < t_1 < t_2 < \dots < \infty$, що дозволяє конструювання вкладеного ланцюга Маркова.
2. Обчислюються перехідні ймовірності для вкладеного ланцюга Маркова.
3. Визначається стаціонарний розподіл для вкладеного ланцюга Маркова. Для моделі $M/G/1/\infty$ твірна функція розподілу вкладеного марковського ланцюга в моменти виходу вимог із системи, яка отримана як функція від перетворення Лапласа-Стілтєса функції розподілу тривалості обслуговування $B(x)$, називається співвідношенням Поллачека-Хінчина:

$$P^*(z) = \frac{(1-\rho)(1-z)K^*(z)}{K^*(z)-z} = \frac{(1-\rho)(1-z)}{1 - \frac{z}{B^*(\lambda - \lambda z)}}. \quad (2.63)$$

Твірна (рос. – производящая) функція $K^*(z)$ розподілу (k_j) за визначенням

$$K^*(z) = \sum_{j=0}^{\infty} k_j z^j, \text{ де } z - \text{ комплексна змінна.}$$

4. Перераховуються результати кроку 3 у шукані величини системи.

Розрахунок середньої кількості вимог у системі N в моделі $M/G/1/\infty$ базується на тому, що ймовірності того, що в стаціонарному стані, надходячи до системи, вимога застає в ній j інших вимог, які дорівнюють стаціонарним ймовірностям P_j наявності в системі j вимог безпосередньо після закінчення обслуговування деякої вимоги, і тому вони задаються формулою (2.63). Через властивість пуассонівського потоку вимог ці ймовірності дорівнюють стаціонарним ймовірностям P_j у будь-який момент часу.

Математичне сподівання (середнє значення) кількості вимог N , що знаходяться в системі, дорівнює похідній від (2.63):

$$N = P^{*'}(1) = \rho + \frac{\lambda^2 \mu_x^2}{2(1-\rho)}, \quad (2.64)$$

де

$$\mu_x^2 = \int_0^{\infty} x^2 dB(x) = \bar{x}^2 + \sigma_x^2. \quad (2.65)$$

Параметри \bar{x}^2 та σ_x^2 характеризують математичне сподівання (середнє значення) та дисперсію або інший центральний момент функції розподілу випадкової тривалості обслуговування вимог x .

Формулу (2.64) називають формулою Поллачека-Хінчина. Розрахунок середнього часу очікування у системі W базується на визначенні $W_{(t)}$ – стаціонарної функції розподілу часу очікування і $W_{(s)}^*$ – її перетворення Лапласа-Стілтєса. Оскільки математичне сподівання $W = W^{*'}(0)$, то, взявши похідну для стаціонарного стану, отримуємо:

$$W = \frac{\lambda \mu_x^2}{2(1-\rho)} = \frac{\lambda(\bar{x}^2 + \sigma_x^2)}{2(1-\rho)}. \quad (2.66)$$

Для позначення дисперсії – другого центрального моменту розподілу тривалості обслуговування σ_x^2 часто використовують коефіцієнт варіації v_x :

$$v_x = \frac{\sigma_x}{\bar{x}}. \quad (2.67)$$

Суму $\bar{x}^2 + \sigma_x^2$ з урахуванням (2.67), представимо як $\bar{x}^2(1 + v_x^2)$. Підставивши це до (2.64) і (2.66) маємо остаточні формули розрахунку N та W . З урахуванням (2.42), (2.43), (2.60) та (2.61) отримуємо всі інші характеристики QoS , формули яких занесені до *табл. 2.8*. Значення W , t_q та T нормуються по \bar{x} .

Таблиця 2.8

Характеристики якості обслуговування моделі M/G/1/∞

Характеристика QoS	Модель		
	$M/G/1/\infty$	$M/D/1/\infty$	$M/M/1/\infty$
$P_{w>0}$	ρ	ρ	ρ
Q	$\frac{\rho^2(1+v_x^2)}{2(1-\rho)}$	$\frac{\rho^2}{2(1-\rho)}$	$\frac{\rho^2}{1-\rho}$
W	$\frac{\rho(1+v_x^2)}{2(1-\rho)}$	$\frac{\rho}{2(1-\rho)}$	$\frac{\rho}{1-\rho}$
t_q	$\frac{1+v_x^2}{2(1-\rho)}$	$\frac{1}{2(1-\rho)}$	$\frac{1}{1-\rho}$
N	$\rho + \frac{\rho^2(1+v_x^2)}{2(1-\rho)}$	$\rho + \frac{\rho^2}{2(1-\rho)}$	$\rho + \frac{\rho^2}{1-\rho} = \frac{\rho}{1-\rho}$
T	$1 + \frac{\rho(1+v_x^2)}{2(1-\rho)}$	$1 + \frac{\rho}{2(1-\rho)}$	$1 + \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{1}{1-\rho}$

До табл. 2.8 записано й формули всіх характеристик QoS моделей $M/D/1/\infty$ та $M/M/1/\infty$, для яких коефіцієнт варіації v тривалості обслуговування регулярного та експонентного розподілів дорівнює 0 та 1 відповідно. З таблиці видно, що за постійної тривалості значення W , t_q та Q в два рази менші, ніж за експонентної.

Система з пріоритетами $M/G/1/\infty$. Установлення пріоритетів для вимог, що очікують, – один із ефективних способів керування розмірами черги і часом перебування в ній. При надходженні до системи вимоги з високим пріоритетом обслуговування вимоги з більш низьким пріоритетом або переривається (абсолютний пріоритет), або вимога з високим пріоритетом стає в початок черги вимог, що очікують (відносний пріоритет). Розглянемо ці два випадки пріоритетів докладніше, при цьому у випадку абсолютного пріоритету візьмемо переривання з продовженням обслуговування (дообслуговування) [2.14].

Відносний пріоритет. Вимоги з r пріоритетами (чим менше номер, тим вище пріоритет) надходять до однолінійної системи і утворюють r пуассонівських потоків з інтенсивністю λ_k , де $k = 1, \dots, r$. Отже, сукупний потік є пуассонівським з інтенсивністю $\lambda_C = \sum_{k=1}^r \lambda_k$. У межах цього пріоритету вимоги обслуговуються в порядку надходження. Функція розподілу загального часу обслуговування вимог

всіх пріоритетів має вигляд $B(x) = \frac{1}{\lambda} \sum_{k=1}^r \lambda_k B_k(x)$, де $B_k(x)$ – функція розподілу

часу обслуговування вимоги з k -м пріоритетом, що має середній час обслуговування $1/\mu_k$. Переривання обслуговування нема. Після закінчення обслуговування будь-якої вимоги з черги вибирається вимога з вищим пріоритетом.

Інтенсивність питомого навантаження k -го пріоритету:

$$\rho_k = \frac{\lambda_k}{\mu_k}, \quad k = 1, \dots, r; \quad (2.68)$$

а сумарне навантаження всіх потоків з 1 по k -й пріоритет:

$$R_k = \sum_{i=1}^k \rho_i, \quad (2.69)$$

де $R_0 = 0$, $k = 1, \dots, r$.

Сумарне навантаження потоків усіх пріоритетів $R_r < 1$ (умова ергодичності процесу). З використанням позначення (2.65), де $\int_0^{\infty} x^2 dB(x) = \bar{x}^2 + \sigma_x^2$, середній час очікування вимоги з k -м пріоритетом

$$W_k = \frac{\lambda_C (\bar{x}^2 + \sigma_x^2)}{2(1 - R_{k-1})(1 - R_k)}. \quad (2.70)$$

Вплив відносних пріоритетів на середній час очікування W_k кожного з пріоритетів розглянуто на випадок організації п'яти пріоритетів, де потоки кожного з пріоритетів однакової інтенсивності $\lambda_k = \lambda$ і тривалість обслуговування вимог кожного з пріоритетів однакова та постійна. Звідси інтенсивність обслуговування

$\mu_k = \mu$, а $\sigma_x^2 = 0$. Оскільки W_k вимірюється в одиницях середньої тривалості обслуговування \bar{x} , то в чисельнику (2.70) при $\bar{x}^2 = 1/\mu = 1$ можна записати $\lambda_C \bar{x}^2 = \rho$.

На рис. 2.24 показано графіки залежності середнього часу очікування вимог k -го пріоритету від загальної інтенсивності навантаження ρ потоків усіх пріоритетів.

Оскільки всі інтенсивності однакові, то в кожній точці графіка інтенсивність навантаження потоку k -го пріоритету буде $1/5$ від загальної інтенсивності ρ .

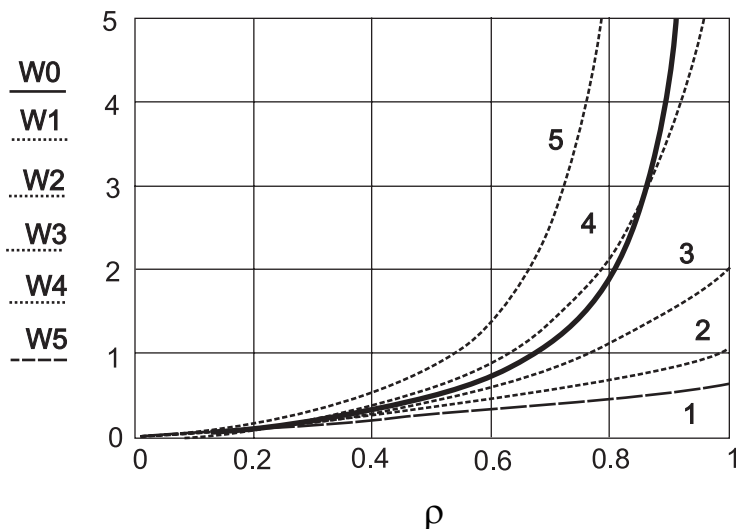


Рис. 2.24. Вплив відносних пріоритетів на середній час очікування

Пунктирними лініями зображено графіки середнього часу очікування W_k , вираженого в одиницях середньої тривалості обслуговування \bar{x} при відносних пріоритетах (1, ..., 5) і постійному часі обслуговування, однаковому для всіх п'яти однакових за інтенсивністю пуассонівських потоків вимог. При введенні пріоритетів середній час очікування для окремих потоків стає менше, ніж це було б у випадку без пріоритетного обслуговування (показано безперервною лінією).

Середній час перебування вимоги k -го пріоритету в системі T_k визначається як сума W_k та середнього часу обслуговування $1/\mu_k$.

Абсолютний пріоритет з дообслуговуванням. Можливі різні режими переривання обслуговування вимоги низького пріоритету в разі, коли надходить вимога більш високого пріоритету. Дослідимо випадок з дообслуговуванням.

З (2.70) з урахуванням (2.69) та (2.68) впливає середній час очікування вимог першого пріоритету:

$$W_1 = \frac{\lambda_1(\bar{x}_1^2 + \sigma_1^2)}{2(1 - \rho_1)}$$

і згідно з (2.64) середня кількість вимог першого пріоритету в системі

$$N_1 = \rho_1 + \frac{\lambda_1^2(\bar{x}_1^2 + \sigma_1^2)}{2(1 - \rho_1)}.$$

Загальний вираз для середнього часу очікування вимог інших пріоритетів $1 \leq k \leq r$ виходить аналогічно (2.70):

$$W_k = \frac{\sum_{i=1}^r \lambda_i(\bar{x}_i^2 + \sigma_i^2)}{2(1 - R_{k-1})(1 - R_k)}.$$

Система з втратами $HM/D/m$. Повнодоступна схема СРІ з m серверами функціонує за дисципліною обслуговування з втратами. Тривалість обслуговування постійна й дорівнює x . До системи надходить потік вимог з інтенсивністю Λ , в якому інтервал між вимогами має гіперекспонентний розподіл, а кількість вимог за одиницю часу x розподілена за нормальним законом. Метою аналізу є визначення стаціонарного розподілу ймовірностей станів системи P_k ($k = 0, \dots, m$) та характеристик QoS .

За умов необмеженої кількості серверів (модель $HM/D/\infty$) вимоги обслуговуються без втрат. За постійної тривалості обслуговування x , коли нема втрат, властивості потоку звільнень збігаються з властивостями потоку надходження вимог, тому що відбувається тільки зсув у часі на величину x між моментом надходження вимоги та моментом її виходу із системи (завершення обслуговування). При цьому стани системи цілком визначаються властивостями потоку вимог, а ймовірнісні функції розподілу кількості вимог у системі i і вхідної кількості вимог j за час x цілком збігаються. За нормального розподілу кількості вимог, що надходять в систему за середню тривалість їх обслуговування, нормальна функція розподілу потоку вимог P_j визначить функцію розподілу станів системи P_i :

$$P_j = P_i = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(i-\Lambda)^2}{2\sigma^2}}. \quad (2.71)$$

У разі обмеженої до m кількості серверів простір станів системи буде також обмеженим від 0 до m . У цьому випадку моделі $HM/D/m$ ймовірнісна функція розподілу станів системи може бути апроксимована усіченим нормальним законом, що визначає ймовірності станів системи P_i в межах $0 \leq j \leq m$:

$$P_i = \frac{A}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(j-\Lambda)^2}{2\sigma^2}}, \quad (2.72)$$

де

$$A = \frac{1}{\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \left[\int_0^{m-\Lambda} e^{-\frac{u^2}{2\sigma^2}} du - \int_0^{0-\Lambda} e^{-\frac{u^2}{2\sigma^2}} du \right]}.$$

Стани системи $HM/D/m$ можна визначати й за дискретним аналогом (2.72), тобто за формулою

$$P_i = \frac{1}{\sum_{k=0}^m \exp\left[\frac{-(k-2\Lambda+i)(k-i)}{2\sigma^2}\right]}. \quad (2.73)$$

При всіх m значення (2.72) та (2.73) збігаються. Для (2.71), (2.72) та (2.73) виконується $\sum_{i=0}^m P_i = 1$.

При $\sigma^2 = \Lambda$ нормальний випадковий процес є *марковським* і при $\Lambda < m$ (умова ергодичності процесу) розрахункові значення, отримувані за формулами розподілу Ерланга (2.45) і (2.73), відрізняються не більше як на 1 %. При $\sigma^2 > \Lambda$ розподіл інтервалів часу між вимогами вже неекспонентний і потік вимог втрачає властивість відсутності післядії. У процесі обслуговування виникає залежність імовірностей станів системи від її початкового стану та від виду розподілу тривалості вимог. Через це імовірність зайняття всіх серверів системи вже не збігається з імовірністю відмови в обслуговуванні, як це є за пуассонівського потоку.

У широкому діапазоні зміни параметрів трафіка Λ і σ^2 та кількості серверів m відносна похибка запропонованої апроксимації усіченим нормальним законом не перевищує 1% для всіх значень P_i , окрім $P_{j=m}$.

У найбільш часто застосовуваній математичній моделі пуассонівського потоку вимог $\sigma^2 = \Lambda$, тобто дисперсія навантаження σ^2 збігається з його інтенсивністю Λ . Реальним потокам властива підвищена нерівномірність трафіка, за якої дисперсія інтенсивності навантаження σ^2 перевищує її математичне сподівання Λ від 2 до 15 разів. Іноді зазначене співвідношення буває ще більше, але це відбувається або за межами ГНН, або на невеликих пучках каналів. Отже, для реальних потоків, як правило, коефіцієнт скупченості інтенсивності навантаження, або пікфактор трафіка, $S > 1$, який визначений за формулою (2.39).

У моделі $HM/D/m$ імовірність відмови в обслуговуванні залежить від пікфактора інтенсивності навантаження S і за умови $m > \Lambda$ дорівнює імовірності зайняття всіх m серверів системи (2.88), помноженій на S :

$$P_B = \frac{1}{\sum_{k=0}^m \exp\left[\frac{-(k-2\Lambda+m)(k-m)}{2\sigma^2}\right]} \frac{\sigma^2}{\Lambda}. \quad (2.74)$$

У [2.19] показано, що регулярний закон розподілу тривалості обслуговування, з погляду якості обслуговування, є найгіршим і тому формула (2.74) є не що інше, як верхня оцінка можливих значень імовірності відмови в обслуговуванні. Для інших законів розподілу тривалості обслуговування вимог до формули (2.59) застосовується спеціальна апроксимаційна функція, яка отримана за результатами імітаційного моделювання [2.18] і в якій коефіцієнтом h задається вид закону розподілу тривалості обслуговування:

$$P_B = \frac{S}{\sum_{k=0}^m \exp\left[\frac{-(k-2\Lambda+m)(k-m)}{2\Lambda S}\right]} \left[1 - \frac{(S^2-1)(\sigma-\Lambda+m)}{\sigma(S^2h-h+5)}\right], \quad (2.75)$$

де h дорівнює 4.25, 3.55 і 2.85 для рівномірного, експонентного і логарифмічно нормального законів розподілу тривалості обслуговування відповідно. Видно, що при $S = 1$ (тобто $\sigma^2 = \Lambda$) ця формула перетворюється на формулу (2.73) для випадку $i = m$ – стан системи m (зайняті всі сервери). При $S = 1$ значення формули (2.75) добре збігаються зі значеннями, розрахованими за B -формулою Ерланга.

Система з необмеженою чергою НМ/D/m/∞. До повнодоступної m -серверної системи з необмеженою чергою надходить гіперекспонентний потік вимог з інтенсивністю Λ , пікфактором $S > 1$ та нормальним розподілом кількості вимог на одиницю часу x , де x – постійна тривалість обслуговування вимоги. Вибір із черги – в порядку надходження. Метою аналізу є визначення основних характеристик QoS :

- ⇒ імовірності очікування $P_{w>0}$;
- ⇒ середньої довжини черги Q ;
- ⇒ середньої тривалості очікування вимог у системі W ;
- ⇒ середньої тривалості очікування вимог у черзі t_q .

Розподіл імовірностей P_i випадкової кількості вимог i , що надходять до системи за одиницю часу x , описується *нормальним* законом розподілу (2.71).

Незалежно від виду потоку вимог W та Q розраховуються за формулами (2.60) та (2.61) на підставі визначення та формули Літгла відповідно. З цих формул видно, що зазначені характеристики QoS залежать від $P_{w>0}$ та t_q , які можуть бути визначені з функцій розподілу станів системи P_j та розподілу часу очікування вимог у черзі $P(t_q)$. Однак для пуассонівського потоку не існує загального методу отримання таких функцій і формули для них не є простими.

Відомо, що в системі М/М/m/∞ середня тривалість очікування вимог у черзі $t_{q(M)} = 1 / (m - \Lambda)$, а в системі М/D/1/∞ величина $t_{q(D)} = t_{q(M)} / 2$. Слід врахувати, що пуассонівський потік (M) є окремим випадком гіперекспонентного (HM), а од-носерверна система ($m = 1$) є окремим випадком багатосерверної. В системі НМ/D/m/∞ величина t_q розраховується так [2.20]:

$$t_q \approx \frac{1}{m - \Lambda} \cdot S \cdot \frac{m}{m + \Lambda + 1 + \Lambda/m} = \frac{S}{(m + 1) \cdot [1 - (\Lambda/m)^2]}. \quad (2.76)$$

Імовірність очікування $P_{w>0}$ визначається з функції розподілу станів системи P_k і тут $P_{w>0}$ дорівнює імовірності того, що при надходженні вимоги вона застає всі m серверів зайнятими, тобто розраховується як сума всіх імовірностей станів системи від m до ∞ .

При кінцевому числі m і необмеженій кількості місць очікування вимоги обслуговуються без втрат. На сервери системи надходять вимоги з первинного потоку з інтенсивністю Λ та з черги з інтенсивністю $\Lambda \cdot P_{w>0} \cdot t_q$. Тому загальна інтенсивність навантаження на систему збільшується до величини $\Lambda_2 = \Lambda + Q$.

За умов гіперекспонентного потоку функція розподілу кількості вимог у системі (обслуговуються та чекають у черзі) або станів системи P_j відрізняється від функції розподілу P_i кількості вимог, що надходять. Апроксимація функції розподілу станів системи нормальним законом (2.71) з параметрами

$$\Lambda_2 = \Lambda + Q; \quad (2.77)$$

$$\sigma_2 \approx \sigma + \frac{Q}{2} \quad (2.78)$$

дає достатньо точні результати на відрізку функції розподілу станів системи, обумовленому межами підсумовування від 0 до $(m - 1)$:

$$P_{w>0} = 1 - \sum_{i=0}^{m-1} P_i. \quad (2.79)$$

З цього випливає простий ітераційний алгоритм розрахунку основних характеристик якості обслуговування системи $HM/D/m/\infty$:

- із (2.76) для заданих Λ , S та m розраховується t_q ;
- із (2.79) та (2.71) для заданих Λ і σ^2 визначається імовірність $P_{w>0}$ (якби вимоги із черги не йдуть в систему і не збільшують навантаження на неї);
- для розрахованих t_q і $P_{w>0}$ відповідно до (2.60) і (2.61) визначаються первинні значення W і Q ;
- для розрахованих із (2.77) і (2.78) значень Λ_2 та σ^2 відповідно до (2.79) і (2.71) визначається уточнена імовірність $P_{w>0}$, тобто з урахуванням впливу додаткового навантаження на сервери системи із черги. (Довжина черги більш реальна, оскільки вимоги, що не йдуть із системи, сприяють зростанню черги.);
- за уточненим $P_{w>0}$ із (2.60) і (2.61) уточнюються значення W та Q .

Цей алгоритм у великому діапазоні варіювання параметрів Λ , S і m дає завжди занижену оцінку імовірності $P_{w>0}$, однак при цьому відносна помилка ніколи не перевищує -10% . Тому, оскільки на останньому кроці знову уточнюються значення W і Q , то можна ще раз перерахувати $P_{w>0}$ з більш точними значеннями Λ_3 і σ^3 . Перевірка цього кроку показала, що результати розрахунків після третьої ітерації завжди дають верхню оцінку імовірності $P_{w>0}$, яка не перевищує $+10\%$ [2.20].

Система з необмеженою чергою $G/M/1/\infty$. У мультисервісних пакетних мережах зв'язку вхідні інформаційні потоки можуть мати постійну (CBR), змінну (VBR) і змішану бітову швидкість, від чого математична модель потоку може бути від найпростішої пуассонівської до складної моделі фрактальних процесів (самоподібний трафік). Закон розподілу інтервалу часу між вимогами мультисервісного трафіка може бути будь-яким або довільним і тому його модель дається узагальненням (G) розподілом величини цього інтервалу. Довжина пакетів кожної зі служб загальної для них мультисервісної мережі (отже, і тривалість обслуговування) може бути різною – для одних служб постійною, а для інших – змінною. Іноді хорошим наближенням є експонентна функція розподілу тривалості обслуговування вимог і тому адекватною може бути модель $G/M/1/\infty$.

Коефіцієнт використання серверів системи ρ (utilization factor) визначається як відношення інтенсивності вхідного потоку вимог λ до інтенсивності обслуговування μ . В односерверній системі ρ збігається з інтенсивністю вхідного навантаження Λ або з інтенсивністю вхідного потоку вимог λ , якщо за \bar{x} взято одну умовну одиницю часу обслуговування. Якщо $0 \leq \rho < 1$, процес є ергодичним і стаціонарний розподіл імовірностей станів системи існує.

Для будь-якої односерверної системи $\rho = 1 - p_0$, де p_0 – імовірність вільності системи (стан системи p_0 – зайнято 0 серверів). Отже, ρ – чисельно збігається з імовірністю зайнятості системи P_{zn} (стан системи p_1 – зайнятий єдиний сервер, відповідає частці часу зайнятості серверу). З урахуванням вимог, що перебувають у черзі, у стаціонарному режимі існує стаціонарний розподіл кількості вимог у системі p_k , де k – кількість вимог. Цей розподіл не залежить від моменту прибуття вимоги до системи.

За пуассонівського потоку імовірність очікування $P_{w>0}$ збігається з імовірністю зайнятості системи $P_{зн}$. Для односерверної системи $M/G/1/\infty$ з довільним розподілом тривалості обслуговування ці імовірності однакові і $P_{w>0} = \rho$. Однак для моделі $G/M/1/\infty$ такої рівності нема, тобто за цим параметром моделі неінваріантні. Система $G/M/1/\infty$ приводить до геометричного розподілу кількості вимог у системі в моменти надходження нових вимог r_k , де k – кількість вимог. Розподіл p_k відрізняється від r_k тим, що $p_0 = 1 - P_{зн}$ (або $p_0 = 1 - \rho$), у той час як $r_0 = 1 - P_{w>0}$. Для системи $M/G/1/\infty$ виконується рівняння $p_k = r_k$.

Вимога повинна очікувати обслуговування з імовірністю $P_{w>0} = 1 - r_0$. Тому при експонентному розподілі тривалості обслуговування безумовний розподіл тривалості очікування визначиться так [2.15]:

$$W(t) = 1 - P_{w>0} e^{-\mu(1-P_{w>0})t}, \quad \text{при } t \geq 0.$$

З цього можна розрахувати середній час очікування у системі W і всі інші параметри якості обслуговування:

$$P_{зн} = \rho; \quad P_{w>0} = 1 - \frac{\rho}{N}; \quad W = \frac{P_{w>0}}{1 - P_{w>0}}; \quad Q = \frac{\rho \cdot P_{w>0}}{1 - P_{w>0}};$$

$$t_q = T = \frac{1}{1 - P_{w>0}}; \quad N = \frac{\rho}{1 - P_{w>0}}.$$

Оскільки $\mu = 1$, тобто середня тривалість обслуговування $\bar{x} = 1 / \mu$ береться за умовну одиницю часу, то W , t_q і T оцінюються в одиницях середньої тривалості обслуговування. У табл. 2.9 наведено залежності між параметрами QoS для моделі $G/M/1/\infty$.

Таблиця 2.9

Залежності між параметрами QoS у системі $G/M/1/\infty$

Характеристика QoS	Характеристика QoS				Примітка
	Q	W	t_q	N	
$P_{зн}$	ρ	ρ	ρ	ρ	
$P_{w>0}$	$\frac{Q}{\rho+Q}$	$\frac{W}{1+W}$	$1 - \frac{1}{t_q}$	$1 - \frac{\rho}{N}$	$\frac{Q}{N}$
Q	–	$\rho \cdot W$	$\rho \cdot (t_q - 1)$	$N - \rho$	$N \cdot P_{w>0}$
W	$\frac{Q}{\rho}$	–	$t_q - 1$	$\frac{N}{\rho} - 1$	
t_q	$1 + \frac{Q}{\rho}$	$1 + W$	–	$\frac{N}{\rho}$	
N	$\rho + Q$	$\rho \cdot (1 + W)$	$t_q \rho$	–	$\frac{Q}{D_{w>0}}$
T	$1 + \frac{Q}{\rho}$	$1 + W$	t_q	$\frac{N}{\rho}$	

Для моделі $G/M/1/\infty$ виявлено важливі властивості односерверної системи, які є тільки за експонентної тривалості обслуговування (виділені рамкою).

Система з необмеженою чергою $G/D/1/\infty$. У мультисервісних пакетних мережах зв'язку, де модель трафіка подано узагальненим (G) розподілом випадкової величини інтервалу часу між вимогами, вимогою на обслуговування є кожний пакет інформації. Довжина пакетів може бути незмінною за постійної тривалості їх обслуговування, як в технології АТМ. При цьому адекватним є детермінований закон розподілу тривалості обслуговування (D).

З урахуванням формули Літгла в табл. 2.10 наведено формули розрахунку характеристик якості обслуговування для моделі $G/M/1/\infty$ і відомий результат для моделі $M/D/1/\infty$, що впливає з формули Поллачека-Хінчина. У формули моделі $G/G/1/\infty$ введено величину ($t_q - W$), оскільки для моделі $G/M/1/\infty$ відомо, що $t_q = T$, і тому для цієї моделі

$$t_q - W = 1, \quad (2.80)$$

а для моделі $M/D/1/\infty$

$$t_q - W = 0,5. \quad (2.81)$$

За умови (2.80) формули моделі $G/G/1/\infty$ збігаються з відповідними формулами моделі $G/M/1/\infty$, а за умови (2.81) при $P_{w>0} = \rho$ кожна з формул моделі $G/G/1/\infty$ перейде у відповідну формулу моделі $M/D/1/\infty$.

Таблиця 2.10

Основні параметри якості обслуговування

Хар-ка QoS	Модель			
	$M/D/1/\infty$	$G/M/1/\infty$	$G/G/1/\infty$ <i>точно</i>	$G^*/D/1/\infty$ <i>приблизно</i>
P_{zn}	ρ	ρ	$\rho, \frac{Q}{t_q P_{w>0}}$	
$P_{w>0}$	ρ	$1 - \frac{\rho}{N}$	$\frac{W}{t_q}, \frac{Q}{t_q \rho}$	
Q	$\frac{\rho^2}{2(1-\rho)}$	$\frac{\rho P_{w>0}}{1-P_{w>0}}$	$\frac{\rho P_{w>0}}{1-P_{w>0}}(t_q - W)$	$\frac{\rho P_{w>0}}{2(1-P_{w>0})}$
W	$\frac{\rho}{2(1-\rho)}$	$\frac{P_{w>0}}{1-P_{w>0}}$	$\frac{P_{w>0}}{1-P_{w>0}}(t_q - W)$	$\frac{P_{w>0}}{2(1-P_{w>0})}$
t_q	$\frac{1}{2(1-\rho)}$	$\frac{1}{1-P_{w>0}}$	$\frac{1}{1-P_{w>0}}(t_q - W)$	$\frac{1}{2(1-P_{w>0})}$
N	$\rho + \frac{\rho^2}{2(1-\rho)}$	$\frac{\rho}{1-P_{w>0}}$	$\rho + \frac{\rho P_{w>0}}{1-P_{w>0}}(t_q - W)$	$\frac{\rho(2-P_{w>0})}{2(1-P_{w>0})}$
T	$1 + \frac{\rho}{2(1-\rho)}$	$\frac{1}{1-P_{w>0}}$	$1 + \frac{P_{w>0}}{1-P_{w>0}}(t_q - W)$	$\frac{2-P_{w>0}}{2(1-P_{w>0})}$

Якщо припустити, що умова (2.80) здійсненна і при $P_{w>0} \neq \rho$, то з тих же формул моделі $G/G/1/\infty$ можна отримати відповідні формули розрахунку характеристик QoS моделі $G/D/1/\infty$. Але отримані у такий спосіб формули дають неточні та різні результати для різних вхідних потоків, тому це модель з умовно загальним розподілом величини інтервалу часу між вимогами ($G^*/D/1/\infty$). Для моделі $G^*/D/1/\infty$ точність розрахунків за даними формулами не перевищує 20 % для всіх параметрів QoS і при зменшенні інтенсивності навантаження $\rho < 0,5$ похибка розрахунків не перевищує 5 % [2.21].

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 2.1. Довгий С.О. Сучасні телекомунікації: мережі, технології, економіка, управління, регулювання / Довгий С.О., Савченко О.Я., Воробієнко П.П. – К.: Український Видавничий Центр, 2002. – 520 с.
- 2.2. Стеклов В.К. Теорія електричного зв'язку / В.К. Стеклов, Л.Н. Беркман. – К.: Техніка, 2006. – 552 с.
- 2.3. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение [2-е изд., испр.] / Бернар Скляр; пер. с англ. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2003. – 1104 с.
- 2.4. Банкет В.Л. Сигнально-кодовые конструкции в телекоммуникационных системах / Банкет В.Л. – М: О.: Феникс, 2009. – 180 с .
- 2.5. Berrou C. Near Shannon limit error-correcting coding and decoding: turbo-codes / Berrou C., Glavieux A., Thitimajshima P. – Proc. Int. Conf. on Commun. ICC-93. 1993. – Geneva. – Switzerland. – May. – P. 1064–1070.
- 2.6. Турбо-коды и их применение в телекоммуникационных системах / [Банкет В.Л., Прокопов С.Д., Постовой А.Г., Топорков Ф.В.] – К: Зв'язок, 2004. – № 3. – С. 45–47.
- 2.7. В.Л. Банкет. Пространственно-временное кодирование – эффективный способ помехоустойчивой передачи цифровой информации в системах мобильной связи / В.Л. Банкет, Н.А. Ищенко, А.С. Эль-Дадуки. – К: Зв'язок, 2004. – № 8. – С. 40–42.
- 2.8. Barker R.H. Ground synchronizing of binary digital system. Communication theory / Barker R.H. – 1953. – Vol. 7. – № 2. – P. 273–287.
- 2.9. Haykin S. Communications Systems / Haykin S. – John Wiley & Sons, Inc., New Yourk, 1983. – 816 p.
- 2.10. Банкет В.Л. Композитные коды Баркера. Цифровые технологии / Банкет В.Л., Токарь М.И. – К: № 2, 2007. – С. 7–18.
- 2.11. Кениг Д. Методы теории массового обслуживания / Кениг Д., Штойян Д.; пер. с нем. – М.: Радио и Связь, 1981. – 128 с.: илл.
- 2.12. Ложковский А.Г. Экспериментальная оценка модели потока вызовов на современных телефонных сетях / Ложковский А.Г., Захарченко Н.В., Горохов С.М. – М: Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2001. – № 2. – С. 40–43.
- 2.13. Корнышев Ю.Н., Фань Г.Л. Теория распределения информации: Учеб. пособие для вузов / Корнышев Ю.Н., Фань Г.Л. – М.: Радио и Связь, 1985. – 184 с., илл.
- 2.14. Шнепс М.А. Системы распределения информации. Методы расчета: Справ. пособие / Шнепс М.А. – М.: Связь, 1979. – 344 с.: илл.
- 2.15. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания / Клейнрок Л.; пер. с англ. – М.: Машиностроение. – 1979. – 432 с.: илл.
- 2.16. Крылов В.В., Самохвалова С.С. Теория телетрафика и ее приложения / Крылов В.В., Самохвалова С.С. – К: СПб., БХВ-Петербург, 2005. – 288 с.: илл.
- 2.17. Ложковский А.Г. Спрощений метод розрахунку багатоканальної системи з чергою в моделі $M/D/m/\infty$. (Задача Кроммеліна) / Ложковський А.Г. – М: Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2007. – № 2. – С. 69–76.
- 2.18. Ложковский А.Г. Моделирование многоканальной системы обслуживания с организацией очереди / Ложковский А.Г., Салманов Н.С., Вербанов О.В. – Журн.: Восточно-европейский журнал передовых технологий, 2007. – № 3/6 (27). – С. 72–76.
- 2.19. Ложковський А.Г. Нова методика оцінювання імовірності втрат викликів, наближена до реальних умов / Ложковський А.Г. – К.: Зв'язок, 2004. – № 3. – С. 52–53.
- 2.20. Ложковский А.Г. Метод расчета систем обслуживания с ожиданием при производном потоке вызовов / Ложковский А.Г. – К.: Зв'язок, 2006. – № 1. – С. 57–60.
- 2.21. Ложковский А.Г. Расчет одноканальных систем с бесконечной очередью при экспоненциальной длительности обслуживания / Ложковский А.Г. – М.: Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2009. – № 2. – С. 10–13.

ОСНОВИ Розділ 3 ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

3.1. Протокольні моделі взаємодії відкритих систем

Модель OSI

Протокольна модель – опис правил взаємодії систем у мережі на рівні взаємодії об'єктів і логічних модулів, необхідних для реалізації процесів передавання й оброблення інформації взаємодіючими системами. У цій моделі всі правила (протоколи) взаємодії згруповано за їх функціональним призначенням в окремій групі – *протокольні блоки* [3.1]. Ці блоки розміщуються в ієрархічному порядку, і кожний з них являє собою перелік протоколів взаємодії об'єктів певного рівня систем (рис. 3.1).

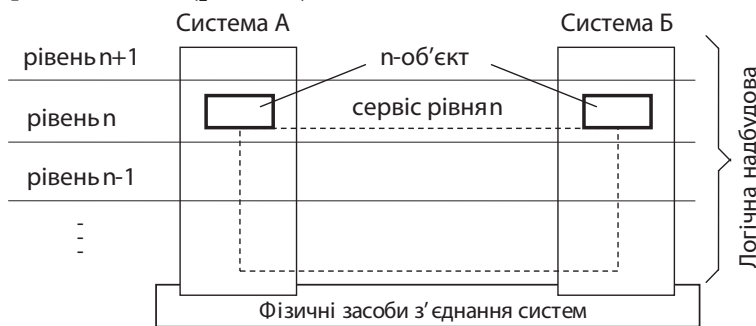


Рис. 3.1. Принцип взаємодії об'єктів систем

Завдання n -го рівня виконують n -об'єкти, які мають комплекс певних функцій цього рівня. Протокольні блоки систем розбиті за рівнями таким чином, що виконання завдань рівня n системи «А» забезпечується за участі об'єктів рівня $n+1$. Об'єкти

рівня n системи взаємодіють з об'єктами $n+1$ та $n-1$ рівнів. Кожен нижчий рівень системи «А» надає *сервіс* вищим рівням. Будь-який об'єкт n -го рівня системи в активному стані може:

- ⇒ формувати (при передаванні) та використовувати й видаляти (при прийманні) керуючу інформацію, за допомогою якої здійснюється координація процедур «з'єднання» n -об'єктів взаємодіючих систем;

- ⇒ інкапсулювати та «просувати» інформацію (дані користувача), що передається між n -об'єктами взаємодіючих систем.

Правила взаємодії об'єктів систем у мережі класифікуються як *протоколи* (правила взаємодії об'єктів n -го рівня різних систем) та *інтерфейси* (правила взаємодії об'єктів сусідніх рівнів системи).

Взаємодія різнотипних відкритих сучасних систем в інформаційно-обчислювальних та телекомунікаційних мережах відповідає концепції протокольної моделі, яка закладена в основі базової (еталонної) *моделі взаємодії відкритих систем* (BBC) – OSI (Open System Interconnection), що стандартизована міжнародними організаціями.

Міжнародна організація зі стандартизації (МОС) – ISO (International Organization for Standardization), аналізуючи досвід створення інформаційно-об-

числювальних мереж, розробила концепцію *архітектури відкритих систем* та в 1984 р. затвердила стандарт ISO 7498:1984 Open System Interconnection basic reference model [3.2]. Цей стандарт діяв до прийняття в 1994 р. стандарту ISO/IEC 7498-1: 1994 (IEC – International Electrotechnical Commission) [3.3]. Враховуючи концептуальну важливість взаємодії систем телекомунікацій, Міжнародний союз електров'язку (МСЕ) – ІТУ (International Telecommunication Union) у 1994 р. стандартизував модель ISO/IEC 7498-1 у рекомендації X.200 [3.4].

Зауважимо, що системи і мережі, які задовольняють вимогам і стандартам базової моделі ВВС, тобто стандартам архітектури відкритих систем, називають *відкритими*.

Базова модель OSI структурує процеси, що мають місце під час сеансів зв'язку, додатків систем на *сім функціональних рівнях* (рис. 3.2). Ці рівні сформовано відповідно до послідовності подій, які виникають протягом сеансу зв'язку. Нижні чотири рівні моделі OSI реалізують функції передачі даних у каналах зв'язку, а верхні рівні – обробки даних. Протоколи від сьомого до четвертого рівнів моделі ВВС визначають правила взаємодії між об'єктами віддалених систем, а протоколи нижчих рівнів починаючи з третього – правила взаємодії сусідніх об'єктів мережі, з'єднаних фізичною лінією.

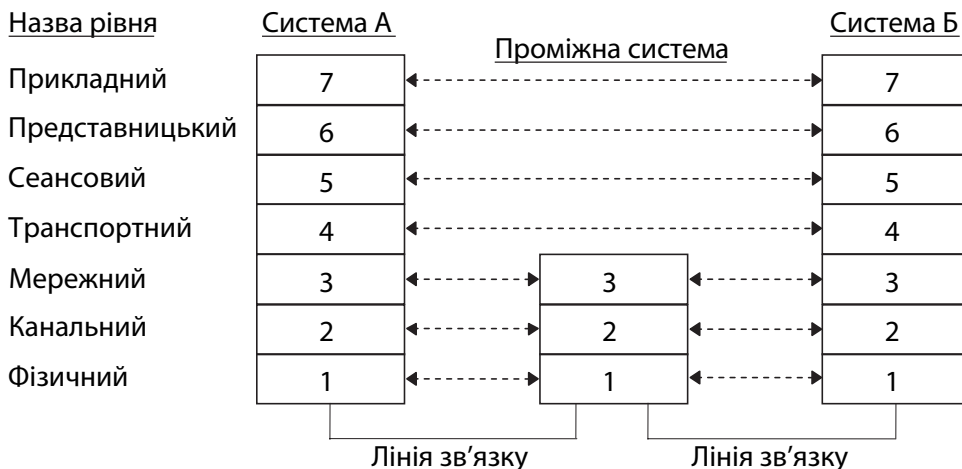


Рис. 3.2. Базова модель взаємодії відкритих систем

Розглянемо більш детально основні функції рівнів моделі OSI. Першим рівнем моделі OSI є *фізичний рівень* (Physical Layer), який забезпечує інтерфейси між мережними пристроями та каналами зв'язку. Протоколи фізичного рівня визначають характеристики і параметри: середовищ передачі, носіїв інформації – сигналів; обробки та перетворення сигналів – корекція, фільтрація, реєстрація, синхронізація, регенерація, модуляція, кодування, мультиплексування тощо. Зауважимо, що середовища передачі умовно відносять до нульового рівня моделі OSI.

Другим рівнем моделі OSI є *канальний рівень* (Data Link Layer), який забезпечує логічне з'єднання систем та передачу даних через інтерфейси фізичного рівня. Протоколи канального рівня визначають логічну топологію мережі, керування доступом до середовища передачі, фізичну адресацію інтерфейсів, формування блоків даних (кадрів, комірок), управління потоком даних, методи виявлення помилок у блоках даних тощо.

Третім рівнем моделі OSI є *мережний рівень* (Network Layer), який забезпечує визначення шляху передачі даних у мережі. Протоколи мережного рівня визначають методи маршрутизації, логічну адресацію інтерфейсів, контроль і сервіси просування блоків даних (пакетів) у мережі, механізми трансляції логічних адрес та імен у фізичні тощо.

Четвертим рівнем моделі OSI є *транспортний рівень* (Transport Layer), який забезпечує ефективну або надійну передачу даних між вузлами мережі. Протоколи транспортного рівня визначають механізми й процедури установаження, підтримки та розриву транспортного з'єднання, сегментації даних, мультиплексування й демультиплексування даних за номерами портів, виявлення помилок у сегментах даних тощо.

П'ятим рівнем моделі OSI є *рівень сеансів* (Session Layer), який підтримує та контролює діалог між мережними додатками. Протоколи рівня сеансів визначають механізми та процедури початку, відновлення й закінчення сеансу зв'язку, перевірки імені користувача, пароля та прав доступу до мережних ресурсів, правила підтримки сеансу зв'язку в активному стані, контроль часу, тривалості й режиму сеансу зв'язку тощо.

Шостим рівнем моделі OSI є *рівень подання даних* (Presentation Layer), що забезпечує інтерпретацію даних під час діалогу мережних додатків. Протоколи цього рівня виконують функції перетворення формату даних додатків у формат для передачі мережею, також за необхідності кодування (шифрування) й декодування (дешифрування), компресію й декомпресію даних тощо. Завдяки цьому для прикінцевих систем мережі можуть застосуватись будь-які типи електронно-обчислювальних машин.

Сьомим рівнем моделі OSI є *прикладний рівень* (Application Layer), який забезпечує керування завданнями під час діалогу мережних додатків. Сьогодні розроблено велику кількість мережних додатків, протоколи яких забезпечують функції пересилання електронної пошти, передачі файлів, гіпертексту, мультимедійних даних, керування мережними об'єктами тощо.

Стандартизована концепція моделі OSI дає можливість виробникам розробляти технології й мережні продукти, що реалізують функції одного або декількох суміжних рівнів моделі, не зачіпаючи функцій інших рівнів. Наприклад, у концентраторах реалізують функції фізичного рівня, в комутаторах – функції фізичного й каналного рівнів, а в маршрутизаторах – функції фізичного, каналного та мережного рівнів. Це дозволяє операторам зв'язку будувати та розвивати свої мережі з використанням широкого спектра сумісних мережних продуктів різного функціонального призначення й різних фірм виробників.

Протокольні моделі мережних технологій

Протокольна модель TCP/IP. Розвиток сучасних мультисервісних мереж базується на наборі протоколів TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol). Протоколи стека TCP/IP розроблено у 70-х роках минулого сторіччя за ініціативою Міністерства оборони США та використано при побудові мережі ARPAnet, яка надалі трансформувалась в *Internet*. Великий внесок для удосконалення стека протоколів TCP/IP зробили університети США, а особливо університет у Берклі, який реалізував його в операційній системі UNIX.

Розвиток, розробку, удосконалення та стандартизацію протоколів стека TCP/IP здійснює Управляюча рада з питань архітектури Інтернет – IAB (Internet Architecture Board), яку створено в 1983 р. за підтримки Суспільства Інтернет, що складається з фізичних осіб та організацій. Широке коло технічних питань Інтернет, у тому числі обов'язкові стандарти протоколів стека TCP/IP, пропозиції зі стандартів та інформаційні повідомлення опубліковано в документах, які називають *RFC* (Request for Comments). Деякі з RFC набули статусу міжнародних стандартів після їх затвердження ISO та ITU.

Архітектура протоколів TCP/IP має *чотири рівні* [3.5]. Архітектуру моделі ISO, що з'явилась набагато пізніше, можна розглядати як подальший розвиток TCP/IP, а саме декомпозицію двох рівнів TCP/IP. Справді, відмінність у цих протокольних моделях полягає в тому, що три вищі рівні (прикладний, представлення даних та сеансовий) моделі OSI в архітектурі TCP/IP об'єднані в один – прикладний рівень (**рис. 3.3**). Рівень мережних інтерфейсів моделі TCP/IP відповідає двом рівням моделі OSI – канальному й мережному [3.1].

Протоколи *прикладного рівня* TCP/IP визначають процедури організації взаємодії прикладних процесів різних мережних комп'ютерів і форми подання інформації за такої взаємодії. Серед традиційних послуг, котрі забезпечують протоколи прикладного рівня із сімейства TCP/IP, сьогодні найбільш популярні такі:

⇒ електронна пошта, котру реалізують протоколи *SMTP* (Simple Mail Transfer Protocol) та *POP3* (Post Office Protocol);

⇒ емуляції віддаленого термінала за допомогою протоколу *Telnet*;

⇒ передачі файлів за допомогою протоколів *FTP* (File Transfer Protocol), *TFTP* (Trivial FTP);

⇒ довідкові служби, які реалізуються за допомогою *DNS* (Domain Name System) та *X.500*;

⇒ допоміжні служби, наприклад одержання ідентифікаторів (протокол *DHCP*), часу (протокол *NTP* – Network Time Protocol), діагностики – *Echo*.

У 90-х роках XX століття в Інтернеті активно запроваджується технологія *WWW* (World Wide Web), яка ґрунтується на протоколі передачі гіпертексту *HTTP* (Hypertext Transfer Protocol). Сьогодні популярні послуги передачі мультимедійних даних у реальному часі за допомогою протоколів *RTP* (Real-time Transport Protocol), резервування ресурсів *RSVP* (Resource Reservation Protocol), ініціювання сесії *SIP* (Session Initiation Protocol) тощо. Особливе місце у стеку TCP/IP посідають протоколи моніторингу *SNMP* (Simple Network Management Protocol) та дистанційного контролю *RMON* (Remote Monitoring).

Протоколи *транспортного рівня* TCP/IP надають транспортні послуги прикладним процесам. Основними протоколами транспортного рівня TCP/IP є протокол керування передачею TCP (Transmission Control Protocol) і протокол доставляння датаграм UDP (User Datagram Protocol), послуги яких істотно відрізняються. Протокол UDP не гарантує доставляння датаграм. Протокол TCP забезпечує надійну передачу сегментів із попереднім встановленням транспортного дуплексного з'єднання між модулями TCP комп'ютерів. Кожен прикладний процес взаємодіє з модулем транспортного рівня TCP або UDP через окремий порт, що дозволяє при взаємодії систем однозначно ідентифікувати прикладні процеси.

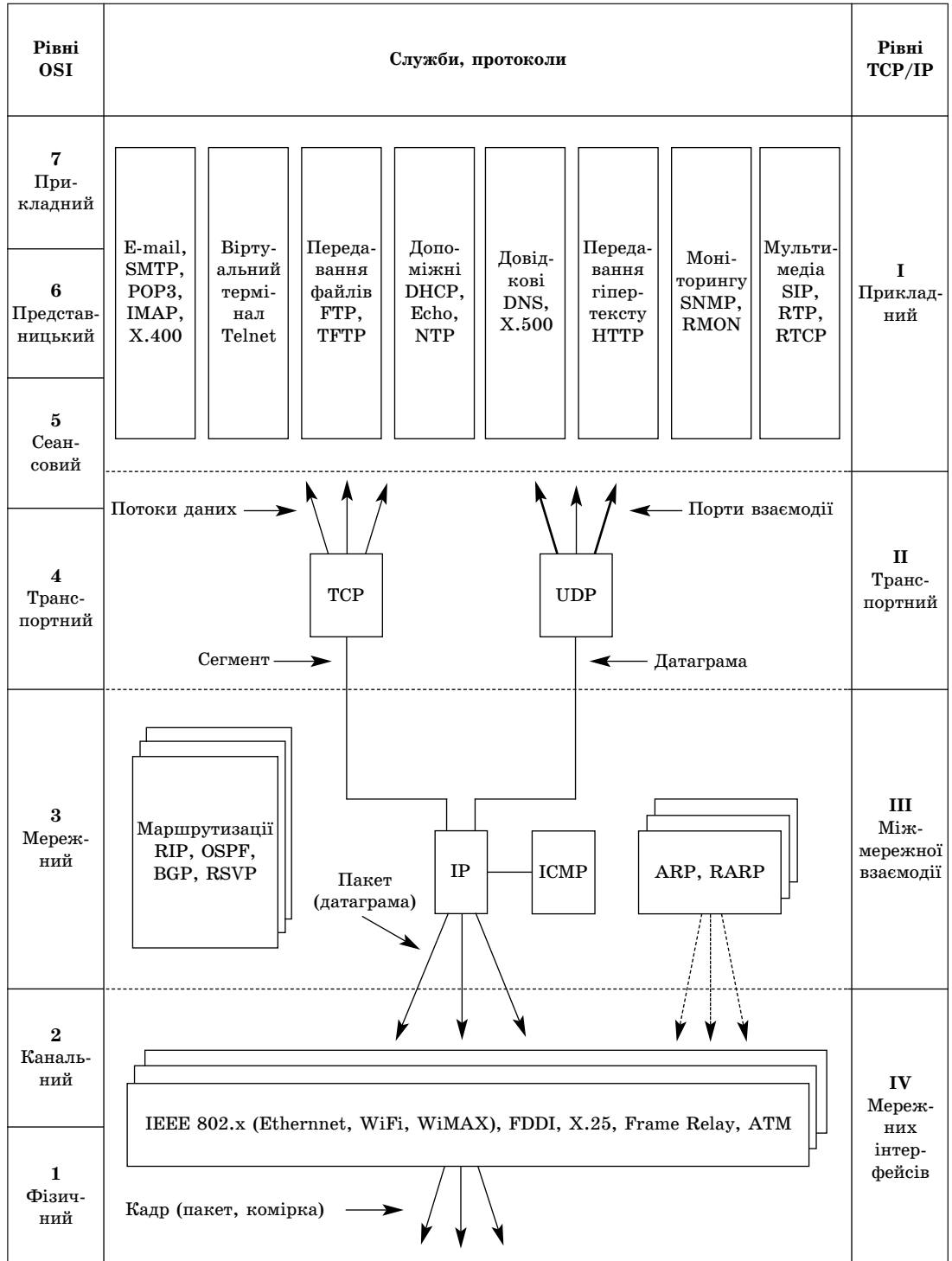


Рис. 3.3. Протокольна модель систем TCP/IP

Протоколи *мережного рівня* TCP/IP забезпечують взаємодію між мережами різної архітектури. Основним протоколом мережного рівня стека TCP/IP є протокол IP та допоміжні протоколи, як-от:

- адресний ARP, який визначає фізичну адресу вузла за IP адресою;
- діагностичних повідомлень ICMP (Internet Control Message Protocol), який надсилає повідомлення про помилки, що виникають при передачі пакетів.

Основна функція протоколу IP – це комутація пакетів даних між системами в різнотипних комп'ютерних мережах. Функціонування мережного рівня забезпечує низка протоколів динамічної маршрутизації *RIP* (Routing Information Protocol), *OSPF* (Open Shortest Path First), *BGP* (Border Gateway Protocol), які динамічно формують маршрути передачі даних між системами.

Протоколи *рівня мережних інтерфейсів* не входять до стека TCP/IP. Але протокол IP може взаємодіяти з великою кількістю протоколів та мережних технологій (Ethernet, WiFi, WiMAX, FDDI, PPP, X.25, Frame Relay, ATM тощо), які функціонують на каналному та фізичному рівнях моделі OSI.

Протокольні моделі IEEE. Великий вплив на розвиток і поширення локальних мереж (LAN – Local Area Network) зробили стандарти IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). Архітектура протоколів систем цих мереж охоплює два нижні рівні моделі OSI, а саме – фізичний та каналний. Стандартизація та модернізація технологій LAN потребувала декомпозиції цих рівнів моделі на підрівні. Так, каналний рівень у стандарті IEEE 802.2 передбачає два підрівні – керування логічним каналом LLC та керування доступом MAC. У технології LAN Ethernet (стандарт IEEE 802.3) фізичний рівень розділено на три підрівні, а в технології Fast Ethernet (стандарт IEEE 802.3u) – на шість підрівнів [3.6]. Така деталізація структури *n*-рівневі об'єкти на відповідних рівнях моделі OSI та не порушує загальної структури моделі OSI, оскільки стандарт визначає верхній інтерфейс протоколів кожного рівня.

Протокольна модель технології ІТТ. Сучасна концепція побудови мульти-сервісних мереж наступних поколінь (NGN) базується на принципі пакетної комутації з використанням IP та поступовим переходом від IP4 до IPv6 (принцип «All over IP»). Цей підхід є зваженим компромісом між існуючою інфраструктурою мережі Інтернет і новими викликами часу, зокрема високими вимогами до якості обслуговування при передачі трафіка реального часу. Водночас цей підхід використовує багаторівневу модель взаємодії відкритих систем і відповідну доволі ускладнену схему інкапсуляції протокольних одиниць даних (PDU). Численні заголовки різних рівнів такої моделі призводять до значного навантаження каналів зв'язку і мережного обладнання службовим трафіком, що, у свою чергу, обмежує ефективність використання мережних ресурсів та швидкість передачі корисної інформації.

Тому у світовій практиці пропонувались технології та методи, які зменшують кількість службових заголовків і обсяг службової інформації в мережних протоколах. Зокрема, в Одеській національній академії зв'язку ім. О.С. Попова запропоновано нову трирівневу модель взаємодії відкритих систем і відповідну мережну технологію UA-ІТТ (Ukraine Integrated Telecommunication Technology) [3.7, 3.8].

Модель ІТТ є подальшим розвитком метода пакетної комутації, але на відміну від принципу «All over IP» в моделі ІТТ запропоновано нову уніфіковану систему відкритої адаптивної адресації об'єктів мережі зі змінною довжиною адреси, а також метод динамічної комутації цифрових потоків з орієнтацією на з'єднання кінцевих абонентів мережі. Відкритість системи адресації в моделі ІТТ дозволяє

практично необмежено розширювати адресний простір у разі необхідності без зміни базових протоколів взаємодії різних рівнів моделі. Окрім того, довжина адреси в моделі ІТТ може адаптуватися до взаємного розташування відправника та одержувача повідомлень на загальній топологічній схемі глобальної адресації. Це дозволяє використовувати короткі адреси для абонентів мережі, які мають невелику «топологічну відстань» одне від одного.

Мережний рівень моделі ІТТ об'єднує в собі п'ять рівнів сучасної моделі OSI/ISO (частково каналний, мережний, транспортний, сеансовий, а також проміжний рівень, який умовно позначається як L2.5 OSI і використовується в транспортних мережних сегментах з технологіями MPLS (Multiprotocol Label Switching), PBB (Provider Backbone Bridges) тощо. Співвідношення між протокольними рівнями моделей OSI, TCP/IP, IEEE та ІТТ пояснюються схемою **рис. 3.4**.

Рівні OSI/ISO	Рівні TCP/IP	Рівні IEEE	Рівні ІТТ
7. Прикладний	4. Прикладний		3. Прикладний
6. Представницький			2. Мережний
5. Сеансовий			
4. Транспортний	3. Транспортний	2. Підрівень LLC Підрівень MAC	1. Фізичний
3. Мережний	2. Міжмережний		
2. Канальний	1. Доступу	1. Підрівні PHY	
1. Фізичний			

Рис. 3.4. Співвідношення рівнів протокольних систем

Виграш за пропускну здатністю каналу взаємодіючих систем технології UA-ІТТ порівняно із системами RTP over UDP over IPv6 /MPLS/ over GbE при передачі сегментів медіа-даних обсягом до 100 байт оцінюється приблизно у 40 %.

Узагальнена модель взаємодії відкритих систем

Розвиток та глобалізація телекомунікацій, інтелектуалізація систем, розширення асортименту й якості послуг підвищує роль допоміжних функцій систем, зокрема синхронізації, сигналізації, контролю, керування тощо. Одновимірною стандартизованою моделлю OSI не дає відповідей на проблеми сукупної взаємодії підсистем, що реалізують допоміжні функції систем. Тому у світовій практиці порушувалися та вирішувалися питання уведення площин, що реалізують основні й допоміжні функції систем [3.8]. Зокрема, в протокольній моделі систем мережі B-ISDN (Broadband Integrated Services Digital Network) уведено поняття площин. Тобто модель B-ISDN подано двовимірною. Таке розширення моделі дозволило більш

компактно й чітко структурувати та вирішувати проблеми, які виникали у В-ISDN при взаємодії систем.

У [3.9] запропоновано концепцію двовимірної моделі ВВС, яка структурує взаємодію систем як за рівнями, так і за площинами. При уведенні площин на-самперед виходили з їх функціонального призначення, тобто родинні функції зби-ралися на одній площині. При цьому площини діляться на підплощини.

Зазначимо особливості, характерні для площин узагальненої моделі ВВС:

⇒ кількість площин системи визначається за кількістю допоміжних функцій, які можливо виокремити та згрупувати за певними ознаками;

⇒ об'єкти будь-якої площини системи взаємодіють за принципами, закладеними в моделі OSI;

⇒ деякі площини можуть не мати об'єктів усіх рівнів моделі OSI;

⇒ взаємодія об'єктів різних площин на n -му рівні не строго ієрархічна на відміну від взаємодії об'єктів різних рівнів у певній площині.

Розглянемо функціональне призначення площин узагальненої моделі ВВС.

Основну функцію системи – обробку та передачу даних користувача в каналах зв'язку за заданою якістю забезпечує **площина користувача**. Площина користу-вача може складатися з підплощин, що реалізують функції обробки й передачі да-них користувача в термінальному та мережному обладнаннях (рис. 3.5). Функції рівнів площини користувача узагальненої моделі ВВС відповідають функціям мо-делі OSI, за винятком деяких функцій, які входять до інших площин.

Одна з важливих допоміжних функцій системи, яка передбачає попереднє установлення фізичного чи віртуального з'єднання, може бути реалізована за допо-могою об'єктів **площини сигналізації**. Об'єкти цієї площини забезпечують уста-новлення, контроль і роз'єднання зв'язку. Площина сигналізації може мати підплощини контролю та метасигналізації. Об'єкти підплощини контролю ре-алізують функції, які стосуються з'єднання в мережному інтерфейсі, а об'єкти підплощини метасигналізації реалізують функції, які стосуються з'єднання в інтерфейсі користувач–мережа.

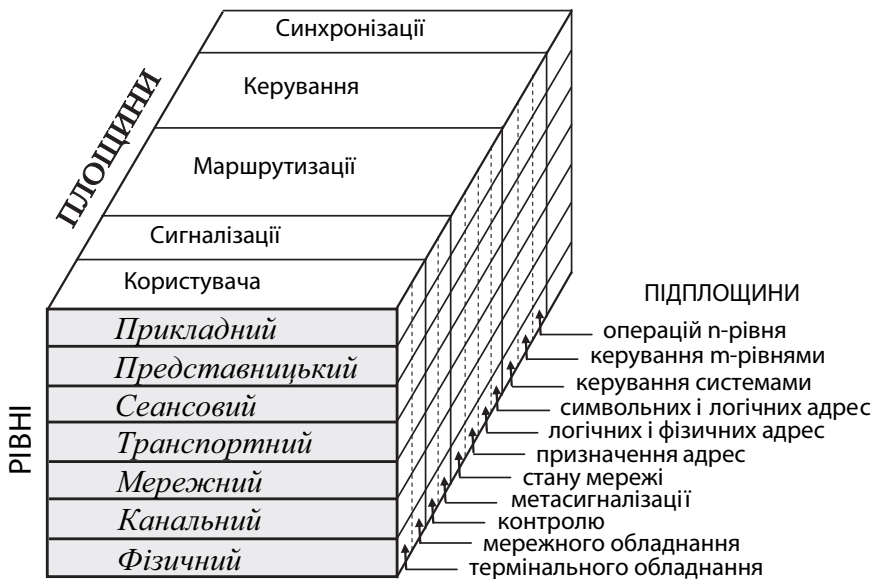


Рис. 3.5. Узагальнена модель взаємодії відкритих систем

Для забезпечення функції керування об'єктами системи в узагальненій моделі ВВС введено *площину керування*. Причому керування може відбуватися об'єктами різних рівнів системи. Тому площину керування поділено на такі підплощини:

❖ керування системами, коли функції керування стосуються об'єктів усіх рівнів системи;

❖ керування m -рівнями, коли функції керування стосуються об'єктів декількох рівнів моделі;

❖ операцій n -рівня, коли функції керування стосуються керуючої інформації, яка міститься в комунікаційних протоколах лише зазначеного рівня.

Специфічну допоміжну функцію системи, що забезпечує просування пакетів мережею від користувача до користувача реалізують за допомогою об'єктів, віднесених до *площини маршрутизації*. Для розв'язання завдання маршрутизації пакетів необхідно мати адекватну інформацію про структуру та властивості мережі. Для автоматизованого збирання цієї інформації розроблено певні алгоритми (протоколи). Щодо адрес, то в мережах з комутацією пакетів для адресації певного мережного інтерфейсу одночасно застосовують логічну, фізичну й символічну адреси. Тому об'єкти площини маршрутизації мають розв'язувати завдання щодо установлення відповідності між цими адресами. Зрештою в площині маршрутизації виділено такі підплощини:

- збирання та поширення інформації про стан мережі;
- автоматизованого процесу призначення логічних адрес;
- установлення відповідності між символічною та логічною адресами;
- установлення відповідності між логічною та фізичною адресами.

Окремі важливі функціональні завдання виконує система синхронізації. Тому введено *площину синхронізації*. Об'єкти цієї площини забезпечують синхронізацію тактових частот взаємодіючих систем, синхронізацію цифрових потоків та цифрових (дискретних) відліків тощо.

Крім розглянутих допоміжних функцій систем, важливими є функції, які призначені всім площинам та рівням системи. Основними з цих функцій є енергозабезпечення й енергозбереження, захист інформації, екологічна та виробнича безпека, надійність, живучість тощо.

3.2. Середовища передавання інформації

Напрямні системи передачі

Ефективність роботи систем зв'язку залежить, у першу чергу, від якості їх складових і в тому числі від якості напрямних систем зв'язку (НСЗ).

Напрямні системи зв'язку – це пристрої, призначені для передачі електромагнітної енергії в заданому напрямку. Існує два основних типи НСЗ: напрямні системи передачі (лінії зв'язку) і лінії в атмосфері (радіолінії).

Особливістю напрямних систем передачі (НСП) є те, що вони здійснюють поширення сигналів спеціально створеними колами і трактами.

Особливістю радіоліній є поширення електромагнітних сигналів у вільному просторі (космос, ефір, земля, вода та ін.).

У НСП каналізуючими властивостями володіють різні середовища передавання інформації: ізольовані провідники, діелектрики та будь-які границі розподілу середовищ із різними електричними властивостями (метал – діелектрик, діелект-

рик – повітря та ін.). Тому роль НСЗ можуть виконувати металеві лінії (кабель, хвилевід), діелектричні лінії з матеріалів з діелектричною проникністю $\epsilon > 1$ (діелектричний хвилевід, волоконний світловід), а також металево-діелектрична лінія (лінія поверхневої хвилі).

У цьому підрозділі розглядається середовище передачі інформації (ізолювані провідники, оптичні волокна й ефір) напрямних систем зв'язку, що найбільш часто використовуються у зв'язку.

Напрямні системи передачі поділяються на провідні, хвилевідні, волоконно-оптичні, стрічкові.

До провідних НСП належать: повітряні лінії (ПЛ), симетричні, коаксіальні кабелі (СК, КК), лінії поверхневої хвилі (ЛПХ), радіочастотні кабелі (РК), надпровідні кабелі (НПК), смуго-стрічкові лінії (ССЛ).

До хвилевідних НСП належать металеві та діелектричні хвилеводи (МХ, ДХ).

До волоконно-оптичних НСП належать оптичні кабелі (ОК).

Конструкції різних НСП схематично приведено на рис. 3.6 [3.10, 3.11].

Частотний діапазон використання різних НСЗ приведено на рис. 3.7, а в табл. 3.1 – їх класифікації за довжиною хвиль та частотним діапазоном використання.

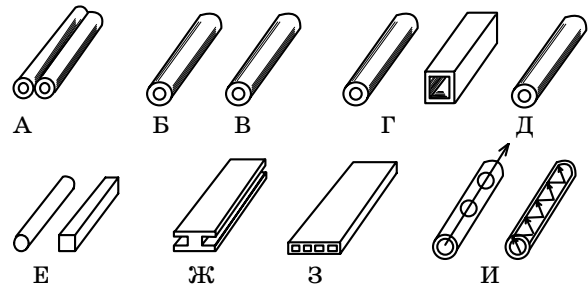


Рис. 3.6. Конструкції НСП:

- A** – у повітряних лініях та симетричних кабелях;
- B** – у коаксіальних кабелях; **B** – у надпровідних кабелях (працюють за температури -273°C);
- Г** – металеві хвилеводи; **Д** – лінії поверхневої хвилі;
- Е** – діелектричні хвилеводи;
- Ж, З** – стрічкові лінії; **И** – оптичний кабель

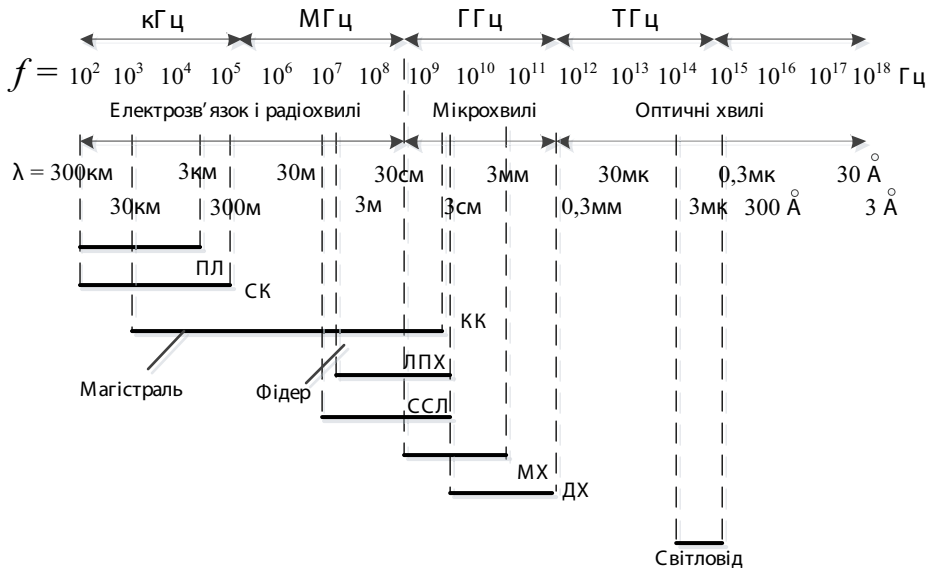


Рис. 3.7. Частотні діапазони різних напрямних систем зв'язку

Аналіз даних, приведених на цих рисунках та у *табл. 3.2*, показує, що чим більший діапазон частот можливо передавати НСЗ, тим більше можливо отримувати каналів зв'язку і економічніша їх передача.

Таблиця 3.1

Частотна класифікація напрямних систем зв'язку

Напрямна система	Частота, Гц	Довжина хвилі	Радіозасіб
ПЛ	$0...10^5$	км	радіолінії
СК	10^6	100 м	радіолінії
КК, ЛПХ, РК	10^8	м	радіолінії
КК, НПК, ССК, РК	10^9	дцм	радіолінії, радіорелейні лінії
–	10^{10}	см	супутникові лінії, радіорелейні лінії
МХ, ДХ	$10^{10}...10^{11}$	мм	–
–	$10^{12}...10^{14}$	ГЧП	–
ОК	$10^{14}...10^{15}$	мкм	лінії зв'язку

Останнє підтверджується даними табл. 3.2, де вказано число каналів, що можливо організувати за допомогою різних напрямних систем передавання [3.11].

Таблиця 3.2

Класифікація найбільш застосовуваних напрямних систем зв'язку за частотним діапазоном використання

Напрямна система	Частота, Гц	Довжина хвилі	Можлива кількість телефонних каналів	Існуюча система зв'язку
Повітряна лінія	10^5	км	10	В-12
Симетричний кабель	10^6	100 м	100...1000	К-60п, К-1020 с
Коаксіальний кабель	10^8	м	1000...10000	К-1920, К-3600, К-5400, К-10800
Хвилевід	$10^{10}...10^{11}$	мм	100000	–
Оптичний кабель	$10^{14}...10^{15}$	мкм	більше 100000	СТМ-1, СТМ-256

Двопровідна лінія як середовище передачі інформації

Розглянемо фізичні процеси, які відбуваються при поширенні електромагнітних хвиль повітряними лініями, симетричним та коаксіальним кабелями, що здійснюються за двопровідною схемою з використанням прямого та зворотного ізолюваних провідників кола. Двопровідні НСЗ (*рис. 3.8*) використовуються в діапазоні довжин хвиль, коли довжина хвилі найбільшої частоти сигналу, що поширюється, набагато більша поперечного розміру конструкції цієї системи. При виконанні цієї умови двопровідними НСЗ поширюються тільки квазі-ТЕМ хвилі. У квазістаціонарному режимі хвильові рівняння електромагнітного поля вироджуються в рівняння в електромагнітостатичі і вирішуються за допомогою законів Ома та Кірхгофа. У цьому випадку для виводу рівнянь, що описують зміни напруги та струму в двопровідній НСЗ, можна скористатися еквівалентною схемою *рис. 3.9*, де $R = R_a + R_g$, $L = L_a + L_g$, G , C – загальний опір, внутрішня індуктивність, провідність та ємність ділянки dx двопровідної НСЗ. Первинні параметри передачі R , L разом з міжпровідниковою індуктивністю створюють повний опір, а G , C – повну провідність, які для гармонічного сигналу будуть дорівнювати: $Z = R + j\omega L$, $Y = G + j\omega C$ відповідно. Із названих чотирьох первинних пара-

метрів передачі лише R , G обумовлюють втрати енергії: перший – теплові втрати у провідниках та інших металевих елементах кабелю, що оточують двопровідну НСЗ; другий – втрати в ізоляції.

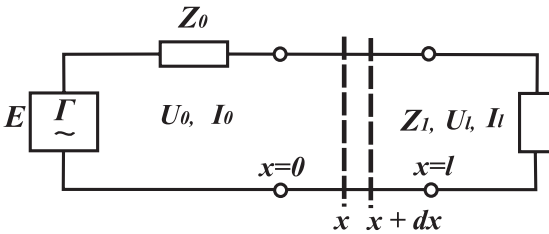


Рис. 3.8. Схема кола двопровідної НСЗ

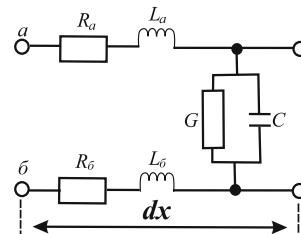


Рис. 3.9. Еквівалентна схема двопровідного кола НСЗ

Вивід виразів для первинних параметрів та їх фізична сутність для різних конструкцій різних НСЗ ретельно розглянуті в літературі [3.10, 3.11].

Зображений генератор гармонічного сигналу $E = U_m \sin \omega t$, де U_m – амплітуда гармонічного сигналу; ω – циклічна частота; t – період часу; Z_0 – комплексний опір генератора. Коло навантажене на комплексний опір Z_l .

Для широковідомих рівнянь однорідного кола [3.10, 3.11], отриманих при припущенні, що первинні параметри R , L , C , G не змінюються за довжиною лінії, впливає, що поширення енергії по колу, струм та напруга в будь-якій точці обумовлені коефіцієнтом поширення γ та хвильовим опором $Z_{xв}$ (3.1):

$$\gamma = \alpha + j\beta = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)}; \quad Z_{xв} = \sqrt{\frac{(R + j\omega L)}{(G + j\omega C)}}. \quad (3.1)$$

У процесі довготривалої експлуатації кабелів у полімерних оболонках під дією різних зовнішніх факторів (проникнення вологи в осердя кабелю в місцях пошкодження оболонки, наявність дифузії через оболонку, сезонні зміни температури навколишнього середовища експлуатації кабелю) виникають зміни первинних і вторинних параметрів передачі та взаємного впливу.

Боротьба з цим явищем на певному етапі актуальна для міжміських симетричних кабелів та кабелів останньої милі. Методи реанімації «замоклих» кабелів докладно вивчено в літературі [3.12].

Оптичне волокно як середовище передачі інформації

Світло являє собою один з видів електромагнітної енергії, так само, як радіохвилі, рентгенівські промені і, нарешті, електронні цифрові імпульси. Електромагнітні хвилі являють собою перемінні магнітні й електричні поля, перпендикулярні один одному і напрямку поширення. Світлова хвиля є поперечною хвилею. Якщо електричне і магнітне поле коливається в площині, то у точці простору (Z), що фіксується, вона пересувається з часом уздовж відрізка прямої лінії.

У фізиці всі види матерії розділяються за природою або на хвилі, або на частки. Зазвичай світло уявляється у вигляді хвиль, а електрони – у вигляді часток. Однак сучасні фізичні дослідження показали, що чіткої межі між частками і хвилями не існує. Поводження як частки, так і хвилі може бути і корпускулярним, і хвильовим.

Частки світла називаються *фотонами*. Фотони являють собою *квант*, чи пакет випромінювання. Квант є елементарною одиницею випромінювання. Не можна спостерігати половину чи 5,33 кванта. Кількість енергії, яка переноситься фотоном, залежить від його частоти. Кількість енергії збільшується зі зростанням частоти: великі частоти відповідають більшій кількості енергії. Довжинам хвиль фіолетового діапазону відповідає більша кількість енергії, чим червоному світлу, тому що фіолетовому діапазону відповідають великі частоти. Енергія E (у ватах), запасена в одному фотоні, дорівнює [3.13, 3.14]

$$E = hf, \quad (3.2)$$

де f – його частота і h – постійна Планка, яка дорівнює $6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж \cdot с (джоуль \cdot секунда).

З цього рівняння видно, що енергія фотона залежить тільки від його частоти (чи довжини хвилі). Енергія фотона пропорційна частоті. Квант енергії світла, укладеної в одному фотоні, дорівнює hf .

Існує кілька рівнів енергії для різних високочастотних довжин хвиль. Зазначимо, що чим вище частота, тим більшу енергію має квант.

Інфрачервоне світло (10^{13} Гц)	$6,63 \times 10^{-20}$ Дж \cdot с
Видиме світло (10^{14} Гц)	$6,63 \times 10^{-19}$ Дж \cdot с
Ультрафіолетове світло (10^{15} Гц)	$6,63 \times 10^{-18}$ Дж \cdot с
Рентгенівські промені (10^{18} Гц)	$6,63 \times 10^{-15}$ Дж \cdot с

Фотон є дивною часткою з нульовою масою спокою. Якщо він не рухається, то він не існує. У цьому сенсі фотон не є часткою, такою, як камінь чи крапля чорнила. Він є вмістищем енергії, але поводить себе як частка.

У волоконній оптиці світло розглядають і як частку, і як хвилю. Зазвичай залежно від суті використовують або перше, або друге поняття. Наприклад, багато характеристик оптичного волокна засновано на довжині хвилі, і світло розглядається як хвиля. З іншого боку, випущення світла джерелом чи його поглинання детектором краще описується теорією часток. Опис роботи детектора засновано на фотонах, що потрапляють на детектор і поглинаються їм. Енергія, що виділяється, забезпечує електричний струм у ланцюзі. Світловипромінювальні діоди (СВД) працюють на принципі передачі енергії від електронів до фотонів, енергія яких визначає довжину хвилі випромінюваного світла. Таким чином, світло поводить себе різним способом при різних обставинах. Тому, щоб просто описати світло, необхідно використовувати залежно від обставин різні підходи (положення геометричної оптики, хвильової оптики чи квантової оптики) [3.10, 3.13].

У цій монографії досить розглянути світло як електромагнітну хвилю чи як електромагнітне випромінювання.

Розглянемо електромагнітний спектр, використовуваний у волоконних світловодах.

Електромагнітне випромінювання утворює безупинний частотний спектр, що просягається від ультразвуку до радіохвиль, мікрохвильового випромінювання, рентгенівських променів і далі. Світло являє собою електромагнітне випромінювання з більшою частотою і більш короткою довжиною хвилі порівняно з радіохвилями. Воно поширюється у хвилі в такий само спосіб, як і радіосигнали, рентгенівські промені і т.ін. Світлове випромінювання обіймає тільки маленьку частину електромагнітного спектра.

Видиме світло міститься в межах діапазону хвиль 390–760 нанометрів ($1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$), чи 0,39–0,76 тисячних частин міліметра. Порівняйте це з радіо-

хвилями, з довжинами хвилі від сотень до тисяч метрів! Світло в загальному використанні означає тільки видиме світло, але цей термін зазвичай розширюється, щоб охопити і ультрафіолетове (короткохвильове), і інфрачервоне випромінювання (довгохвильове).

Фактично термін «світло» охоплює весь спектр випромінювання, що може керуватися аналогічним способом (лінзами, сітками, призмиами і т.ін.). Цей більш широкий діапазон зазвичай охоплює від 190 нм (ультрафіолетове світло) до 2000 нм (інфрачервоне світло).

В оптичному зв'язку за допомогою волоконних світловодів використовується прикордонний з інфрачервоним діапазон довжин хвиль від 800 до 1600 нм. На цьому етапі у волоконно-оптичних системах передачі (ВОСП) у зазначеному діапазоні довжин хвиль застосовується п'ять вікон прозорості (табл. 3.3).

Високі частоти світла чи малі довжини хвиль становлять великий інтерес з погляду комунікаційної технології, тому що більш високі частоти несучої хвилі означають велику швидкість передачі інформації. Технологія волоконної оптики дозволяє використовувати потенційну можливість світла і забезпечувати високу швидкість передачі інформації.

Таблиця 3.3

Діапазони довжин хвиль вікон прозорості ОВ

Назва вікна прозорості	Діапазон довжин хвиль, нм
Перше	Близько 850
Друге	1280–1325
Третє	1530–1565
Четверте	1565–1620
П'яте	1350–1450

Фізичні процеси, що відбуваються при поширенні електромагнітних хвиль у волоконних світловодах оптичних кабелів, мають свої особливості. На відміну від звичайних кабелів, що володіють електричною провідністю і струмом провідності $I_{пр}$, ОК мають зовсім інший механізм передачі, а саме струми зсуву $I_{см}$, на основі яких діє також радіопередача. Відмінність від радіопередачі полягає в тому, що хвиля поширюється не у вільному просторі, а концентрується в самому обсязі світловода і передається по ньому в заданому напрямку (рис. 3.10).

У звичайних кабелях носієм переданої інформації є електричний струм, а в ОК – лазерний промінь.

У звичайних ши-

роко застосовуваних на теперішній час симетричних і коаксіальних кабелях передача здійснюється за двопровідною схемою із застосуванням прямого і зворотного провідника ланцюга (рис. 3.11, а). У світловодах, хвилеводах і деяких інших напрямних системах немає двох провідників, і передача відбувається хвилевідним методом. Передача здійснюється за рахунок багаторазового відбиття хвилі від границі розділу середовищ (рис. 3.11, б). Такою границею, що відбиває, може бути метал-діелектрик, діелектрик-діелектрик з різними діелектричними (оптичними)

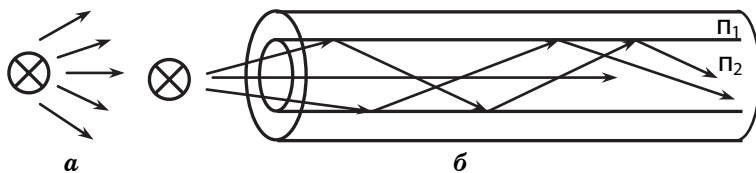


Рис. 3.10. Процес передачі:
а – в ефірі; б – по світловоду

властивостями та ін. На хвильовідному принципі діють світловод, хвильовід, лінія поверхневої хвилі, діелектричний хвильовід і інші конструкції напрямних систем.

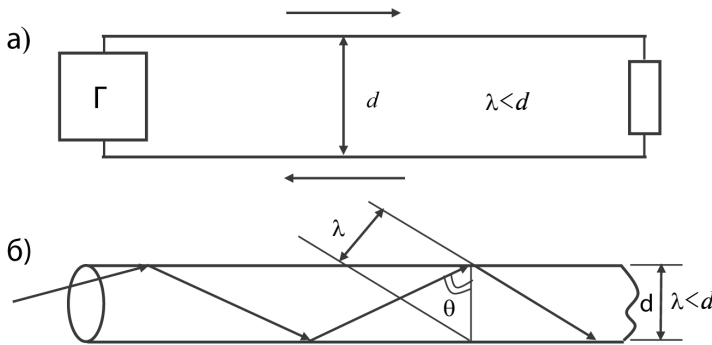


Рис. 3.11. Двопровідні (а) і хвильовідні (б) напрямні системи

Границя розділу двопровідних (двозв'язкових) і хвильовідних (однозв'язкових) напрямних систем характеризується співвідношенням між довжиною хвилі λ і поперечними розмірами прямої системи d . При $\lambda > d$ потрібно два проводи: прямий і зворотний, і передача відбувається за звичайною

двопровідною схемою. При $\lambda < d$ не потрібно двопровідної схеми, і передача відбувається за рахунок багаторазового зигзагоподібного відображення хвилі від границь розділу середовищ з різними характеристиками. Тому передача по хвильовідним системам (світловодам, хвильоводам та іншим НС) можлива лише при частотах, коли довжина хвилі порівнянна чи менша, ніж поперечні розміри – діаметр НС.

Виходячи з [3.10, 3.13], розглянемо принцип дії волоконного світловоду і можливі випадки поширення хвилі у світловоді для різних частот.

На рис. 3.12 показано граничні випадки поширення малих довжин хвиль при $\lambda \rightarrow 0$ (рис. 3.12, а) і хвиль, порівнянних з діаметром світловоду (d) при $\lambda \rightarrow d$ (рис. 3.12, б). У першому випадку ($\lambda \rightarrow 0$ і $f \rightarrow \infty$, кут $\theta \rightarrow 90^\circ$) відображень мало і хвиля поривається до прямолінійного руху вздовж світловоду. У цьому випадку передача по світловоду проходить за вигідних умов.

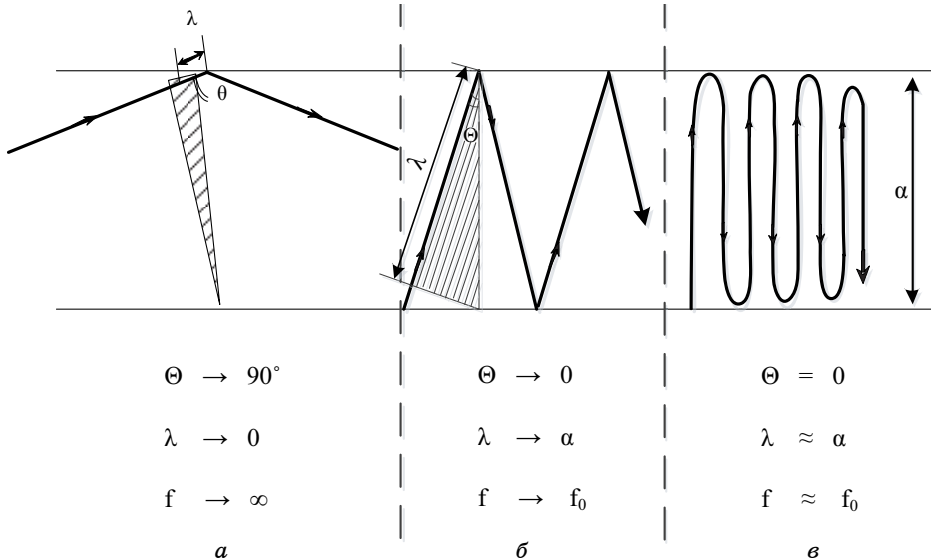


Рис. 3.12. Поширення хвиль у світловоді для частот: а – дуже високих; б – менш високих; в – критичних

У другому випадку ($\lambda \rightarrow d$ і $f \rightarrow c/d$) кут $\theta \rightarrow 0$, хвиля випробує велике число відображень і поступальний рух її дуже малий. У цьому випадку уздовж світловоду передається невелика частка енергії.

При визначеній довжині хвилі $\lambda \approx d$ (рис. 3.12, *е*) настає такий режим, коли $\theta = 0$ і хвиля падає на оболонку світловоду і відбивається перпендикулярно. У світловоді встановлюється режим стоячої хвилі, і енергія уздовж світловоду не переміщається. Цей режим відповідає критичній довжині хвилі $\lambda_0 = d$ і критичній частоті $f_0 = c/d$.

Таким чином, у світловоді можуть поширюватися лише хвилі довжиною меншою, ніж діаметр осердя світловоду ($\lambda < d$). З огляду на те, що, наприклад, у світловоді зі східчастим профілем показника заломлення (ППЗ) границею розділу осердя–оболонка є прозоре скло, можливе не тільки відображення оптичного променя, але і проникнення його в оболонку. Для запобігання переходу енергії в оболонку і випромінюванню в навколишнє середовище необхідно дотримуватися умови цілковитого внутрішнього відображення. Реалізація цієї умови щодо двошарового світловоду показана на **рис. 3.13**.

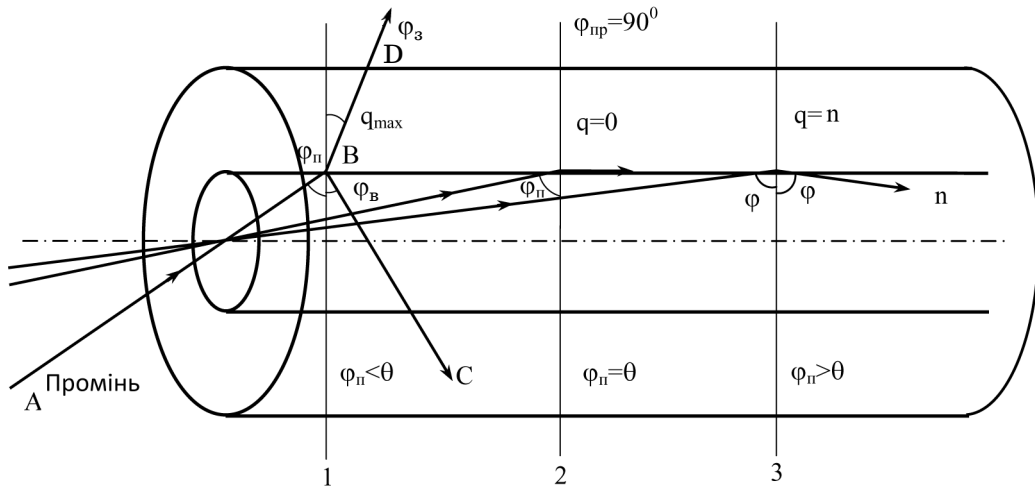


Рис. 3.13. Принцип дії волоконного світловоду:
1 – заломлений промінь;
2 і 3 – відсутній заломлений промінь

За законами геометричної оптики в загальному вигляді на границі осердя–оболонка будуть міститися падаюча хвиля AB з кутом $\varphi_{\text{п}}$, відбита BC із кутом $\varphi_{\text{в}}$ і заломлена хвиля BD з кутом $\varphi_{\text{з}}$. Відомо, що при переході із середовища з більшою щільністю в середовище з меншою щільністю, тобто при $n_1 > n_2$, хвиля при визначеному куті падіння цілком відбивається і не переходить в інше середовище. Кут падіння, починаючи з якого вся енергія відбивається від границі розділу середовищ, тобто $\varphi_{\text{п}} = \theta_{\text{пвв}}$, називається кутом повного внутрішнього відображення.

Цей кут визначається зі співвідношення

$$\sin \theta_{\text{пвв}} = \frac{n_2}{n_1} = \sqrt{\frac{\mu_{r2} \varepsilon_{r2}}{\mu_{r1} \varepsilon_{r1}}}, \quad (3.3)$$

де μ_{r1} і ε_{r1} , μ_{r2} і ε_{r2} – магнітна і діелектрична проникності осердя й оболонки.

При критичному куті $\varphi_{\text{п}} = \theta_{\text{пвв}}$ хвиля рухається уздовж границі розділу середовищ серцевина-оболонка (рис. 3.13, лінія 2) і немає випромінювання в навколишнє середовище. При $\varphi_{\text{п}} > \theta_{\text{пвв}}$ хвиля цілком відбивається і повертається у вихідне середовище – осердя (рис. 3.13, лінія 3). Випромінювання також немає. Чим більше кут падіння хвилі, тобто $\varphi_{\text{п}} > \theta_{\text{пвв}}$ в межах від $\theta_{\text{пвв}}$ до 90° , тим краще умови поширення і швидше хвиля прийде до приймального кінця. У цьому випадку вся енергія концентрується в осерді світловоду і практично не випромінюється в навколишнє середовище.

При куті, меншому кута повного відображення, тобто при $\varphi_{\text{п}} > \theta_{\text{пвв}}$, енергія проникає в оболонку, випромінюється в зовнішній простір, і передача по світловоду неефективна.

Режим повного внутрішнього відображення визначає умову введення світла у вхідний торець волоконного світловоду. Як видно з рис. 3.13, світловод пропускає лише світло, укладене в межах тілесного кута $\theta_{\text{А}}$, який обумовлений кутом повного внутрішнього відображення $\theta_{\text{пвв}}$. Цей тілесний кут характеризується апертурою.

Ефір як середовище передачі інформації

Особливості радіолінії (РЛ) і напрямних систем електрозв'язку (НСЕ) визначають їх основні властивості та сфери застосування. Так, РЛ використовуються для здійснення зв'язку на різні відстані, часто між абонентами, що перебувають у рухомому стані.

Характер поширення електромагнітних сигналів у різних середовищах, у першу чергу, залежить від частоти радіосигналу (несучої частоти). Відповідно до цього розрізняють такі типові діапазони довжин хвиль і радіочастот [3.10, 3.11]:

Наддовгі хвилі (НДХ)	100...10 км (3...30 кГц)
Довгі хвилі (ДХ)	10...1 км (30...300 кГц)
Середні хвилі (СВХ)	1,0...0,1 км (0,3...3 МГц)
Короткі хвилі (КХ)	100...10 м (3...30 МГц)
Ультракороткі хвилі (УКХ)	10...1 м (30...300 МГц)
Дециметрові хвилі (ДЦМ)	1...0,1 м (0,3...3 ГГц)
Сантиметрові хвилі (СМ)	10...1 см (3...30 ГГц)
Міліметрові хвилі (МХ)	10...1 мм (30...300 ГГц)
Оптичний діапазон (ОВ)	30...0,1 мкм ($3 \cdot 10^{13}$... $3 \cdot 10^{15}$ Гц)

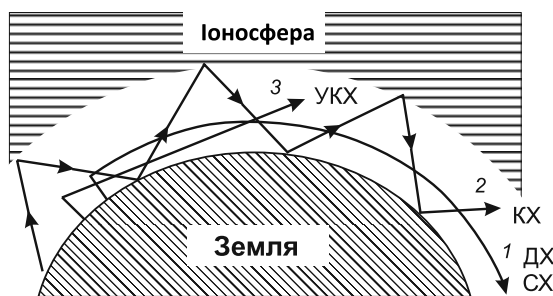


Рис. 3.14. Поширення різних типів радіохвиль

Залежно від довжини хвилі (частоти) сигнали радіолініями поширюються таким шляхом (рис. 3.14): ДХ і СХ – поверхневим променем (1), КХ – просторовим променем (2), УКХ і ОВ – у межах прямої видимості (3).

Окрім перелічених переваг радіоліній, що визначають можливість установа зв'язку на величезні відстані з рухомими об'єктами, зазначимо ще високу швидкість установа зв'язку, а також можливість забезпечення передачі масовим засобам інформації (радіомовлення і телебачення) з необмеженою кількістю слухачів і глядачів.

Основні недоліки РЛ (радіозв'язки): залежність якості зв'язку від стану середовища передачі та сторонніх електромагнітних полів; недостатньо висока електромагнітна сумісність у діапазоні метрових хвиль і вище; складність апаратури передавача і приймача; вузькосмуговість систем передачі, особливо на довгих хвилях та вище (відношення $\Delta F/f_n < 0,1 \dots 0,6$, де ΔF – ширина смуги частот інформаційного сигналу; f_n – частота несучої радіосигналу).

З метою зменшення цих недоліків у ході розвитку радіозв'язку інтенсивно освоювалися більш високі частоти (сантиметрові, оптичні діапазони), що дозволило різко збільшити абсолютне значення ΔF , підвищити пропускну спроможність радіоканалів, створити вузькоспрямовані системи радіозв'язку на базі використання спрямованих антен та лазерних пристроїв і привело до різкого зменшення рівня перешкод і підвищення міри електромагнітної сумісності. Наприклад, лінії радіозв'язку, працюючі на ДХ, СХ, КХ, дозволяють здійснювати зв'язок на великі відстані, але мають невелику пропускну спроможність і підлягають завадам. Тому ці РЛ мають малу питому вагу в загальному об'ємі електрозв'язку і використовуються головним чином для радіофікації і зв'язку з важкодоступними районами.

Радіорелейні лінії (РРЛ) працюють на дециметрових-міліметрових хвилях у межах прямої видимості. Вони являють собою ланцюг ретрансляторів, що встановлюються приблизно через кожні 50 км (рис. 3.15). При більшій висоті антенної щогли ретрансляційні ділянки можуть бути збільшені до (70...100) км. Радіорелейні лінії дозволяють отримувати більше число каналів (300...1920) на великі відстані (до 12500 км); вони набули широкого застосування для телебачення, радіофікації і зв'язку. Ці лінії меншою мірою схильні до завад, забезпечують досить сталий і якісний зв'язок, хоча міра захищеності передачі ними недостатня.

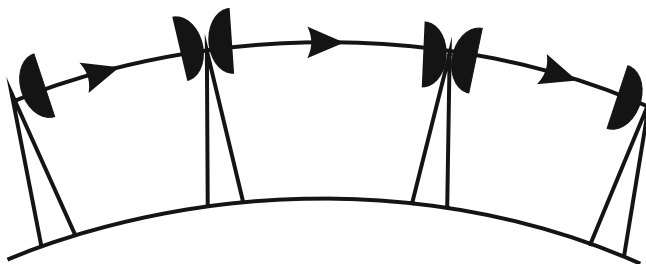


Рис. 3.15. Принцип роботи радіорелейних ліній

Супутникові лінії зв'язку (СЛЗ) використовують, як і РЛ, сантиметровий діапазон хвиль. Супутникові лінії діють на принципі ретрансляції сигналів, яка здійснюється апаратурою, що розміщена на штучному супутнику Землі (ШСЗ). Фактично ШСЗ – це ретранслятор радіорелейної лінії, піднятий на велику висоту (рис. 3.16). Супутникові лінії дозволяють здійснювати багатоканальний зв'язок на

дуже великі відстані. На геостаціонарній орбіті заввишки 36000 км супутник обертається зі швидкістю обертання Землі (один оборот за 24 години). В цьому випадку можна за допомогою трьох супутників, розташованих під кутом 120° , забезпечити зв'язок на території усієї земної кулі [3.10, 3.11].

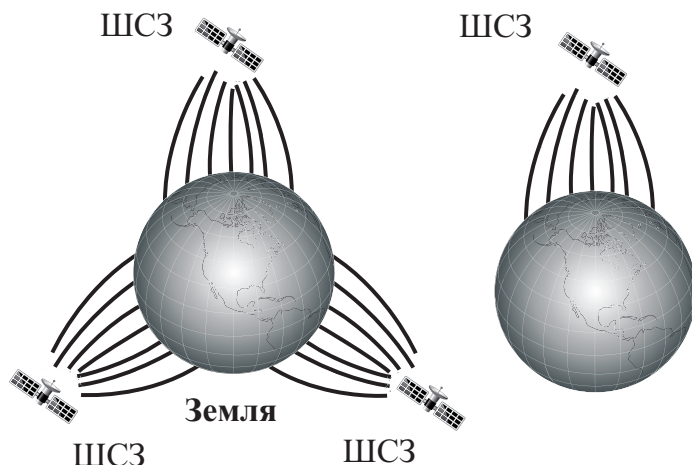


Рис. 3.16. Космічний зв'язок через ШСЗ

високої швидкості передачі, великій захищеності від впливу сторонніх полів, заданої міри електромагнітної сумісності, відносної простоти кінцевих пристроїв.

Порівнюючи НСЕ і РЛ, слід зазначити, що вони не протиставляються, а доповнюють один одного, сприяючи розв'язанню глобального завдання створення, розвитку і вдосконалення мережі зв'язку. Прикладом цієї єдності, зокрема, є те, що в усіх радіопередавальних і радіоприймальних пристроях використовуються дротяні лінії зв'язку, за допомогою яких здійснюється передача електромагнітних сигналів між елементами та блоками цих пристроїв.

Нині по НСЕ передаються сигнали від постійного струму до оптичного діапазону частот, а робочий діапазон довжин хвиль тягнеться від 0,85 мкм до сотень кілометрів.

3.3. Технології фізичного та каналного рівнів

Фізичний рівень (Physical layer) відповідає за передачу бітів фізичними каналами зв'язку, такими, як коаксіальний кабель, вита пара, оптоволоконний кабель, радіофір. Цього рівня стосуються характеристики фізичних середовищ передачі даних, такі, як смуга пропускання, перешкодозахищеність, хвильовий опір та інші. На цьому ж рівні визначаються характеристики електричних сигналів, що передають дискретну інформацію, таку, як рівні напруги або струму переданого сигналу, тип кодування, швидкість передачі сигналів і т.ін. Крім того, тут стандартизуються типи роз'ємів і призначення кожного контакту.

Прикладом протоколу фізичного рівня може бути специфікація *100Base-TX* технології *Ethernet*, яка визначає як використовуваний кабель неекрановану виту пару категорії 5 із хвильовим опором 100 Ом, роз'єм RJ-45, максимальну довжину фізичного сегмента 100 метрів, код 4В/5В для подання даних в кабелі, а також деякі інші характеристики середовища й електричних сигналів.

Одним із завдань **канального рівня** (Data Link layer) є перевірка доступності середовища передачі. Інше завдання канального рівня – реалізація механізмів виявлення і корекції помилок. Для цього на канальному рівні біти групуються в набори, які зветься кадрами (frames). Канальний рівень забезпечує коректність передачі кожного кадру, розміщаючи спеціальну послідовність біт у початок і кінець кожного кадру для його виділення, а також обчислює контрольну суму, обробляючи всі байти кадру певним способом, і додає контрольну суму до кадру. Коли кадр приходить мережею, одержувач знову обчислює контрольну суму отриманих даних і порівнює результат з контрольною сумою з кадру. Якщо вони збігаються, кадр вважається правильним і приймається. Якщо ж контрольні суми не збігаються, то фіксується помилка. Канальний рівень може не тільки виявляти помилки, але і виправляти їх за рахунок повторної передачі пошкоджених кадрів. Необхідно зазначити, що функція виправлення помилок для канального рівня не є обов'язковою, тому в деяких протоколах цього рівня вона відсутня. Крім того, на канальний рівень покладена функція управління потоком, яка дозволяє одержувачеві повідомити відправника про те, що необхідно змінити швидкість передачі.

Адреси канального рівня (фізичні MAC-адреси) дозволяють адресувати інтерфейси пристроїв, підключених до єдиної фізичної мережі.

Інформаційну взаємодію на канальному рівні мереж стандарту Ethernet прийнято розділяти на додаткові підрівні, які не були передбачені стандартом OSI-7: LLC (Logical Link Control) – рівень управління логічним каналом (див. стор. 148) та MAC (Media Access Control) – рівень доступу до середовища. Підрівень MAC відповідає за фізичну адресацію і визначає метод доступу до середовища передачі.

Прикладом технологій канального рівня є технології Ethernet, PPP (Point-to-Point Protocol), HDLC (High-Level Data Link Control), частково Frame Relay та ін.

Методи доступу до середовища передавання

До фізичного середовища локальної мережі зазвичай підключається множина комп'ютерів, тому на канальному та фізичному рівнях виникає проблема організації доступу до неї. **Метод доступу** до середовища передавання визначає спосіб і порядок доступу робочих станцій до колективного середовища передавання. Він повинен ефективно розподіляти ресурс пропускної здатності мережі між робочими станціями, у тому числі і при наявності різних пріоритетів.

У мережі передачі даних можливе виникнення ситуації, коли декілька робочих станцій одночасно починають посилати сигнали передачі даних. При цьому сигнали трапляються в середовищі передавання і спотворюються, що призводить до втрати даних. Така ситуація називається **колізією**. Методи доступу повинні мінімувати кількість колізій, які виникають, та забезпечити їх своєчасне виявлення.

У мережі обов'язково використовується той чи інший метод доступу, який виявляє або попереджує колізії. Від ефективності роботи обраного методу залежить дуже багато: швидкість обміну інформацією між робочими станціями, спроможність мережі працювати з різними інтенсивностями обміну, час реакції мережі на зовнішні події тощо. Метод доступу до середовища передавання – це один з найважливіших параметрів мережі.

Методи доступу до середовища передавання поділяються на дві групи (**рис. 3.17**): детерміновані та недетерміновані (ймовірнісні). У свою чергу, детерміновані методи доступу поділяються на адміністративно-селективний, маркерний, часового розподілу, недетерміновані – на змагальний та жеребкування.

При *детермінованому* методі вузли отримують доступ до середовища в наперед визначеному порядку. Порядок визначається контролером мережі, який може бути як централізованим (його функції може виконувати, наприклад, сервер), так і розподіленим (його функції виконуються обладнанням усіх вузлів).

При *адміністративно-селективному* методі в мережі використовується спеціальний пристрій (супервізор), який визначає порядок доступу робочої станції до середовища передавання (мережа 100VG AnyLAN).

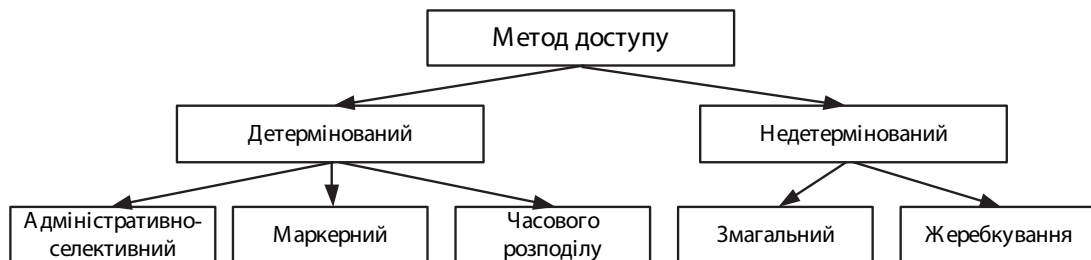


Рис. 3.17. Методи доступу до середовища передавання

При *маркерному* методі в мережі циркулює спеціальний кадр (маркер). Отримавши маркер, робоча станція набуває права на передачу даних (мережа TokenRing).

При методі *часового розподілу* кожна робоча станція передає дані у строго відведений їй для цього часовий проміжок (тайм-слот) (мережі E1/T1).

При *недетермінованому* методі час проходження кадру не визначено і при збільшенні навантаження на мережу він набагато зростає.

При *змагальному* методі робочі станції змагаються між собою за право використати середовище передавання (яка станція першою зробить звернення до мережі, та і отримає право на передачу даних).

При методі *жеребкування* порядок доступу до середовища визначається за допомогою генераторів псевдовипадкових чисел.

На практиці часто використовуються змішані методи доступу, які поєднують у собі елементи вищеперелічених, наприклад основу методу, який використовується в Ethernet-мережах, складають змагальний метод та метод жеребкування.

Управління каналом

Протокол LLC (Logical Link Control) забезпечує для технологій локальних мереж потрібну якість послуг транспортної служби, передаючи свої кадри або дейтаграмним способом, або за допомогою процедур із встановленням з'єднання та відновленням кадрів. Протокол LLC обіймає рівень між мережними протоколами та протоколами рівня MAC. Протоколи мережевого рівня передають через міжрівневий інтерфейс дані для протоколу LLC – свій пакет (наприклад, пакет IP, IPX або NetBEUI), адресну інформацію про вузол призначення, а також вимоги до якості транспортних послуг, які протокол LLC повинен забезпечити. Протокол LLC вміщує пакет протоколу верхнього рівня у свій кадр, який доповнюється необхідними службовими полями. Далі через міжрівневий інтерфейс протокол LLC передає свій кадр разом з адресною інформацією про вузол призначення відповідному протоколу рівня MAC, який упакує кадр LLC.

В основу протоколу LLC покладено протокол HDLC (High-level Data Link Control Procedure), що є стандартом ISO. Власне стандарт HDLC являє собою уза-

гальнення кількох близьких стандартів, характерних для різних технологій: протоколу LAP-B мереж X.25 (стандарту, поширеного в територіальних мережах), LAP-D, що використовується в мережах ISDN, LAP-M, що працює в сучасних модемах. У специфікації IEEE 802.2 також є декілька невеликих відмінностей від стандарту HDLC.

Спочатку у фірмових технологіях підрівень LLC не виділявся в самостійний підрівень, а його функції розчинялися в загальних функціях протоколу каналного рівня. Через великі відмінності у функціях протоколів фірмових технологій, які можна віднести до рівня LLC, на рівні LLC довелося ввести три типи процедур. Протокол мережного рівня може звертатися до однієї з цих процедур.

Відповідно до стандарту 802.2 рівень керування логічним каналом LLC надає верхнім рівням три типи процедур: *LLC1* – процедура без встановлення з'єднання і без підтвердження; *LLC2* – процедура із встановленням з'єднання і підтвердженням; *LLC3* – процедура без встановлення з'єднання, але з підтвердженням. Цей набір процедур є загальним для всіх методів доступу до середовища, визначених стандартами 802.3–802.5, а також стандартом FDDI і стандартом 802.12 на технологію 100VG-AnyLAN.

Процедура без встановлення з'єднання і без підтвердження *LLC1* дає користувачеві засоби для передачі даних з мінімумом витрат. Це датаграмний режим роботи. Зазвичай цей вид процедури використовується, коли такі функції, як відновлення даних після помилок і впорядкування даних, виконуються протоколами вищих рівнів, тому немає потреби дублювати їх на рівні LLC.

Процедура зі встановленням з'єднань і підтвердженням *LLC2* дає користувачеві можливість установити логічне з'єднання перед початком передачі будь-якого блоку даних і, якщо це потрібно, виконати процедури відновлення після помилок і впорядкування потоку цих блоків у рамках встановленого з'єднання. Протокол *LLC2* багато в чому аналогічний протоколам сімейства HDLC (LAP-B, LAP-D, LAP-M), що застосовуються в глобальних мережах для забезпечення надійної передачі кадрів на зашумлених лініях. Протокол *LLC2* працює в режимі ковзного вікна.

У деяких випадках (наприклад, при використанні мереж у системах реального часу, що керують промисловими об'єктами), коли тимчасові витрати встановлення логічного з'єднання перед відправленням даних неприйнятні, а підтвердження про коректність прийому переданих даних необхідне, базова процедура без встановлення з'єднання і без підтвердження не підходить. Для таких випадків передбачено додаткову процедуру, яка називається процедурою без встановлення з'єднання, але з підтвердженням *LLC3*.

Використання одного з трьох режимів роботи рівня LLC залежить від стратегії розробників конкретного стека протоколів. Наприклад, у стеці TCP/IP рівень LLC завжди працює в режимі *LLC1*, виконуючи просту роботу вилучення з кадру і демультіплексування пакетів різних протоколів – IP, ARP, RARP. Аналогічно використовується рівень LLC стеком IPX/SPX. На відміну від зазначених стеків стек Microsoft/IBM, заснований на протоколі NetBIOS/NetBEUI, часто використовує режим *LLC2*. Це відбувається тоді, коли сам протокол NetBIOS/NetBEUI повинен працювати в режимі з відновленням загублених і спотворених даних. У цьому разі робота передоручається рівню *LLC2*. Якщо ж протокол NetBIOS/NetBEUI працює в датаграмному режимі, то протокол LLC працює в режимі *LLC1*. Режим *LLC2* використовується також стеком протоколів SNA в тому разі, коли на нижньому рівні застосовується технологія Token Ring.

Базові принципи комутації пакетів

Комутація пакетів – це техніка комутації абонентів, спеціально розроблена для ефективної передачі комп'ютерного трафіка. Експерименти зі створення перших комп'ютерних мереж на основі техніки комутації каналів показали, що цей вид комутації не дозволяє досягти високої загальної пропускної здатності мережі. Суть проблеми полягає в пульсуючому характері трафіка, який генерують типові мережні додатки. Наприклад, при зверненні до віддаленого файлового сервера користувач спочатку переглядає вміст каталогу цього сервера, що породжує передачу невеликого обсягу даних. Потім він відкриває необхідний файл в текстовому редакторі. Ця операція може створити досить інтенсивний обмін даними, особливо якщо файл містить об'ємні графічні вкладення. Після відображення декількох сторінок файла користувач деякий час працює з ними локально, що взагалі не вимагає передачі даних мережею, а потім повертає модифіковані копії сторінок на сервер – і це знову породжує інтенсивну передачу даних мережею.

Коефіцієнт пульсації трафіка користувача мережі дорівнює відношенню середньої інтенсивності обміну даними до максимально можливої і може становити 1:50 або навіть 1:100 [3.16]. Якщо для описаної сесії організувати комутацію каналу між комп'ютером користувача та сервером, то багато часу канал буде простоювати. Водночас комутаційні можливості мережі будуть використовуватися – частина тайм-слотів чи частотних смуг комутаторів буде зайнята і недоступна іншим користувачам мережі.

При комутації пакетів усі передані користувачем мережі повідомлення розбиваються у вихідному вузлі на порівняно невеликі частини, звані пакетами. Пакети зазвичай можуть мати змінну довжину, але у вузьких межах, наприклад від 46 до 1500 байт. Кожен пакет забезпечується заголовком, в якому зазначається адресна інформація, необхідна для доставки пакета вузлу призначення, а також номер пакета, який буде використовуватися вузлом призначення для збору повідомлення. Пакети транспортуються в мережі як незалежні інформаційні блоки. Комутатори мережі приймають пакети від кінцевих вузлів і на підставі адресної інформації передають їх один одному, а після всього – вузлу призначення.

Комутатори пакетної мережі відрізняються від комутаторів каналів тим, що вони мають внутрішню буферну пам'ять для тимчасового зберігання пакетів, якщо вихідний порт комутатора під час прийняття пакета здійснює передачу іншого пакета. У цьому разі пакет перебуває деякий час у черзі пакетів у буферній пам'яті вихідного порту, а коли до нього дійде черга, то він передається наступному комутаторові. Така схема передачі даних дозволяє згладжувати пульсації трафіка на магістральних зв'язках між комутаторами і тим самим використовувати їх найефективнішим способом для підвищення пропускної здатності мережі в цілому.

Насправді, для пари абонентів найефективнішим було б надання їм в особібне користування комутованого каналу зв'язку, як це робиться в мережах з комутацією каналів. За такий спосіб час взаємодії цієї пари абонентів був би мінімальним, оскільки дані без затримок передавалися б від одного абонента іншому. Простої каналу під час пауз передачі абонентів не цікавлять, для них важливо швидше вирішити своє власне завдання. Мережа з комутацією пакетів уповільнює процес взаємодії конкретної пари абонентів, оскільки їхні пакети можуть очікувати в комутаторах, поки магістральними зв'язками передаються інші пакети, що прийшли в комутатор раніше. Проте загальний обсяг переданих мере-

жею комп'ютерних даних в одиницю часу при техніці комутації пакетів буде вище, ніж при техніці комутації каналів. Це відбувається тому, що пульсації окремих абонентів відповідно до закону великих чисел розподіляються в часі. Тому комутатори завжди і досить рівномірно завантажені роботою, якщо число обслуговуваних ними абонентів, справді, велике.

Більш висока ефективність мереж з комутацією пакетів порівняно з мережами з комутацією каналів (при рівній пропускній спроможності каналів зв'язку) була доведена в 60-ті роки як експериментально, так і за допомогою імітаційного моделювання. Тут доречна аналогія з мультипрограмними операційними системами. Кожна окрема програма в такій системі виконується довше, ніж в однопрограмній системі, коли програмі виділяється весь процесорний час, поки вона не завершить своє виконання. Проте загальне число програм, що виконуються за одиницю часу, в мультипрограмній системі більше, ніж в однопрограмній.

Описаний вище режим передачі пакетів між двома кінцевими вузлами мережі припускає незалежну маршрутизацію кожного пакета. Такий режим роботи мережі називається *датаграмним*, або *дейтаграмним*, і при його використанні комутатор може змінити маршрут пакета залежно від стану мережі – працездатності каналів і інших комутаторів, довжини черг пакетів у сусідніх комутаторах тощо.

Існує інший режим роботи мережі – передача пакетів *віртуальним каналом* (virtual circuit або virtual channel). У цьому випадку перед тим, як почати передачу даних між двома кінцевими вузлами, має бути встановлений віртуальний канал, який являє собою єдиний маршрут, який з'єднує ці кінцеві вузли. Віртуальний канал може бути динамічним або постійним. Динамічний віртуальний канал устанавлюється при передачі в мережу спеціального пакета – запиту на встановлення з'єднання. Цей пакет проходить через комутатори і «прокладає» віртуальний канал. Це означає, що комутатори запам'ятовують маршрут для цього з'єднання і при надходженні наступних пакетів цього з'єднання відправляють їх завжди прокладеним маршрутом. Постійні віртуальні канали створюються адміністраторами мережі шляхом ручного налаштування комутаторів. При відмові комутатора або каналу на шляху віртуального каналу з'єднання розривається, і віртуальний канал потрібно прокласти заново.

Кожен режим передачі пакетів має свої переваги і недоліки. Дейтаграмний метод не вимагає попереднього встановлення з'єднання і тому працює без затримки перед передачею даних. Це особливо вигідно для передачі невеликого обсягу даних, коли час встановлення з'єднання може бути порівняним з часом передачі даних. Крім того, дейтаграмний метод швидше адаптується до змін у мережі.

При використанні методу віртуальних каналів час, витрачений на встановлення віртуального каналу, компенсується наступною швидкою передачею всього потоку пакетів. Комутатори розпізнають приналежність пакета до віртуального каналу за спеціальною міткою – номером віртуального каналу, а не аналізують адреси кінцевих вузлів, як це робиться при дейтаграмному методі.

На ефективність роботи мережі істотно впливають розміри пакетів, які передаються в мережу. Занадто великі розміри пакетів наближають мережу з комутацією пакетів до мережі з комутацією каналів, тому ефективність мережі при цьому падає. Занадто маленькі пакети помітно збільшують частку службової інформації, тому що кожен пакет несе із собою заголовок фіксованої довжини, а кількість пакетів, на які розбиваються повідомлення, буде різко зростати при зменшенні розміру пакета. Існує деяка золота середина, яка забезпечує макси-

мальну ефективність роботи мережі, однак її важко визначити точно, оскільки вона залежить від багатьох факторів, до того ж деякі з них весь час змінюються в процесі роботи мережі. Тому розробники протоколів для мереж з комутацією пакетів вибирають межі, в яких може бути довжина пакета, а точніше його поле даних, оскільки заголовок, як правило, має фіксовану довжину. Зазвичай нижня межа поля даних має дорівнювати нулю, що дозволяє передавати службові пакети без даних користувача, а верхня межа не перевищує чотирьох кілобайт. Додатки при передачі даних намагаються охопити максимальний розмір поля даних, щоб швидше виконати обмін даними, а невеликі пакети зазвичай використовуються для повідомлень про доставку пакета.

При виборі розміру пакета необхідно враховувати також і інтенсивність бітових помилок каналу. На ненадійних каналах необхідно зменшувати розміри пакетів, тому що це зменшує обсяг повторно переданих даних при спотвореннях пакетів.

3.4. Технології мережно-транспортного рівня

Згідно зі стандартною моделлю взаємодії відкритих систем до функцій мережного рівня належить розв'язання таких завдань: передача пакетів між кінцевими вузлами в складених мережах; вибір маршруту передачі пакетів, найкращого за деяким критерієм; узгодження різних протоколів каналного рівня, що використовуються в деяких підмережах однієї складеної мережі.

Протоколи мережного рівня реалізуються, як правило, у вигляді програмних модулів і виконуються на кінцевих вузлах-комп'ютерах, які називаються хостами, а також на проміжних вузлах-маршрутизаторах, які називаються шлюзами. Функції маршрутизаторів можуть виконувати як спеціалізовані пристрої, так і універсальні комп'ютери з відповідним програмним забезпеченням.

Створення складеної, структурованої мережі, що інтегрує різноманітні базові технології, може здійснюватися і засобами каналного рівня: для цього можуть бути використані деякі типи мостів і комутаторів. Міст або комутатор розділяє мережу на сегменти, локалізує трафік усередині сегмента, що робить лінії зв'язку поділюваними переважно між станціями цього сегмента. Тим самим мережа розпадається на окремі підмережі, з яких можуть бути побудовані складені мережі досить великих розмірів.

Однак побудова складених мереж тільки на основі повторювачів, мостів і комутаторів має істотні обмеження і недоліки:

➤ По-перше, в топології такої мережі не повинні бути петлі. Насправді, комутатор може вирішувати завдання доставки пакета адресату тільки тоді, коли між відправником та одержувачем існує єдиний шлях. Водночас наявність надлишкових зв'язків, які й утворюють петлі, часто необхідно для кращого балансування навантаження, а також для підвищення надійності мережі за рахунок утворення резервних шляхів.

➤ По-друге, логічні сегменти мережі, розміщені між мостами або комутаторами, слабко ізольовані один від одного, а саме не захищені від так званих ширококомовних штормів. Якщо яка-небудь станція посилає ширококомовне повідомлення, то це повідомлення передається всім станціям усіх логічних сегментів мережі. Захист від ширококомовних штормів у мережах, побудованих на основі мостів і кому-

таторів, має кількісний, а не якісний характер: адміністратор просто обмежує кількість ширококомовних пакетів, яке дозволяється генерувати деякому вузлу в одиницю часу. Використання ж механізму віртуальних мереж, реалізованого в багатьох комутаторах, хоча і дозволяє досить гнучко створювати ізольовані по трафіку групи станцій, але при цьому ізолює їх цілком, так що вузли однієї віртуальної мережі не можуть взаємодіяти з вузлами іншої віртуальної мережі.

➤ По-третє, у мережах, побудованих на основі мостів і комутаторів, досить складно вирішується завдання управління трафіком на основі значення даних, що містяться в пакеті. У таких мережах це можливо тільки за допомогою користувальницьких фільтрів. Щоб задати їх адміністратору, доводиться мати справу з двійковим поданням вмісту пакетів.

➤ По-четверте, реалізація транспортної підсистеми тільки засобами фізичного і каналного рівнів, до яких належать мости та комутатори, призводить до недостатньо гнучкої, однорівневої системи адресації: як адреса призначення використовується MAC-адреса, жорстко пов'язана з мережним адаптером.

➤ Нарешті, можливість трансляції протоколів каналного рівня мають далеко не всі типи мостів і комутаторів, до того ж ці можливості обмежені. Зокрема, в об'єднаних мережах повинні збігатися максимально допустимі розміри полів даних в кадрах, тому що мостами і комутаторами не підтримується функція фрагментації кадрів. Наявність серйозних обмежень у протоколах каналного рівня показує, що побудова на основі засобів цього рівня великих неоднорідних мереж є вельми проблематичним завданням. Природне рішення в цих випадках – це залучення засобів більш високого, мережного рівня.

Маршрутизація

Основна ідея введення мережного рівня полягає ось в чому. Мережа в загальному випадку розглядається як сукупність декількох мереж і називається складеною мережею, або інтермережею (internetwork або internet). Мережі, що входять у складену мережу, називаються підмережами (subnet), складовими мережами або просто мережами (рис. 3.18).

Підмережі з'єднуються між собою маршрутизаторами. Компонентами складеної мережі можуть бути як локальні, так і глобальні мережі. Внутрішня структура кожної мережі на рисунку не показана, тому що вона не має значення при розгляді мережного протоколу. Всі вузли в межах однієї підмережі взаємодіють, використовуючи єдину для них технологію. Так, до складеної мережі, зображеної на рисунку, входить кілька мереж різних технологій: локальні мережі Ethernet, Fast Ethernet, Token Ring, FDDI і глобальні мережі Frame Relay, X.25, ISDN. Кожна з цих технологій достатня для того, щоб організувати взаємодію всіх вузлів у своїй підмережі, але не здатна побудувати інформаційний зв'язок між довільно обраними вузлами, що належать різним підмережам, наприклад між хостом А і хостом В на рис. 3.18. Отже, для організації взаємодії між довільною парою вузлів цієї «великої» складеної мережі потрібні додаткові засоби. Такі засоби і надає мережний рівень.

Мережний рівень виступає як координатор, що організує роботу всіх підмереж, які лежать на шляху просування пакета складеною мережею. Для переміщення даних в межах підмереж мережевий рівень звертається до використовуваних в цих підмережах технологій.

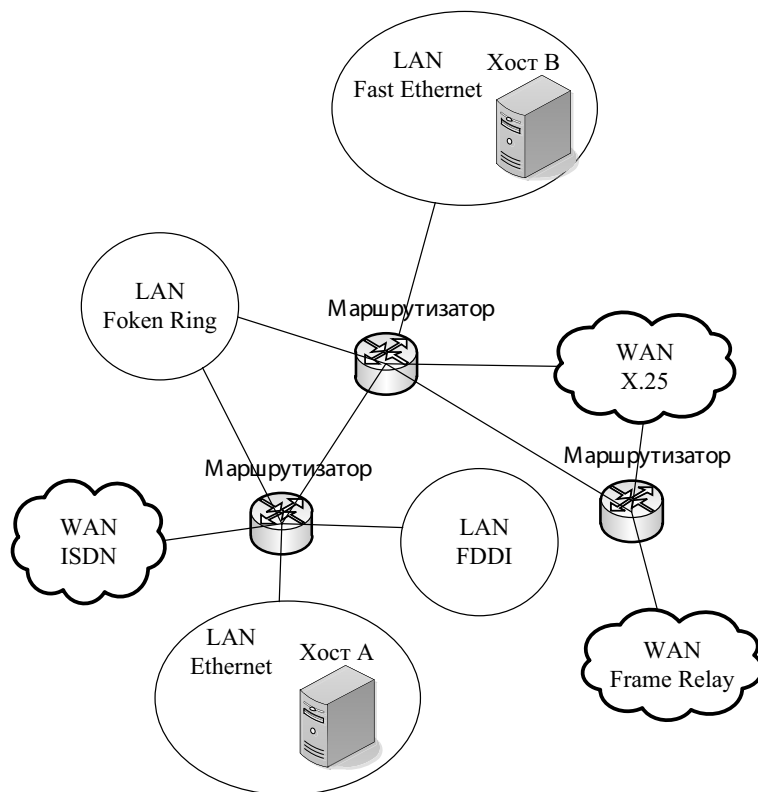


Рис. 3.18. Архітектура складеної мережі

Хоча багато технологій локальних мереж (Ethernet, Token Ring, FDDI, Fast Ethernet тощо) використовують ту саму систему адресації вузлів на основі MAC-адрес, існує чимало технологій (X.25, ATM, frame relay), в яких застосовуються інші схеми адресації. Адреси, які присвоєно вузлам відповідно до технологій підмереж, називають локальними. Щоб мережний рівень міг виконати своє завдання, йому необхідна власна система адресації, яка не залежить від способів адресації вузлів в окремих підмережах і яка дозволила б на мережному рівні універсальним і однозначним способом ідентифікувати будь-який вузол складеної мережі.

Природним способом формування мережної адреси є унікальна нумерація всіх підмереж складеної мережі та нумерація всіх вузлів в межах кожної підмережі. Таким чином, мережна адреса являє собою пару: номер мережі (підмережі) і номер вузла в цій мережі (підмережі).

Як номер вузла може бути або локальна адреса цього вузла (така схема прийнята в стеці IPX/SPX), або деяке число, жодним чином не пов'язане з локальною технологією, яке однозначно ідентифікує вузол у межах цієї підмережі. У першому випадку мережева адреса стає залежною від локальних технологій, що обмежує її застосування. Наприклад, мережні адреси IPX/SPX розраховані на роботу в складених мережах, які об'єднують мережі, в яких використовуються тільки MAC-адреси або адреси аналогічного формату. Другий підхід більш універсальний, він характерний для стека TCP/IP. І в тому, і в іншому випадку кожен вузол складеної мережі має поряд зі своєю локальною адресою ще одну – універсальну мережну адресу.

Дані, що надходять на мережний рівень і які необхідно передати через складену мережу, забезпечуються заголовком мережного рівня. Дані разом із заголовком утворюють пакет. Заголовок пакета мережного рівня має уніфікований формат, що не залежить від форматів кадрів канального рівня тих мереж, які можуть входити в об'єднану мережу, і несе нарівні з іншою службовою інформацією дані про номер мережі, якій призначається цей пакет. Мережний рівень визначає маршрут і переміщає пакет між підмережами.

При передачі пакета з однієї підмережі в іншу пакет мережного рівня, інкапсульований в прибулий канальний кадр першої підмережі, звільняється від заголовків цього кадру і оточується заголовками кадру канального рівня наступної підмережі. Інформацією, на основі якої робиться ця заміна, є службові поля пакета мережного рівня. У полі адреси призначення нового кадру зазначається локальна адреса наступного маршрутизатора.

Основним полем заголовка мережного рівня є номер мережі-адресата. У протоколах локальних мереж такого поля в кадрах передбачено не було – передбачалося, що всі вузли належать до однієї мережі. Явна нумерація мереж дозволяє протоколам мережного рівня складати точну карту міжмережних зв'язків і вибрати раціональні маршрути за будь-якої їх топології, у тому числі альтернативні маршрути (якщо вони є), що не вміють робити мости та комутатори.

Крім номера мережі, заголовок мережного рівня повинен містити й іншу інформацію, необхідну для успішного переходу пакета з мережі одного типу в мережу іншого типу. До такої інформації може належати, наприклад: *номер фрагмента* пакета (необхідний для успішного проведення операцій збирання-розбирання фрагментів при поєднанні мереж з різними максимальними розмірами пакетів); *час життя* пакета (зазначає, як довго він подорожує інтермережею; цей час може використовуватися для знищення «заблукалих» пакетів); *якість послуги* (критерій вибору маршруту при міжмережних передачах; наприклад, вузол-відправник може вимагати передати пакет з максимальною надійністю, можливо, на шкоду часу доставки) тощо.

Коли дві або більше мереж організують спільну транспортну службу, то такий режим взаємодії зазвичай називають *міжмережною взаємодією* (internetworking).

У складних складених мережах майже завжди існує декілька альтернативних маршрутів для передачі пакетів між двома кінцевими вузлами. *Маршрут* – це послідовність маршрутизаторів, який повинен пройти пакет від відправника до пункту призначення. Завдання вибору маршруту з декількох можливих вирішують маршрутизатори, а також кінцеві вузли. Маршрут вибирається на підставі наявної у цих пристроїв інформації про поточну конфігурацію мережі, а також на підставі зазначеного критерію вибору маршруту. Звичайно як критерій виступає затримка проходження маршруту окремим пакетом або середня пропускна здатність маршруту для послідовності пакетів. Часто також використовується досить простий критерій, що враховує тільки кількість пройдених у маршруті проміжних маршрутизаторів (хопов). Щоб за адресою мережі призначення можна було вибрати раціональний маршрут подальшого проходження пакета, кожен кінцевий вузол і маршрутизатор аналізують спеціальну інформаційну структуру, яка називається *таблицею маршрутизації*.

Коли на маршрутизатор надходить новий пакет, з нього вилучається номер мережі призначення і послідовно порівнюється з номерами мереж з кожного рядка таблиці. Рядок з таким же номером мережі показує, на який найближчий маршрутизатор слід відправити пакет.

Оскільки пакет може бути адресований в мережу складеної мережі, може здатися, що кожна таблиця маршрутизації повинна мати записи про всі мережі, що входять до складеної мережі. Але при такому підході в разі великої мережі обсяг таблиць маршрутизації може виявитися дуже великим, що вплине на час її перегляду, буде вимагати багато місця для зберігання тощо. Тому на практиці число записів у таблиці маршрутизації намагаються зменшити за рахунок використання спеціального запису – «маршрутизатор за замовчуванням» (default). Справді, якщо взяти до уваги топологію складеної мережі, то в таблицях маршрутизаторів, що перебувають на периферії складової мережі, досить записати номери мереж, безпосередньо приєднаних до зазначеного маршрутизатора або розташованих поблизу, на тупикових маршрутах. Про всі ж інші мережі можна зробити в таблиці єдиний запис, що вказує на маршрутизатор, через який пролягає шлях до всіх цих мереж. Такий маршрутизатор називається маршрутизатором за замовчуванням, а замість номера мережі у відповідному рядку поміщається особливий запис, наприклад default.

Перед тим як передати пакет наступному маршрутизатору, поточний маршрутизатор повинен визначити, на який з декількох власних портів він повинен помістити цей пакет. Ще раз підкреслимо, що кожен порт ідентифікується власною мережною адресою.

Деякі реалізації мережних протоколів допускають наявність в таблиці маршрутизації відразу декількох рядків, що відповідають одній адресі мережі призначення. У цьому випадку при виборі маршруту береться до уваги такий критерій, як «Метрика». При цьому метрика може вимірятися хопами, часом проходження пакета лініями зв'язку, будь-якою характеристикою надійності ліній зв'язку на цьому маршруті або іншою величиною, що відбиває якість маршруту щодо заданого критерію. Якщо маршрутизатор підтримує кілька класів сервісу пакетів, то таблиця маршрутів складається і застосовується окремо для кожного виду сервісу (критерію вибору маршруту). Належність декількох маршрутів до одного вузла уможливорює передачу трафіка до цього вузла паралельно декількома каналами зв'язку, що підвищує пропускну здатність і надійність мережі.

Завдання маршрутизації розв'язують не тільки проміжні вузли-маршрутизатори, але і кінцеві вузли-комп'ютери. Засоби мережного рівня, встановлені на кінцевому вузлі, при обробці пакета повинні, перш за все, визначити, чи прямує він в іншу мережу, чи адресований якомусь вузлу даної мережі. Якщо номер мережі призначення збігається з номером даної мережі, то для даного пакета не потрібно вирішувати завдання маршрутизації. Якщо ж номери мереж відправлення та призначення не збігаються, то маршрутизація потрібна. Таблиці маршрутизації кінцевих вузлів аналогічні таблицям маршрутизації, що зберігається на маршрутизаторах.

Кінцеві вузли ще більшою мірою, ніж маршрутизатори, користуються прийманням маршрутизації за замовчуванням. Хоча вони також у загальному випадку мають у своєму розпорядженні таблицю маршрутизації, її об'єм зазвичай невеликий, що пояснюється периферійним розміщенням усіх кінцевих вузлів. Кінцевий вузол часто взагалі працює без таблиці маршрутизації, маючи тільки відомості про адресу маршрутизатора за замовчуванням. При наявності одного маршрутизатора в локальній мережі цей варіант єдино можливий для всіх кінцевих вузлів. Але навіть при наявності декількох маршрутизаторів в локальній ме-

режі, коли перед кінцевим вузлом стоїть проблема їх вибору, завдання маршруту за замовчуванням часто використовується в комп'ютерах для скорочення обсягу їх таблиці маршрутизації.

Завдання маршрутизації розв'язується на основі аналізу таблиць маршрутизації, розміщених у всіх маршрутизаторах і кінцевих вузлах мережі. Яким же чином відбувається формування цих таблиць? Якими засобами забезпечується адекватність інформації, що в них міститься, відповідно до структури мережі, яка може весь час змінюватись? Основна робота зі створення таблиць маршрутизації виконується автоматично, а можливість вручну скорегувати або доповнити таблицю теж, як правило, передбачається.

Для автоматичної побудови таблиць маршрутизації маршрутизатори обмінюються інформацією про топологію складеної мережі відповідно до спеціального службового протоколу. Протоколи цього типу називаються *протоколами маршрутизації*. Протоколи маршрутизації (наприклад, RIP, OSPF, NLSP) слід відрізнити від власне мережних протоколів (наприклад, IP, IPX). І ті, й інші виконують функції мережного рівня моделі OSI – беруть участь в доставці пакетів адресату через різномірну складену мережу. Але в той час як одні збирають і передають мережею чисто службову інформацію, інші призначені для передачі користувальницьких даних. Протоколи маршрутизації використовують мережні протоколи як транспортний засіб. При обміні маршрутною інформацією пакети протоколу маршрутизації містяться в полі даних пакетів мережевого рівня або навіть транспортного рівня, тому з огляду на вміст пакетів протоколи маршрутизації формально слід було б віднести до більш високого рівня, ніж мережний.

У тому, що маршрутизатори для ухвалення рішення про просування пакета звертаються до адресних таблиць, можна побачити їх деяку схожість з мостами і комутаторами. Однак природа використовуваних ними адресних таблиць сильно різниться. Замість MAC-адрес у таблицях маршрутизації зазначаються номери мереж, які з'єднуються в інтермережу. Іншою відмінністю таблиць маршрутизації від адресних таблиць комутаторів є спосіб їх створення. У той час як комутатор будує таблицю, пасивно спостерігаючи, як проходять через нього інформаційні кадри, що посилаються кінцевими вузлами мережі, маршрутизатори за своєю ініціативою обмінюються спеціальними службовими пакетами, повідомляючи сусідам про відомі їм мережі в інтермережі, маршрутизатори і зв'язки цих мереж з маршрутизаторами. Зазвичай враховується не тільки топологія зв'язків, але і їх пропускну здатність і стан. Це дозволяє маршрутизаторам швидше адаптуватися до змін конфігурації мережі, а також правильно передавати пакети в мережах з довільною топологією, що допускає наявність замкнених контурів.

За допомогою протоколів маршрутизації маршрутизатори складають карту зв'язків мережі. На підставі цієї інформації для кожного номера мережі приймається рішення про те, якому наступному маршрутизатору треба передавати пакети, що відправляються в цю мережу, щоб маршрут виявився раціональним. Результати цих рішень заносяться в таблицю маршрутизації. При зміні конфігурації мережі деякі записи в таблиці стають недійсними. У таких випадках пакети, відправлені за помилковими маршрутами, можуть зациклюватися і губитися. Від того, наскільки швидко протокол маршрутизації приводить вміст таблиці у відповідність до реального стану мережі, залежить якість роботи всієї мережі.

Протоколи маршрутизації можуть бути побудовані на основі різних алгоритмів, що відрізняються способами побудови таблиць маршрутизації, способами вибору найкращого маршруту та іншими особливостями своєї роботи.

В описаних вище прикладах при виборі раціонального маршруту визначався тільки наступний (найближчий) маршрутизатор, а не вся послідовність маршрутизаторів від початкового до кінцевого вузла. Відповідно до цього підходу маршрутизація виконується за розподіленою схемою: кожен маршрутизатор відповідальний за вибір тільки одного кроку маршруту, а остаточний маршрут складається в результаті роботи всіх маршрутизаторів, через які проходить даний пакет. Такі алгоритми маршрутизації називаються *однокроковими*.

Існує й прямо протилежний, багатокроковий підхід – *маршрутизація від джерела* (Source Routing). Відповідно до нього вузол-джерело задає в пакеті, який відправляється в мережу, весь маршрут його прямування через всі проміжні маршрутизатори. При використанні багатокрокової маршрутизації немає потреби будувати та аналізувати таблиці маршрутизації. Це прискорює проходження пакета мережею, розвантажує маршрутизатори, але при цьому велике навантаження лягає на кінцеві вузли. Ця схема в обчислювальних мережах застосовується сьогодні набагато рідше, ніж схема розподіленої однокрокової маршрутизації. Проте в новій версії протоколу IP нарівні з класичною однокроковою маршрутизацією буде дозволена і маршрутизація від джерела [3.17].

Однокрокові алгоритми залежно від способу формування таблиць маршрутизації діляться на три класи: алгоритми *фіксованої* (або *статичної*) *маршрутизації*; алгоритми *простої маршрутизації*; алгоритми *адаптивної* (або *динамічної*) *маршрутизації*.

В алгоритмах *фіксованої маршрутизації* всі записи в таблиці маршрутизації є статичними. Адміністратор мережі сам вирішує, на які маршрутизатори треба передавати пакети з тими чи іншими адресами, і вручну (наприклад, за допомогою утиліти *route*) заносить відповідні записи в таблицю маршрутизації. Таблиця, як правило, створюється в процесі завантаження, надалі вона використовується без змін доти, поки її вміст не буде відредаговано вручну. Такі виправлення можуть знадобитися, наприклад, якщо в мережі відмовляє певний маршрутизатор і його функції покладаються на інший маршрутизатор. Розрізняють *одномаршрутні таблиці*, в яких для кожного адресата заданий один шлях, і *багатомаршрутні таблиці*, які визначають декілька альтернативних шляхів для кожного адресата. У багатомаршрутних таблицях повинно бути задано правило вибору одного з маршрутів. Найчастіше один шлях є основним, а решта – резервними. Зрозуміло, що алгоритм фіксованої маршрутизації з його ручним способом формування таблиць маршрутизації прийнятний тільки в невеликих мережах з простою топологією. Однак цей алгоритм може бути ефективно використаний і для роботи на магістралях великих мереж, оскільки сама магістраль може мати просту структуру з очевидними найкращими шляхами проходження пакетів.

В алгоритмах *простої маршрутизації* таблиця маршрутизації або зовсім не використовується, або будується без участі протоколів маршрутизації. Виділяють три типи простої маршрутизації: *випадкова маршрутизація* (коли прибулий пакет посилається в першому випадковому напрямку, крім початкового); *лавинна маршрутизація* (пакет ширококомовно посилається в усі можливі напрямки, крім вхідного); *маршрутизація за попереднім досвідом* (вибір маршруту здійснюється за таблицею, але таблиця будується за принципом моста шляхом аналізу адресних полів пакетів, що з'являються на вхідних портах).

Найпоширенішими є алгоритми *адаптивної* (або *динамічної*) *маршрутизації*. Ці алгоритми забезпечують автоматичне оновлення таблиць маршрутизації після зміни конфігурації мережі. Протоколи, побудовані на основі адаптивних алгоритмів, дозволяють всім маршрутизаторам збирати інформацію про топологію зв'язків у мережі, оперативно відпрацьовуючи всі зміни конфігурації зв'язків. У таблицях маршрутизації при адаптивній маршрутизації зазвичай є інформація про інтервал часу, протягом якого цей маршрут буде залишатися дійсним. Цей час називають часом життя маршруту (Time To Live, TTL).

Адаптивні алгоритми звичайно мають розподілений характер, який виражається в тому, що в мережі відсутні виділені маршрутизатори, які збирали б і узагальнювали топологічну інформацію: ця робота розподілена між усіма маршрутизаторами. Слід, однак, зазначити, що останнім часом накреслилася тенденція використовувати так звані *сервери маршрутів*. Сервер маршрутів збирає маршрутну інформацію, а потім роздає її за запитом маршрутизаторам, які звільняються в цьому випадку від функції створення таблиць маршрутизації або створюють тільки частини цих таблиць. З'явилися спеціальні протоколи взаємодії маршрутизаторів із серверами маршрутів, наприклад Next Hop Resolution Protocol (NHRP).

Адаптивні алгоритми маршрутизації мають відповідати декільком важливим вимогам. По-перше, вони мають забезпечувати, якщо не оптимальність, то хоча б раціональність маршруту. По-друге, алгоритми мають бути достатньо простими, щоб при їх реалізації не витрачалося занадто багато мережних ресурсів; зокрема, вони не повинні вимагати занадто великого обсягу обчислень або породжувати інтенсивний службовий трафік. І нарешті, алгоритми маршрутизації повинні мати властивість збіжності, тобто завжди приводити до однозначного результату за прийнятний час.

Адаптивні протоколи обміну маршрутною інформацією, що застосовуються нині в обчислювальних мережах, у свою чергу діляться на дві групи, кожна з яких пов'язана з одним із таких типів алгоритмів: *дистанційно-векторні алгоритми* (Distance Vector Algorithms, DVA); *алгоритми стану зв'язків* (Link State Algorithms, LSA).

В алгоритмах *дистанційно-векторного* типу кожен маршрутизатор періодично і ширококомовно розсилає мережею вектор, компонентами якого є відстані від маршрутизатора до всіх відомих йому мереж. Під відстанню зазвичай розуміється число хопів. Можлива й інша метрика, що враховує не тільки число проміжних маршрутизаторів, але й час проходження пакетів мережею між сусідніми маршрутизаторами. При отриманні вектора від сусіда маршрутизатор нарощує відстані до зазначених у векторі мереж на відстань до сусіда. Отримавши вектор від сусіднього маршрутизатора, кожен маршрутизатор додає до нього інформацію про відомі йому інші мережі, про які він дізнався безпосередньо (якщо вони підключені до його портів) або з аналогічних оголошень інших маршрутизаторів, а потім знову розсилає нове значення вектора мережею. Зрештою, кожен маршрутизатор дізнається інформацію про всі наявні в інтермережі мережі та про відстань до них через сусідні маршрутизатори.

Дистанційно-векторні алгоритми добре працюють тільки в невеликих мережах. У великих мережах вони засмічують лінії зв'язку інтенсивним ширококомовним трафіком, до того ж зміни конфігурації можуть відпрацьовуватися з цього алгоритму не завжди коректно, тому що маршрутизатори не мають точного уявлення про топологію зв'язків у мережі, а розміщують тільки узагальнену інформацію вектором дистанцій, до того ж отриманої через посередників.

Найбільш поширеним протоколом, заснованим на дистанційно-векторному алгоритмі, є протокол **RIP**, поширений в двох версіях – **RIP IP**, що працює з протоколом **IP**, і **RIP IPX**, що працює з протоколом **IPX**.

Алгоритми стану зв'язків забезпечують кожен маршрутизатор інформацією, достатньою для побудови точного графа зв'язків мережі. Усі маршрутизатори працюють на підставі однакових графів, що робить процес маршрутизації більш сталим до змін конфігурації. «Широкомовна» розсилка (тобто передача пакета всім безпосереднім сусідам маршрутизатора) використовується тут тільки при змінах стану зв'язків, що відбувається в надійних мережах не так часто. Вершинами графу є як маршрутизатори, так і мережі, які об'єднуються ними. Поширювана мережею інформація складається з опису зв'язків різних типів: маршрутизатор-маршрутизатор, маршрутизатор-мережа.

Щоб зрозуміти, в якому стані лінії зв'язку, підключені до його портів, маршрутизатор періодично обмінюється короткими пакетами **HELLO** зі своїми найближчими сусідами. Цей службовий трафік також засмічує мережу, але не такою мірою, як, наприклад, **RIP**-пакети, оскільки пакети **HELLO** мають набагато менший об'єм.

Протоколами, заснованими на алгоритмі стану зв'язків, є протоколи **IS-IS** (Intermediate System to Intermediate System) стека **OSI**, **OSPF** (Open Shortest Path First) стека **TCP/IP**, **NLSP** (NetWare Link Services Protocol) стека **Novell**.

Адресація на мережно-транспортному рівні

У стеці **TCP/IP** на мережно-транспортному рівні використовуються два типи адрес – *IP-адреси* на мережному рівні та так звані *номери портів* на транспортному рівні.

IP-адреси є основним типом адрес, на підставі яких мережний рівень передає пакети між мережами. Ці адреси складаються з 4 байт, наприклад 109.26.17.100. **IP-адреса** призначається адміністратором під час конфігурування комп'ютерів і маршрутизаторів. **IP-адреса** складається з двох частин: номера мережі й номера вузла. Номер мережі може бути обраний адміністратором довільно, або призначений за рекомендацією спеціального підрозділу **Internet** (**Internet Network Information Center**, **InterNIC**), якщо мережа повинна працювати як складова частина **Internet**. Зазвичай постачальники послуг **Internet** одержують діапазони адрес у підрозділів **InterNIC**, а потім розподіляють їх між своїми абонентами. Номер вузла в протоколі **IP** призначається незалежно від локальної адреси вузла. Маршрутизатор за визначенням входить відразу в кілька мереж. Тому кожен порт маршрутизатора має власну **IP-адресу**. Кінцевий вузол також може входити в кілька **IP-мереж**. У цьому випадку комп'ютер повинен мати кілька **IP-адрес**, за числом мережних зв'язків. Таким чином, **IP-адреса** характеризує не окремий комп'ютер або маршрутизатор, а одне мережне з'єднання.

Як було зазначено, **IP-адреса** має довжину 4 байти і звичайно записується у вигляді чотирьох чисел, що представляють значення кожного байта в десятковій формі, та розділених крапками, наприклад: 128.10.2.30 – традиційна десяткова форма представлення адреси, а 10000000 00001010 00000010 00011110 – двійкова форма представлення цієї ж адреси.

Адреса складається з двох логічних частин – номера мережі та номера вузла в мережі. Яка частина адреси належить до номера мережі, а яка – до номера вузла, визначається значеннями перших біт адреси. Значення цих біт є також ознаками того, до якого *класу* належить та чи інша **IP-адреса**. На **рис. 3.19** показано структуру **IP-адрес** різних класів.

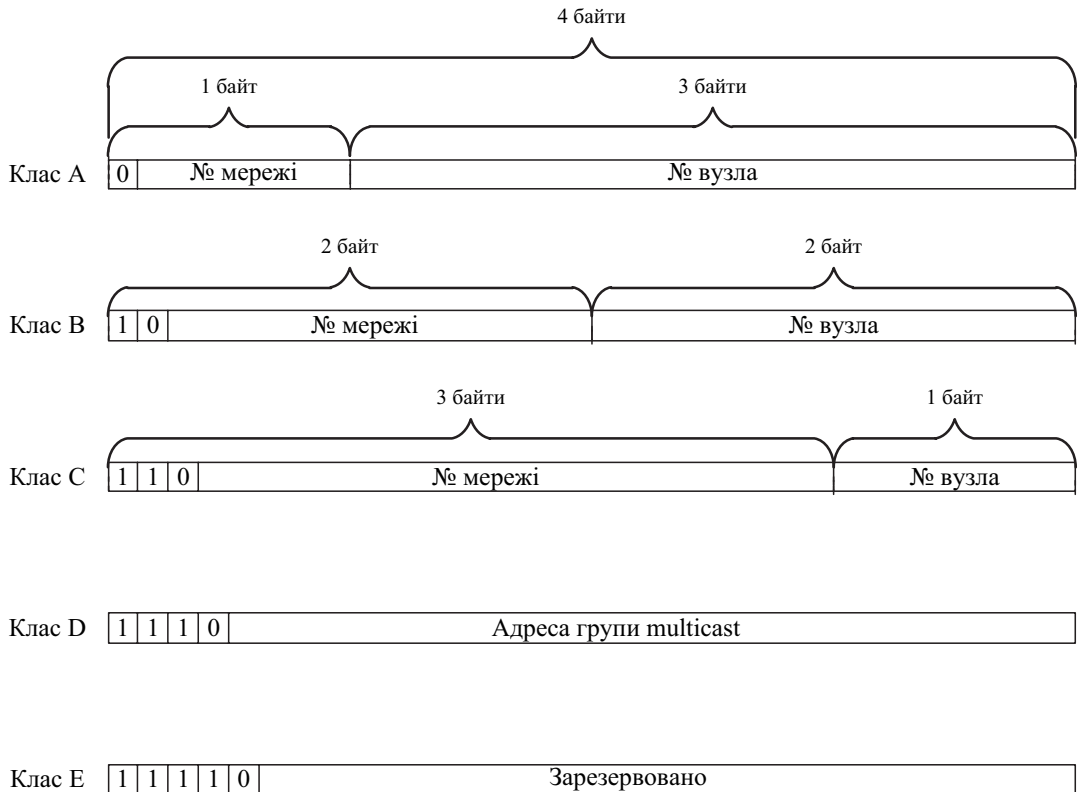


Рис. 3.19. Структура IP-адреси

Якщо адреса починається з 0, то мережу відносять до класу А і номер мережі займає один байт, інші 3 байти інтерпретуються як номер вузла в мережі. Мережі класу А мають номери в діапазоні від 1 до 126. (Номер 0 не використовується, а номер 127 зарезерований для спеціальних цілей, про що буде сказано нижче.). Мереж класу А небагато, зате кількість вузлів в них може досягати $2^{24}-2$, тобто 16 777 214 вузлів.

Якщо перші два біти адреси дорівнюють 10, то мережа належить до класу В. У мережах класу В під номер мережі і під номер вузла відводиться по 16 біт, тобто по 2 байти. Таким чином, мережа класу В є мережею середніх розмірів з максимальним числом вузлів $2^{16}-2$, що становить 65 534 вузли.

Якщо адреса починається з послідовності 110, то це мережа класу С. У цьому разі під номер мережі відводиться 24 біти, а під номер вузла – 8 біт. Мережі цього класу найбільш поширені, число вузлів в них обмежено 2^8-2 , тобто 254 вузлами.

Якщо адреса починається з послідовності 1110, то вона є адресою класу D і позначає особливу, групову адресу – multicast. Якщо в пакеті як адреса призначення зазначена адреса класу D, то такий пакет мають отримати всі вузли, яким визначено цю адресу.

Якщо адреса починається з послідовності 11110, то це означає, що ця адреса належить до класу E. Адреси цього класу зарезеровані для майбутніх застосувань.

У табл. 3.4 наведено діапазони номерів мереж і максимальне число вузлів, відповідних кожному класу мереж.

Характеристики адрес різних класів

Клас	Перші біти	Найменший номер мережі	Найбільший номер мережі	Максимальна кількість вузлів у мережі
A	0	1.0.0.0	126.0.0.0	$2^{24} - 2$
B	10	128.0.0.0	191.255.0.0	$2^{16} - 2$
C	110	192.0.0.0	223.255.255.0	$2^8 - 2$
D	1110	224.0.0.0	239.255.255.255	Multicast
E	11110	240.0.0.0	247.255.255.255	зарезервовано

У протоколі IP існує кілька угод про особливу інтерпретацію IP-адрес:

➤ Якщо IP-адреса цілком складається тільки з двійкових нулів, то вона позначає адресу того вузла, який згенерував цей пакет; цей режим використовується тільки в деяких повідомленнях ICMP.

➤ Якщо в полі номера мережі тільки нулі, то за замовчуванням вважається, що вузол призначення належить тій самій мережі, що й вузол, який відправив пакет.

➤ Якщо всі двійкові розряди IP-адреси дорівнює 1, то пакет з такою адресою призначення повинен розсилатися всім вузлам, що є в тій самій мережі, що й джерело цього пакета. Така розсилка називається обмеженим широкомовним повідомленням (limited broadcast).

➤ Якщо в полі номера вузла призначення стоять тільки одиниці, то пакет, що має таку адресу, розсилається всім вузлам мережі із заданим номером мережі. Наприклад, пакет з адресою 192.190.21.255 доставляється всім вузлам мережі 192.190.21.0. Така розсилка називається широкомовним повідомленням (broadcast).

При адресації необхідно враховувати ті обмеження, які вносяться особливим призначенням деяких IP-адрес. Так, ні номер мережі, ні номер вузла не може складатися тільки з одних двійкових одиниць або тільки з одних двійкових нулів. Це пояснює, чому максимальна кількість вузлів, наведена в таблиці для мереж кожного класу, зменшена на 2. Наприклад, у мережах класу C під номер вузла відводиться 8 біт, які дозволяють задавати 256 номерів: від 0 до 255. Однак на практиці максимальне число вузлів у мережі класу C не може перевищувати 254, тому що адреси 0 і 255 мають спеціальне призначення. З цих же міркувань випливає, що кінцевий вузол не може мати адресу типу 98.255.255.255, оскільки номер вузла в цій адресі класу A складається з одних двійкових одиниць.

Особливе значення має IP-адреса, перший октет якої дорівнює 127. Вона використовується для тестування програм і взаємодії процесів у межах однієї машини. Коли програма посилає дані на IP-адресу 127.0.0.1, то утворюється так звана «петля». Дані не передаються мережами, а повертаються до модулів верхнього рівня як тільки що прийняті. Тому в IP-мережі забороняється привласнювати машинам IP-адреси, що починаються з 127. Ця адреса має назву *loopback*. Можна віднести адресу 127.0.0.0 до внутрішньої мережі модуля маршрутизації вузла, а адресу 127.0.0.1 – до адреси цього модуля на внутрішній мережі. Насправді будь-яка адреса мережі 127.0.0.0 править для позначення свого модуля маршрутизації, а не тільки 127.0.0.1, наприклад 127.0.0.3.

У протоколі IP немає поняття «широкомовне» в тому розумінні, в якому воно використовується в протоколах каналного рівня локальних мереж, коли дані повинні бути доставлені абсолютно всім вузлам. Як обмежено широкомовна IP-адреса, так і широкомовна IP-адреса мають межі поширення в інтермережі – вони обмежені або мережею, до якої належить вузол-джерело пакета, або мережею, но-

мер якої зазначений в адресі призначення. Тому поділ мережі за допомогою маршрутизаторів на частини локалізує ширококомовний шторм межами однієї зі складових загальної мережі просто тому, що немає способу адресувати пакет одночасно всім вузлам усіх мереж складеної мережі.

Уже згадувана форма групової IP-адреси – multicast – означає, що цей пакет повинен бути доставлений відразу декільком вузлам, які утворюють групу з номером, зазначеним у поле адреси. Вузли самі ідентифікують себе, тобто визначають, до якої з груп вони належать. Той самий вузол може входити в кілька груп. Члени певної групи multicast не обов'язково повинні належати одній мережі. У загальному випадку вони можуть розподілятися по абсолютно різних мережах, які містяться один від одного на довільній кількості хопів. Групова адреса не ділиться на поля номера мережі та вузла й обробляється маршрутизатором особливим способом.

Основне призначення multicast-адрес – поширення інформації за схемою «один-до-багатьох». Хост, який хоче передавати ту саму інформацію багатьом абонентам, за допомогою спеціального протоколу IGMP (Internet Group Management Protocol) повідомляє про створення в мережі нової multicast групи з певною адресою. Маршрутизатори, що підтримують multicast, поширюють інформацію про створення нової групи в мережах, підключених до портів цього маршрутизатора. Хости, які хочуть приєднатися до новостворюваної multicast групи, повідомляють про це своїм локальним маршрутизаторам, і ті передають цю інформацію хосту-ініціатору створення нової групи.

Щоб маршрутизатори могли автоматично поширювати пакети з адресою multicast складеною мережею, необхідно використовувати в кінцевих маршрутизаторах модифіковані протоколи обміну маршрутною інформацією, такі як, наприклад, MOSPF (Multicast OSPF, аналог OSPF).

Групова адресація призначена для економічного поширення в Internet або великій корпоративній мережі аудіо- або відеопрограм, призначених одразу великій аудиторії слухачів або глядачів. На теперішній час такі засоби знаходять широке застосування, у зв'язку з чим Internet створює серйозну конкуренцію радіо і телебаченню.

Традиційна схема розподілу IP-адреси на номер мережі та номер вузла заснована на понятті «класу», який визначається значеннями кількох перших біт адреси. Саме тому, що перший байт адреси 185.23.44.206 попадає в діапазон 128-191, ми можемо сказати, що ця адреса належить до класу *B*, а значить, номером мережі є перші два байти, доповнені двома нульовими байтами, – 185.23.0.0, а номером вузла є 0.0.44.206.

А що, коли використовувати будь-яку іншу ознаку, за допомогою якої можна було б більш гнучко встановлювати межу між номером мережі та номером вузла? Як така ознака нині набули поширення маски. Маска – це число, яке використовується в парі з IP-адресою; двійковий запис маски містить одиниці у тих розрядах, які повинні в IP-адресі інтерпретуватися як номер мережі. Оскільки номер мережі є суцільною частиною адреси, одиниці в масці також повинні являти собою безперервну послідовність.

Для стандартних класів мереж маски мають такі значення:

- ⇒ клас *A* – 11111111. 00000000. 00000000. 00000000 (255.0.0.0);
- ⇒ клас *B* – 11111111. 11111111. 00000000. 00000000 (255.255.0.0);
- ⇒ клас *C* – 11111111.11111111.11111111.00000000 (255.255.255.0).

Для запису масок використовують і інші формати, наприклад зручно інтерпретувати значення маски, записаної в шістнадцятковому коді: FF.FF.OO.OO – маска для адрес класу В. Частіше зустрічається таке позначення 185.23.44.206/16 – цей запис свідчить про те, що маска для цієї адреси містить 16 одиниць або що в зазначеній IP-адресі під номер мережі відведено 16 двійкових розрядів.

Постачаючи кожну IP-адресу маскою, можна відмовитися від понять класів адрес і зробити більш гнучкою систему адресації. Наприклад, якщо розглянути вище адресу 185.23.44.206 асоціювати з маскою 255.255.255.0, то номером мережі буде 185.23.44.0, а не 185.23.0.0, як це визначено системою класів.

У масках кількість одиниць у послідовності, що визначає границю номера мережі, не обов'язково має бути кратним 8, щоб повторювати поділ адреси на байти.

Нехай, наприклад, для IP-адреси 129.64.134.5 вказана маска 255.255.128.0, тобто у двійковому вигляді:

IP-адреса 129.64.134.5 – 10000001.01000000.10000110.00000101;
маска 255.255.128.0 – 11111111.11111111.10000000.00000000.

Якщо ігнорувати маску, то відповідно до системи класів адреса 129.64.134.5 належить до класу В, а значить, номером мережі є перші 2 байти – 129.64.0.0, а номером вузла – 0.0.134.5.

Якщо ж використовувати для визначення границі номера мережі маску, то 17 послідовних одиниць у масці, «накладені» на IP-адресу, визначають як номер мережі у двійковому виразі число:

10000001.01000000.10000000.00000000 або в десятковій формі запису – номер мережі 129.64.128.0, а номер вузла – 0.0.6.5.

Механізм масок поширений в IP-маршрутизації, причому маски можуть використовуватися для самих різних цілей. За їх допомогою адміністратор може структурувати свою мережу, не вимагаючи від постачальника послуг додаткових номерів мереж. На основі цього ж механізму постачальники послуг можуть об'єднувати адресні простори декількох мереж шляхом введення так званих «префіксів» з метою зменшення обсягу таблиць маршрутизації і підвищення за рахунок цього продуктивності маршрутизаторів.

Номери мереж призначаються або централізовано, якщо мережа є частиною Internet, або довільно, якщо мережа працює автономно. Номери вузлів і в тому, і в іншому випадку адміністратор має волю призначати на свій розсуд, не виходячи, зрозуміло, з дозволеного для цього класу мережі діапазону.

Координуючу роль у централізованому розподілі IP-адрес до деякого часу відігравала організація InterNIC, однак зі зростанням мережі завдання розподілу адрес стало дуже складним, і InterNIC делегувала частину своїх функцій іншим організаціям і великим постачальникам послуг Internet.

Уже порівняно давно спостерігається дефіцит IP-адрес. Дуже важко отримати адресу класу В і практично неможливо стати володарем адреси класу А. При цьому треба зазначити, що дефіцит обумовлений не тільки зростанням мереж, але і тим, що наявна кількість IP-адрес використовується нераціонально. Дуже часто власники мережі класу С витрачають лише невелику частину з наявних у них 254 адрес. Розглянемо приклад, коли дві мережі необхідно з'єднати глобальним зв'язком. У таких випадках як канал зв'язку використовують два маршрутизатори, з'єднаних за схемою «точка-точка» (рис. 3.20). Для виродженої мережі, утвореної каналом, що зв'язує порти двох суміжних маршрутизаторів, доводиться виділяти окремий номер мережі, хоча в цій мережі є всього 2 вузли.

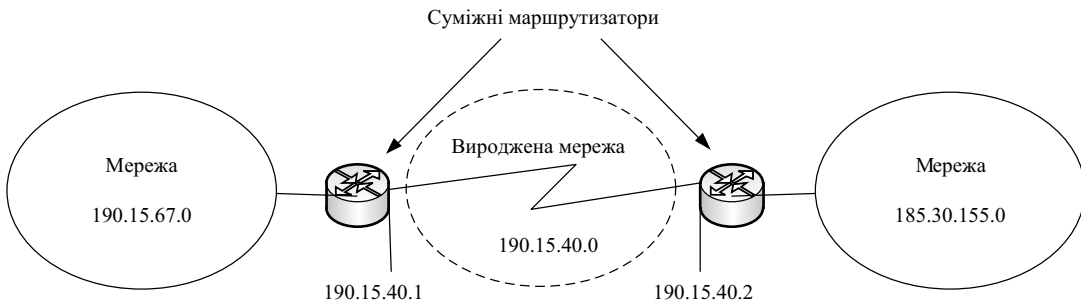


Рис. 3.20. Приклад нераціонального використання простору IP-адрес

Якщо ж деяка IP-мережа створена для роботи в «автономному режимі», без зв'язку з Internet, тоді адміністратор цієї мережі має волю призначити їй довільно вибраний номер. Але і в цій ситуації для того, щоб уникнути будь-яких колізій, у стандартах Internet визначено декілька діапазонів адрес, рекомендованих для локального використання. Ці адреси не обробляються маршрутизаторами Internet за жодних умов. Адреси, зарезервовані для локальних цілей, вибрані з різних класів: у класі *A* – це мережа 10.0.0.0, у класі *B* – це діапазон з 16 номерів мереж 172.16.0.0-172.31.0.0, у класі *C* – це діапазон з 255 мереж – 192.168.0.0-192.168.255.0.

Для пом'якшення проблеми дефіциту адрес розробники стека TCP/IP пропонують різні підходи. Принциповим рішенням є перехід на нову версію IPv6, в якій різко розширюється адресний простір за рахунок використання 16-байтних адрес. Однак і поточна версія IPv4 підтримує деякі технології, спрямовані на більш економне витрачання IP-адрес. Однією з таких технологій є технологія масок і її розвиток – технологія *безкласової міждоменної маршрутизації* (Classless Inter-Domain Routing, CIDR). Технологія CIDR відмовляється від традиційної концепції поділу адрес протоколу IP на класи, що дозволяє одержувати в користування стільки адрес, скільки реально необхідно. Завдяки CIDR постачальник послуг одержує можливість «нарізати» блоки з виділеного йому адресного простору в точній відповідності до вимог кожного клієнта, при цьому в нього залишається простір для маневру на випадок його майбутнього зростання.

Інша технологія, яка може бути використана для зняття дефіциту адрес, – це *трансляція адрес* (Network Address Translator, NAT). Вузлам внутрішньої мережі адреси призначаються довільно (природно, відповідно до загальних правил, визначених у стандарті), так, як нібито ця мережа працює автономно. Внутрішня мережа з'єднується з Internet через деякий проміжний пристрій (маршрутизатор, міжмережний екран). Цей проміжний пристрій отримує в своє розпорядження деяку кількість зовнішніх «нормальних» IP-адрес, погоджених з постачальником послуг або іншою організацією, що розподіляє IP-адреси. Проміжний пристрій здатний перетворювати внутрішні адреси на зовнішні, використовуючи для цього певні таблиці відповідності. Для зовнішніх користувачів усі численні вузли внутрішньої мережі виступають під декількома зовнішніми IP-адресами. При отриманні зовнішнього запиту цей пристрій аналізує його вміст і при необхідності пересилає його у внутрішню мережу, замінюючи IP-адресу на внутрішню адресу цього вузла. Процедура трансляції адрес визначена в RFC 1631.

Транспортний рівень забезпечує передачу даних між будь-якими вузлами мережі з необхідним рівнем надійності. Протоколи транспортного рівня призначені для забезпечення безпосереднього інформаційного обміну між двома призначеними для користувача процесами. Для цього на транспортному рівні є засоби встановлення з'єднання, нумерації, буферизації і упорядкування пакетів.

Два найважливіші протоколи транспортного рівня – це протокол користувальницьких датаграм UDP (User Datagram Protocol) і протокол управління транспортом TCP (Transport Control Protocol). Розробники додатків можуть вибирати один з цих протоколів залежно від вимог до додатка.

Протоколи транспортного рівня взаємодіють через міжрівневі інтерфейси з нижче лежачим протоколом IP і з вище лежачими протоколами прикладного рівня або додатками. У той час як завданням мережного рівня, до якого належить протокол IP, є передача даних між довільними вузлами мережі, завдання транспортного рівня, яке вирішують протоколи TCP або UDP, полягає в передачі даних між будь-якими прикладними процесами, що виконуються на будь-яких вузлах мережі. Справді, після того як пакет засобами протоколу IP доставлено у комп'ютер-одержувач, дані необхідно відправити конкретному процесу-одержувачу. Кожен комп'ютер може виконувати кілька процесів, більш того, прикладний процес теж може мати кілька точок входу, що виступають як адреси призначення для пакетів даних.

Пакети, що надходять на транспортний рівень, організуються операційною системою у вигляді безлічі черг до точок входу різних прикладних процесів. У термінології TCP/IP такі системні черги називаються *портами*. Таким чином, адресою призначення, що використовується протоколами транспортного рівня, є ідентифікатор (номер) порту прикладної служби, його розмір становить 16 біт (у діапазоні від 1 до 65535). Номер порту в сукупності з номером мережі та номером кінцевого вузла однозначно визначають прикладний процес у мережі. Цей набір параметрів має назву *socket* (socket).

Номери портів розділені на три категорії: відомі порти, зареєстровані порти, динамічні та/або приватні порти.

Відомі порти містяться в діапазоні від 0 до 1023. Вони призначаються та контролюються IANA (Internet Assigned Numbers Authority) і зазвичай використовуються низькорівневими системними програмами. Номери цих портів закріплюються й опубліковуються в стандартах Internet (RFC 1700). Наприклад, сервіси HTTP, зокрема браузері і веб-сервери, використовують TCP/IP порт 80, програми FTP працюють на портах 20/21.

Зареєстровані порти – від 1024 до 49151. Вони також призначаються та контролюються IANA, але виділяються для приватних цілей.

Динамічні та/або приватні порти – від 49152 до 65535. Ці порти динамічні в тому розумінні, що вони можуть бути використані будь-яким процесом з будь-якою метою. Часто програма, що працює на зареєстрованому порту (від 1024 до 49151), породжує інші процеси, які використовують ці динамічні порти.

Локальне присвоєння номера порту полягає в тому, що розробник деякого додатка просто пов'язує з ним будь-який доступний, довільно вибраний числовий ідентифікатор, звертаючи увагу на те, щоб він не входив до числа зарезервованих номерів портів. Надалі всі віддалені запити до додатка від інших програм повинні адресуватися із зазначенням призначеного йому номера порту.

3.5. Технології прикладного рівня

Прикладний рівень – сьомий рівень моделі OSI, призначений для забезпечення взаємодії користувача (процесу-відправника) з додатками на віддаленому комп'ютері (процесом-одержувачем).

Прикладний рівень *забезпечує*: опис форм і методів взаємодії прикладних процесів; управління завданнями, передачу файлів, управління системою тощо; ідентифікацію користувачів за їх паролями, адресами і електронним підписом; визначення функціонуючих абонентів; оголошення про можливість доступу до нових прикладних процесів; визначення достатності наявних ресурсів; посилення запитів на з'єднання з іншими прикладними процесами; управління даними, якими обмінюються прикладні процеси; синхронізацію взаємодії прикладних процесів тощо.

Взаємодія прикладних процесів

Прикладний рівень є найвищим рівнем в еталонній моделі взаємозв'язку відкритих систем (OSI RM) [3.17] і єдиним засобом доступу прикладних процесів до функціонального середовища OSIE [3.18]. Прикладний рівень не має межі взаємодії з сутностями ще більш високого рівня. Тому прикладні процеси, зацікавлені в послугах прикладного рівня, повинні мати у своєму складі компоненти, що представляють свої процеси у світі взаємозв'язку, тобто компоненти, розміщені безпосередньо в рамках самого прикладного рівня. Такі компоненти, названі *прикладними сутностями* (Application Entities), будуються за модульним принципом. Вони містять у своєму складі частину прикладного процесу, що реалізує процедури взаємодії із зовнішніми об'єктами і яку іноді називають *елементом користувача* (User Element), а також набір так званих *прикладних сервісних елементів* (Application Service Elements), через інтерфейси яких елемент користувача отримує доступ до необхідних сервісів OSIE.

Набір прикладних сервісних елементів для конкретної розподіленої програми визначає в основному *прикладний контекст* (Application Context) взаємозв'язку цієї взаємодії, тобто ту функціональність, яка необхідна, щоб забезпечувати взаємозв'язок прикладних процесів.

Сукупність засобів, за допомогою яких виконуються всі елементи взаємодії процесів, називається *прикладною асоціацією* (Application Association). Прикладами таких елементів взаємодії є ідентифікація й аутентифікація прикладних процесів, погодження та встановлення прикладного контексту взаємозв'язку, обмін прикладними блоками даних, управління режимами взаємозв'язку, припинення взаємозв'язку тощо.

Власне взаємодія прикладних процесів здійснюється за допомогою обміну *прикладними протокольними блоками даних* (Application Protocol Data Unit – APDU), при цьому може використовуватися одна або кілька прикладних асоціацій.

Розрізняють дві категорії прикладних сервісних елементів: загальні та спеціальні.

Загальні прикладні сервісні елементи (Common Application Service Elements – CASE) забезпечують послуги загальносистемного характеру, які зазвичай використовуються більшістю прикладних процесів. До них належать такі сервісні елементи (елементи, що представляють реалізації однойменних прикладних протоколів): сервісний елемент управління асоціацією (Association control service ele-

ment – ACSE), сервісний елемент надійної передачі (Reliable transfer service element – RTSE), сервісний елемент віддаленої операції (Remote operations service element – ROSE), сервісний елемент фіксації, паралельності та відновлення (Commitment, Concurrency and Recovery service element – CCRSE).

Спеціальні елементи прикладних послуг (Special Application Service Elements – SASE) орієнтовані на задоволення вимог вузькоспеціалізованих застосувань. До їх складу входять, наприклад, сервіси передачі файлів, доступу до баз даних, передачі завдань, протоколу віртуального терміналу, банківських операцій, реєстрації замовлень. Прикладами стандартів спеціальних сервісних прикладних елементів є сервісний елемент передачі та управління файлами (File Transfer, Access and Management – FTAM), сервісний елемент передачі та управління завданнями (Job Transfer and Management – JTM), сервісний елемент віртуального терміналу (Virtual Terminal Service, Basic Class), сервісний елемент віддаленого доступу до баз даних (Remote Database Access – RDA), сервісний елемент розподіленої обробки (Distributed Transaction Processing – TP), сервісний елемент мережного управління (Common management information service).

Прикладні сутності процесів залежно від семантики додатків можуть містити прикладні сервісні елементи обох категорій.

Прикладний процес (Application Process) програми користувача в цьому прикладі складається з прикладної сутності (Application Entity), відповідальної за реалізацію функцій взаємозв'язку з іншими користувачами, і з компоненти, що реалізує взаємозв'язок прикладного сервісного елемента з локальними ресурсами реальної відкритої системи і званої *прикладним агентом* (Application Agent).

Після того як програма користувача сформує повідомлення, що містить власне текст повідомлення та адресу одержувача, воно передається прикладним процесом за допомогою локального користувача інтерфейсу своєму агенту. Далі через внутрішній інтерфейс повідомлення передається від агента прикладному сервісному елементу поштової служби, який в нашому випадку складається з єдиного спеціального сервісного елемента MHS, що реалізує однойменний протокол.

Далі повідомлення, використовуючи стек протоколів моделі OSI з першого по шостий рівень (цей стек представлено на рисунку постачальником представницького сервісу – presentation service provider), передається у вигляді прикладного протокольного блоку даних (APDU) кінцевій системі-адресату. При отриманні повідомлення кінцевою системою повідомлення через сервісний елемент MHS буде передано локальному агенту, який після аналізу цього повідомлення запише його в локальну файлову систему (file storage), точніше в поштову скриньку (mail folder), і проінформує програму користувача-одержувача про надходження повідомлення.

З огляду на великий спектр можливих застосувань і, як наслідок, спектр можливих прикладних контекстів взаємозв'язку, основним технологічним принципом побудови прикладних сутностей стає *принцип модульності*. Цей принцип підтримує формування функціональності прикладних сутностей за допомогою агрегування в їх складі стандартизованих функціональних груп, поданих у вигляді самостійних компонент або модулів.

Необхідно зазначити, що сучасна концепція побудови функціональних компонент протоколів прикладного рівня розвиває принципи модульності, допускаючи можливість конструювання прикладних сутностей процесів у вигляді ієрархічних, в загальному випадку побудованих з використанням рекурсії, систем

функціональних компонент. Така концепція подана в сучасній версії стандарту X.207 [3.19]. У цьому стандарті визначено систему понять, архітектурні принципи розробки та структуризації функцій прикладних протоколів, категорії ідентифікованих об'єктів, а також описано модульний підхід до структуризації функціональності прикладного рівня.

Технологія клієнт-сервер

Архітектура «клієнт-сервер» визначає загальні принципи організації взаємодії в мережі, де є сервери, вузли-постачальники деяких специфічних функцій (сервісів) і клієнти, споживачі цих функцій.

Практичні реалізації такої архітектури називаються *клієнт-серверними технологіями*. Кожна технологія визначає власні або використовує наявні правила взаємодії між клієнтом і сервером, які називаються *протоколом обміну* (протоколом взаємодії).

У будь-якій мережі (навіть в одноранговій), побудованій на сучасних мережних технологіях, присутні елементи клієнт-серверної взаємодії, найчастіше на основі дволанкової (two-tier, 2-tier) архітектури.

Дволанкова архітектура використовується в клієнт-серверних системах, де сервер відповідає на клієнтські запити безпосередньо і в повному обсязі, при цьому використовуючи лише власні ресурси. Тобто сервер не викликає сторонні мережеві програми та не звертається до сторонніх ресурсів для виконання будь-якої частини запиту (рис. 3.21).

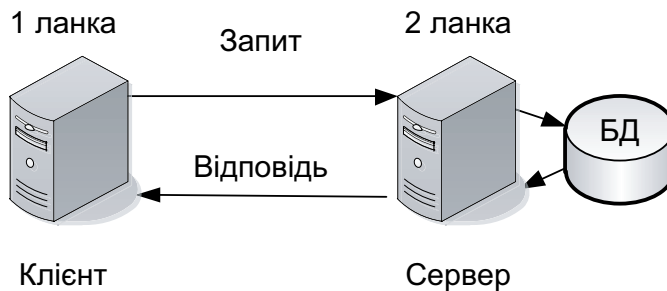


Рис. 3.21. Дволанкова клієнт-серверна архітектура

Розташування компонентів на стороні клієнта або сервера визначає такі основні моделі їх взаємодії в границях дволанкової архітектури:

- *сервер терміналів* – розподілене представлення даних;
- *файл-сервер* – доступ до віддаленої бази даних і файлових ресурсів;
- *сервер БД* – віддалене уявлення даних;
- *сервер додатків* – віддалений додаток.

Історично першою виникла модель розподіленого представлення даних (модель сервер терміналів). Вона реалізовувалася на універсальній ЕОМ (мейнфрейми), що виступала в ролі сервера, з підключеними до неї алфавітно-цифровими терміналами. Користувачі виконували введення даних з клавіатури терміналу, які потім передавалися на мейнфрейм, і там виконувалася їх обробка, у тому числі формування «картинки» з результатами. Ця «картинка» і поверталася користувачеві на екран терміналу.

З появою персональних комп'ютерів і локальних мереж була реалізована модель файлового сервера, який надавав доступ до файлових ресурсів, у тому числі і до віддаленої бази даних. У цьому випадку виділений вузол мережі є файловим сервером, на якому розміщені файли бази даних. На клієнтів виконуються програми, в яких поєднані компонент подання і прикладний компонент (СУБД і прикладна програма), які використовують підключену віддалену базу як локальний файл. Протоколи обміну при цьому являють собою набір низькорівневих викликів операцій файлової системи.

Така модель показала свою неефективність з огляду на те, що при активній роботі з таблицями БД виникає велике навантаження на мережу. Частковим рішенням є підтримка тиражування (реплікації) таблиць і запитів. У цьому випадку, наприклад при зміні даних, оновлюється не вся таблиця, а тільки модифікована її частина.

З появою спеціалізованих СУБД з'явилася можливість реалізації іншої моделі доступу до віддаленої бази даних – моделі сервера баз даних. У цьому випадку ядро СУБД функціонує на сервері, прикладна програма на клієнті, а протокол обміну забезпечується за допомогою мови SQL. Такий підхід порівняно з файловим сервером веде до зменшення завантаження мережі й уніфікації інтерфейсу «клієнт-сервер». Однак мережний трафік залишається досить високим, крім того, все одно неможливе задовільне адміністрування додатків, оскільки в одній програмі поєднуються різні функції.

З розробкою і впровадженням на рівні серверів баз даних механізму збережених процедур з'явилася концепція *активного сервера БД*. У цьому випадку частина функцій прикладного компонента реалізована у вигляді збережених процедур, що виконуються на стороні сервера. Решта прикладної логіки виконується на стороні клієнта. Протокол взаємодії – відповідний діалект мови SQL.

Переваги такого підходу очевидні: можливе централізоване адміністрування прикладних функцій; зниження вартості володіння системою (total cost of ownership) за рахунок оренди сервера, а не його покупки; неабияке зниження мережного трафіка (передаються не SQL-запити, а виклики збережених процедур).

Основний недолік – обмеженість засобів розробки збережених процедур порівняно з мовами високого рівня.

Реалізація прикладного компонента на стороні сервера являє собою наступну модель – сервер додатків. Перенесення функцій прикладного компонента на сервер знижує вимоги до конфігурації клієнтів і спрощує адміністрування, але висуває підвищені вимоги до продуктивності, безпеки і надійності сервера.

Нині накреслюється тенденція повернення до того, з чого починалася клієнт-серверна архітектура – до централізації обчислень на основі моделі термінал-сервера. У сучасній реінкарнації термінали відрізняються від своїх алфавітно-цифрових предків тим, що, маючи мінімум програмних і апаратних засобів, надають мультимедійні можливості (у тому числі графічний користувальницький інтерфейс). Роботу терміналів забезпечує високопродуктивний сервер, куди винесено все, аж до віртуальних драйверів пристроїв, у тому числі драйвери відео підсистеми.

Ще одна тенденція в клієнт-серверних технологіях пов'язана з дедалі більшим використанням розподілених обчислень. Вони реалізуються на основі моделі сервера додатків, де мережний додаток розділено на дві і більше частин, кожна з яких може виконуватися на окремому комп'ютері. Виділені частини додатка взаємодіють одна з одною, обмінюючись повідомленнями в заздалегідь узгоджено-

му форматі. У цьому випадку дволанкова клієнт-серверна архітектура стає *триланковою* (three-tier, 3-tier).

Як правило, третьою ланкою в триланковій архітектурі стає сервер додатків, тобто компоненти розподіляються таким чином (рис. 3.22):

- подання даних – на стороні клієнта;
- прикладний компонент – на виділеному сервері додатків (як варіант, що виконує функції проміжного ПЗ);
- управління ресурсами – на сервері БД, який і подає запитовані дані.

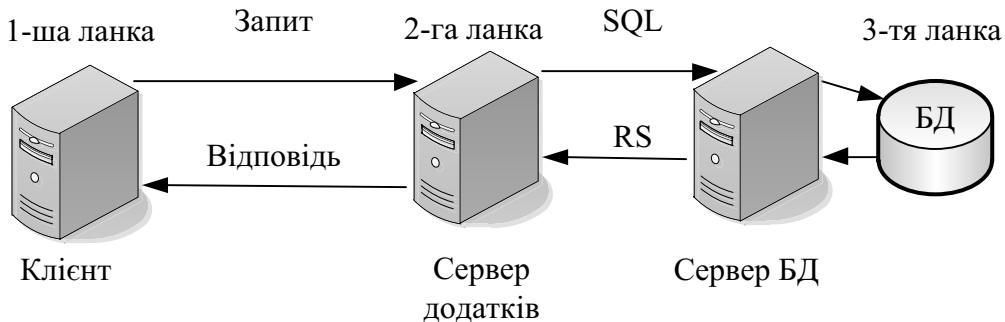


Рис. 3.22. Триланкова клієнт-серверна архітектура

Триланкова архітектура може бути розширена до багатоланкової (N-tier, Multi-tier) шляхом виділення додаткових серверів, кожен з яких надаватиме власні сервіси і можливість користуватися послугами інших серверів різного рівня. Абстрактний приклад багатоланкової моделі наведено на рис. 3.23.

Спираючись на вищевикладений матеріал, не важко зробити висновок, що дволанкова архітектура простіша, тому що всі запити обслуговуються одним сервером, але саме через це вона менш надійна і ставить підвищені вимоги до продуктивності сервера, в той час як триланкова архітектура складніша, але завдяки тому, що функції розподілені між серверами другого і третього рівней, ця архітектура являє високу ступінь гнучкості та масштабованості, високу безпеку (захист можна визначити для кожного сервісу або рівня) і високу продуктивність (завдання розподілені між серверами).

Архітектура клієнт-сервер застосовується у великому числі мережних технологій, що використовуються для доступу до різних мережних сервісів. Стисло розглянемо деякі типи найпоширеніших на теперішній час сервісів (і серверів).

Web-сервери спочатку надавали доступ до гіпертекстових документів за протоколом HTTP (Hyper Text Transfer Protocol), тепер підтримують розширені можливості, зокрема роботу з бінарними файлами (зображення, мультимедіа тощо).

Сервери додатків призначено для централізованого розв'язання прикладних завдань у деякій предметній області. Для цього користувачі мають право запускати серверні програми на виконання. Використання серверів додатків дозволяє знизити вимоги до конфігурації клієнтів і спрощує загальне управління мережею.

Сервери баз даних використовуються для обробки користувальницьких запитів мовою SQL. При цьому СУБД розміщено на сервері, до якого і підключаються клієнтські програми.

Файл-сервер зберігає інформацію у вигляді файлів і надає користувачам доступ до неї. Як правило, файл-сервер забезпечує певний рівень захисту від несанкціонованого доступу.

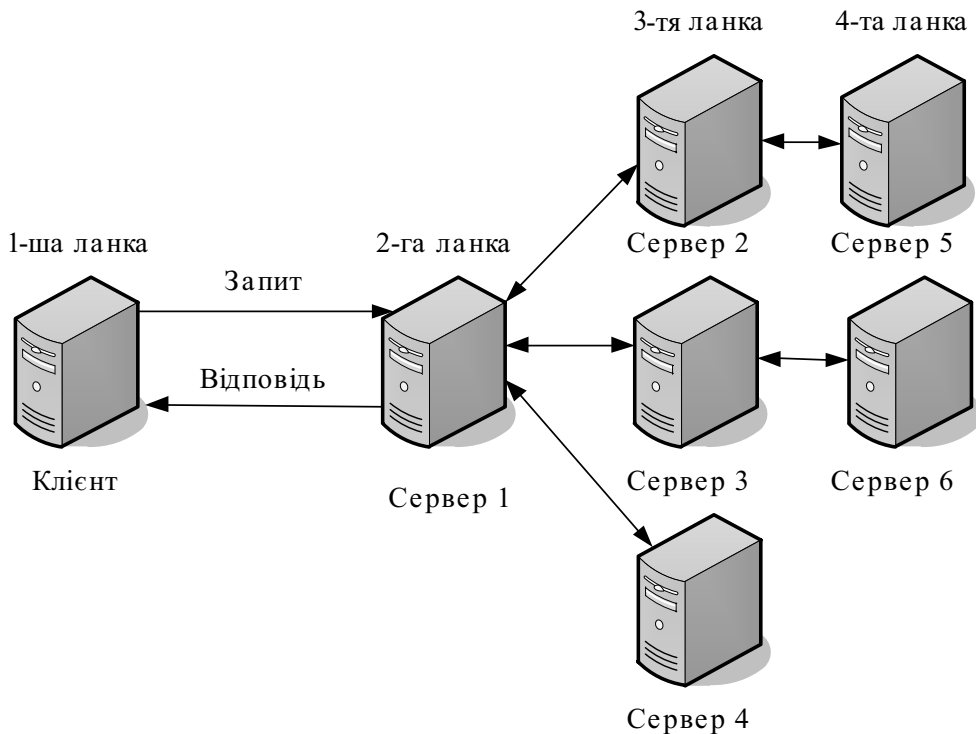


Рис. 3.23. Багатоланкова клієнт-серверна архітектура

Проксі-сервер, по-перше, діє як посередник, допомагаючи користувачам отримати інформацію з Інтернету і при цьому забезпечуючи захист мережі, по-друге, зберігає часто запитувану інформацію в кеш-пам'яті на локальному диску, швидко доставляючи її користувачам без повторного звернення до мережі Інтернет.

Міжмережні екрани (файрволи, брандмауери) аналізують і фільтрують мережний трафік з метою забезпечення безпеки мережі.

Поштові сервери надають послуги з відправлення та одержання електронних поштових повідомлень.

Сервери віддаленого доступу (RAS) забезпечують зв'язок з мережею комутованими лініями. Віддалений співробітник може використовувати ресурси корпоративної ЛОМ, підключившись до неї за допомогою звичайного модему.

Для доступу до тих чи інших мережних сервісів використовуються клієнти, можливості яких характеризуються поняттям «товщини». Воно визначає конфігурацію устаткування і програмне забезпечення, наявні в клієнта. Розрізняють «тонкі» та «товсті» клієнти.

«Тонкий» клієнт визначає клієнта, обчислювальних ресурсів якого достатньо лише для запуску необхідної мережної програми через web-інтерфейс. Інтерфейс такого додатка формується засобами статичної HTML (виконання JavaScript не передбачається), вся прикладна логіка виконується на сервері. Для роботи тонкого клієнта достатньо лише забезпечити можливість запуску web-браузера, у вікні якого і здійснюються всі дії. З цієї причини web-браузер часто називають «універсальним клієнтом».

«Товстим» клієнтом є робоча станція або персональний комп'ютер, що працює під управлінням власної дискової операційної системи і має необхідний набір програмного забезпечення. До мережних серверів «товсті» клієнти звертаються в основному за додатковими послугами (наприклад, доступ до web-сервера або до корпоративної бази даних). Так само під «товстим» клієнтом мається на увазі і клієнтське мережне програмне забезпечення, запущене під управлінням локальної ОС. Такий додаток поєднує компонент подання даних (графічний користувальницький інтерфейс ОС) і прикладний компонент (обчислювальні потужності комп'ютера клієнта).

Останнім часом став частіше використовувати ще один термін – «rich»-client. «Rich»-клієнт – це свого роду компроміс між «товстим» і «тонким» клієнтами. Як і «тонкий» клієнт, «rich»-клієнт також представляє графічний інтерфейс, описуваний вже засобами XML, і містить деяку функціональність товстих клієнтів (наприклад, інтерфейс drag-and-drop, вкладки, множинні вікна тощо). Прикладна логіка «rich»-клієнта також реалізована на сервері. Дані відправляються в стандартному форматі обміну на основі XML (протоколи SOAP, XML-RPC) та інтерпретуються клієнтом.

До основних протоколів «rich»-клієнтів на базі XML можна віднести такі: XAML (eXtensible Application Markup Language) – розроблений Microsoft, використовується в додатках на платформі .NET; XUL (XML User Interface Language) – стандарт, розроблений в рамках проекту Mozilla, використовується, наприклад, в поштовому клієнті Mozilla Thunderbird або браузері Mozilla Firefox; Flex – мультимедійна технологія на основі XML, розроблена Macromedia/Adobe.

3.6. Технології проектування та створення послуг

Для створення та впровадження нових інфокомунікаційних послуг використовуються технології та методи прискореної розробки та моделювання, а саме: CASE-системи, уніфікована мова моделювання UML, методи об'єктно-орієнтованого аналізу та проектування послуг. Однією з найбільш ефективних та детально розроблених технологій об'єктно-орієнтованого аналізу та проектування є The Open Group Architectural Framework (Інфраструктура Архітектури підприємства, TOGAF).

CASE (Computer-Aided Software Engineering – Автоматизована розробка програм) – набір інструментів і методів програмної інженерії для проектування програмного забезпечення, який допомагає забезпечити високу якість програм, відсутність помилок і простоту в обслуговуванні програмних продуктів [3.20]. Також під CASE розуміють сукупність методів і засобів проектування інформаційних систем з інтегрованими автоматизованими інструментами, які можуть бути використані в процесі розробки програмного забезпечення.

До функції CASE входять засоби аналізу, проектування та програмування. За допомогою CASE автоматизуються процеси проектування інтерфейсів, документування та виробництва структурованого коду бажаною мовою програмування.

Усі сучасні кейс-пристрої можуть класифікуватися, в основному, за типами і категоріями. *Класифікація за типами* відображає функціональну орієнтацію кейс-засобів на ті чи інші процеси життєвого циклу і в основному збігається з компонентним складом кейс-засобів та містить такі типи: засоби аналізу, засоби проектування баз даних, засоби розробки додатків, засоби реінжинірингу

(де реінжиніринг – це фундаментальне переосмислення і радикальне перепроєктування процесів для досягнення різних поліпшень у вирішальних показниках діяльності компанії), засоби планування та управління проектом, засоби тестування, засоби документування.

Класифікація за категоріями визначає ступінь інтегрованості виконуваних функцій і містить окремі локальні засоби, які розв'язують невеликі автономні завдання, набір частково інтегрованих засобів, що охоплюють більшість етапів життєвого циклу та цілком інтегрованих засобів, що охоплюють весь життєвий цикл інформаційної системи.

Типовими CASE інструментами є такі: інструменти управління конфігурацією, інструменти моделювання даних, інструменти аналізу і проектування, інструменти перетворення моделей, інструменти редагування програмного коду, інструменти рефакторингу коду (процес зміни внутрішньої структури програми, який не змінює її зовнішню поведінку і має на меті полегшити розуміння її роботи), генератори коду, інструменти для побудови UML-діаграм.

UML (Unified Modeling Language – уніфікована мова моделювання) – мова графічного опису для об'єктного моделювання в області розробки програмного забезпечення [3.21]. UML є мовою широкого профілю, це відкритий стандарт, який використовує графічні позначення для створення абстрактної моделі системи, що зветься *UML-моделлю*. UML було створено для визначення, візуалізації, проектування та документування в основному програмних систем. UML не є мовою програмування, але в засобах виконання UML-моделей як коду, що інтерпретується, можлива кодогенерація.

Використання UML не обмежується моделюванням програмного забезпечення. Його також використовують для моделювання бізнес-процесів, системного проектування та відображення організаційних структур. UML дозволяє також розробникам програмного забезпечення досягти угоди в графічних позначеннях для подання загальних понять (таких, як клас, компонент, узагальнення – generalization, об'єднання – aggregation, поведінка) і більше сконцентруватися на проектуванні та архітектурі.

Серед *переваг* використання мови UML необхідно зазначити такі: UML об'єктно-орієнтований, коли методи опису результатів аналізу і проектування семантично близькі до методів програмування на сучасних об'єктно-орієнтованих мовах; UML дозволяє описати систему практично з усіх можливих точок зору і різних аспектів поведінки системи; діаграми UML порівняно прості для читання після досить швидкого ознайомлення з його синтаксисом; UML розширює і дозволяє вводити власні текстові та графічні стереотипи, що сприяє його застосуванню не тільки в сфері програмної інженерії; UML отримала широкого поширення і динамічно розвивається.

Серед основних *недоліків* мови UML спеціалісти зазначають такі:

⇒ Надмірність мови. UML часто критикується як невинувато велика і складна. Вона містить багато надлишкових або практично невикористовуваних діаграм і конструкцій. Найчастіше це можна почути про UML 2.0, ніж UML 1.0, оскільки більш нові ревізії мають більше компромісів.

⇒ Неточна семантика. Оскільки UML визначена комбінацією себе самої (абстрактний синтаксис), OCL (мова опису обмежень – формальна перевірка правильності) і англійської (докладна семантика), то вона позбавлена скутості, властивої мовам. У деяких випадках абстрактний синтаксис UML, OCL і англійська супере-

чать один одному, в інших випадках вони неповні. Неточність опису самої UML однаково відбивається на користувачів і постачальників інструментів, приводячи до несумісності інструментів через унікальне трактування специфікацій.

⇒ Проблеми при вивченні та впровадженні. Вищеописані проблеми роблять проблематичним вивчення та впровадження UML, особливо коли керівництво насильно змушує використовувати UML інженерів при відсутності у них попередніх навичок.

⇒ Тільки код відображає код. Ще одна думка – що важливі робочі системи, а не красиві моделі. Відповідно до цієї думки, існує потреба у кращому способі написання ПЗ; UML цінується при підходах, які компілюють моделі для генерування вихідного або здійсненого коду. Однак цього все-таки може бути недостатньо, тому що UML не має властивостей *повноти за Тьюрингом* (відсутня можливість реалізувати будь-яку функцію, яку можна розрахувати) і будь-який згенерований код буде обмежений тим, що може розгледіти або припустити UML інструмент.

⇒ Кумулятивне навантаження/неузгодженість навантаження (Cumulative Impedance / Impedance mismatch). *Неузгодженість навантаження* – термін з теорії системного аналізу для позначення нездатності входу системи сприйняти вихід іншої. Як у будь-якій системі позначень, UML може подати одні системи більш коротко і ефективно, ніж інші. Таким чином, розробник схиляється до рішень, які більш комфортно підходять до переплетення сильних сторін UML і мов програмування. Проблема стає більш очевидною, якщо мова розробки не дотримується принципів ортодоксальної об'єктно-орієнтованої доктрини (не намагається відповідати традиційним принципам ООП).

⇒ Намагається бути всім для всіх. UML – це мова моделювання загального призначення, яка намагається досягти сумісності з усіма можливими мовами розробки. У контексті конкретного проекту для досягнення командою проєктувальників певної мети повинні бути вибрані застосовні можливості UML. Крім того, шляхи обмеження сфери застосування UML в конкретній області проходять через формалізм, який не зовсім сформульований і який сам є об'єктом критики.

Відкрита архітектура **The Open Group Architectural Framework** є основою для архітектури підприємства, яка забезпечує комплексний підхід до проєктування, планування, реалізації та управління інформаційною архітектурою підприємства [3.22]. Функціональна сторона додатка втілена в мовах програмування, на яких воно написано. Крім того, професійним розробникам систем потрібні відповідні інструменти для розробки і експлуатації додатків. Такі можливості надаються сервісами програмної інженерії TOGAF, які містять: сервіси мови програмування, сервіси компонування об'єктного коду, сервіси середовища та інструментів розробки програмного забезпечення, сервіси побудови графічного інтерфейсу користувача (GUI), сервіси мов сценаріїв, сервіси мовних прив'язок, сервіси середовища часу виконання програми, сервіси бінарного інтерфейсу програми тощо.

Сервіси мови програмування надають базовий синтаксис і семантичний опис для використання розробником програмного забезпечення з метою опису бажаної функції прикладної програми. Сервіси оболонки і мов виконуваних сценаріїв дозволяють використовувати команди операційної системи або утиліт замість мови програмування. Сценарії оболонки і виконувани сценарії звичайно інтерпретуються, а не компілюються, але деякі операційні системи підтримують компілятори виконуваних сценаріїв. Водночас деякі компілятори створюють код, що інтерпретується під час виконання. До цієї групи також належать інструменти форматування коду і компілятори компіляторів.

Сервіси компонування об'єктного коду забезпечують можливість доступу програм до додатків нижчого рівня і платформи операційної системи через API, які задаються незалежно від мови програмування. Такий спосіб використовують програмісти для отримання доступу до цих сервісів, застосовуючи методи, сумісні з операційною системою і використовуваною мовою програмування. Компонування залежне від операційної системи, але незалежне від мови.

Сервіси середовища та інструментів розробки програмного забезпечення за допомогою комп'ютера (CASE) містять у собі системи і програми, які підтримують автоматизовану розробку і експлуатацію програмного забезпечення. Вони містять у собі (але не обмежуються) інструменти для завдання специфікацій та аналізу, для проектування та аналізу, для створення, редагування, тестування і налагодження програмного коду, для документування, прототипування і групових комунікацій. Інтерфейси між цими інструментами містять сервіси зберігання та отримання інформації про системи і обмін цією інформацією між різними системами середовища розробки. На додаток до цих можливостей існує можливість керувати і контролювати конфігурацію компонентів програмного забезпечення, даних тестів, а також бібліотеки для запису змін вихідного коду або доступу до CASE-сховищ. Інші мовні інструменти містять генератори коду і транслятори, інструменти штучного інтелекту і такі інструменти, як команда *make* системи UNIX, яка використовує відомості про залежності між модулями для того, щоб перекомпілювати і компонувати тільки ті частини програми, які були змінені.

Сервіси побудови графічного інтерфейсу користувача (GUI) підтримують розробку елементів людино-машинних інтерфейсів додатків (HCI). Інструменти містять сервіси генерації і захоплення макетів екрана і сервіси для визначення зовнішнього вигляду, функцій, поведінки і позиції графічних об'єктів.

Сервіси мов сценаріїв надають інтерпретовані мови, які дозволяють користувачеві виконувати деякі складні функції більш простим способом. Сферами застосування мов сценаріїв спеціального призначення є розрахунки, розробка графічного інтерфейсу користувача і прототипу.

Сервіси мовних прив'язок надають відображення з інтерфейсів мовами програмування в сервіси, що надаються платформою додатків. У багатьох випадках відображення є прямим, оскільки платформа забезпечує сервіси, аналогічні тим, які передбачає програма. В інших випадках сервіс мовних прив'язок повинен використовувати комбінацію сервісів платформи додатків для надання повнофункціонального відображення.

Сервіси середовища часу виконання програми надають підтримку прикладного програмного забезпечення під час виконання. Така підтримка містить пошук і приєднання бібліотек, які динамічно підключаються, або навіть емуляцію операційного середовища, відмінного від реально існуючого.

Сервіси бінарного інтерфейсу програми надають сервіси, які приводять платформу програми до відповідності із заданими стандартами бінарного інтерфейсу програми.

Технології IP-телефонії

Залежно від використовуваної для передачі голосових даних мережної технології розрізняють такі поняття, як VoATM (Voice over ATM), VoFR (Voice over Frame Relay) та VoIP (Voice over IP), тобто передача голосу на базі протоколів ATM, FR і IP. Сьогодні в результаті популярності протоколу IP найбільш поши-

реною є технологія VoIP, яка також часто називається IP-телефонією. Розвиток IP-телефонії обумовлено стрімким зростанням мереж передачі даних всіх масштабів (збільшення пропускної спроможності каналів зв'язку, вдосконалення систем мережного управління тощо).

Сьогодні основними ринками застосування послуг IP-телефонії є: телекомунікаційні ринки далекого зв'язку (міжнародного, міжміського), установчі (корпоративні) телекомунікаційні мережі, мережі операторів мобільного та фіксованого зв'язку. Для кожного з цих випадків передача голосу між двома абонентами може здійснюватися як цілком з використанням пакетних технологій, так і з їх частковим використанням на ділянках оригінації (на стороні абонента, який ініціює дзвінок), термінації (на стороні абонента, до якого спрямований дзвінок) і транзиту. Як кінцеві пристрої можуть застосовуватися:

❖ *IP-телефон*. Спеціальний телефонний апарат на базі мікропроцесора, оснащеного мережевими картами для підключення до пакетної мережі. IP-телефон обробляє сигналізацію, голосову інформацію, формує IP пакети і дозволяє цілком взаємодіяти з іншими пристроями мережі (транзитним сервером або іншим кінцевим пристроєм);

❖ *Комп'ютер* з попередньо встановленим програмним забезпеченням, яке реалізує функціональність IP-телефону;

❖ *Телефонний апарат*, який підключений до мережі оператора (фіксованого чи мобільного зв'язку) і взаємодіє з пакетною мережею через відповідний шлюз.

IP-телефонія представлена трьома типовими сценаріями встановлення з'єднань між кінцевими абонентами: «Комп'ютер (або IP-телефон) – комп'ютер (або IP-телефон)», «Комп'ютер (або IP-телефон) – телефон»; «Телефон – телефон».

Кінцеве обладнання може безпосередньо підключатися і до маршрутизаторів. Так, наприклад, практично всі модульні маршрутизатори Cisco мають наступні інтерфейси:

- ❖ *FXO* (Foreign Exchange Office) – для підключення офісних телефонних станцій;
- ❖ *FXS* (Foreign Exchange Subscriber) – для підключення телефонних апаратів;
- ❖ *E&M* – універсальний інтерфейс, що підтримує кілька типів сигналізації по двох- і чотирипроводових лініях.

Передача мовлення здійснюється за такою схемою. Абонент набирає потрібний номер, і на сервер надходить запит, за яким здійснюється аналіз номера, який викликається. Якщо номер присутній у системі і доступний, то сервер дає дозвіл на встановлення з'єднання, після чого відбувається обмін мовними повідомленнями. Слід зазначити, що можна провести реалізації мережі, в яких сервер не приймає активної участі у встановленні, підтримці та припиненні з'єднання, а лише відстежує поточний стан і збирає статистику, тобто здійснює моніторинг процесів.

Раніше в IP-телефонії використовувалися закриті протоколи, відповідно учасники бесіди повинні були мати аналогічні продукти. Компанії Intel і Microsoft очолили напрям на розробку стандартів на основі H.323, рекомендованого International Telecommunications Union (ITU). Цей стандарт формулює технічні вимоги для передачі аудіо- та відеоданих мережами передачі даних і містить у собі стандарти на відеокодеки, на голосові кодеки, на загальнодоступні додатки, на управління викликами і системою.

Перелічимо технічні вимоги до голосових кодеків:

- мала смуга пропускання (8 Кбіт/с або менше);
- висока якість голосу;
- невеликі затримки;
- можливість реконструкції втрачених пакетів.

При передачі в режимі реального часу до 30 % пакетів може бути втрачено, Отже, додаток IP-телефонії має вміти відновлювати втрачені дані з огляду на складність алгоритмів кодування.

Крім того, системи IP-телефонії повинні мати можливість підтримувати різні кодеки і в разі необхідності додавати нові. За замовчуванням голосові кодеки в стандарті H.323 використовують стандарт G.711. Проте ширина смуги частот в 64 Кбіт/с, яка необхідна в G.711, неприйнятна при використанні в Internet.

Технологія VoIP може працювати в будь-якому фізичному середовищі, яке може використовуватися звичайним протоколом IP. Такі середовища можуть бути у вигляді кабелю UTP (використовується в традиційному Ethernet), телефонних проводів, бездротових з'єднань (протокол IEEE 802.11) тощо.

Другий рівень моделі OSI – канальний рівень – вказує, що протокол IP для створення фреймів може використовувати різні формати (PPP (Multilink PPP), Frame Relay (FR) і ATM). При проектуванні мережі можливі й інші варіанти, оскільки передавати голос можуть також Ethernet, Wi-Fi та інші технології локальних мереж.

На третьому, мережному рівні використовується протокол IP як спосіб передачі голосу, проте звичайний IP повинен бути доповнений спеціальними засобами. Оскільки існують проблеми із затримкою протоколу IP, потрібно використовувати будь-який спосіб встановлення черговості для того, щоб голосовим даним не довелося чекати передачі за умов конкуренції зі звичайними даними. На маршрутизаторах повинна бути використана черговість з малою затримкою (Low-Latency queuing – LLQ) або будь-яка інша сучасна схема установки черговості, щоб голосові дані відправлялися раніше звичайних даних. Крім того, повинні використовуватися схеми маркування (marking) із завданням пріоритетів (coloring), названі IP-пріоритетами, для забезпечення того, щоб голосові дані розглядалися системою як найважливіші для першочергової передачі, ніж звичайні дані.

Наступним рівнем моделі OSI є транспортний. Оскільки для передачі голосу використовується протокол UDP, системі не вистачає механізму установки черговості пакетів, щоб пакети доставлялися в необхідній послідовності. Транспортний протокол реального часу (Real-Time Transport Protocol – RTP) для виконання цієї вимоги додає номер пакета в послідовності передачі і механізм розстановки тимчасових міток. Також може використовуватися протокол резервування (Resource Reservation Protocol – RSVP) для резервування смуги пропускання вздовж шляху прямування голосу по IP-мережі. Цей протокол унеможливує застосування пакетами звичайних даних зарезервованої смуги пропускання.

П'ятий рівень моделі – сеансовий. Сьогодні мережі VoIP переходять зі стандарту ITU-T H.323 на інший протокол ініціювання сеансу (Session Initiation Protocol – SIP) та протокол опису сеансу (Session Description Protocol – SDP).

Шостим рівнем моделі є рівень уявлень. Як визначено в моделі OSI, рівень уявлень аналізує та інтерпретує формати даних. У термінах передачі голосу

рівень уявлень забезпечує методи кодування і стиснення, що використовуються для передачі голосу.

Усі рівні стека протоколів спільно застосовуються для того, щоб вирішити проблеми мінімізації затримки і забезпечити необхідний порядок проходження пакетів.

Сьогодні основними протоколами сеансового рівня в IP-телефонії є рекомендації H.323 і протокол SIP.

H.323 являє собою рекомендацію, що складається з декількох протоколів, які використовуються для різних цілей і працюють спільно. Спочатку H.323 розроблявся для мультимедійних комунікацій в локальних мережах без гарантії якості, але далі він був доопрацьований для задоволення більш жорстких вимог IP-телефонії.

H.323 в основному базується на мультимедійних протоколах ITU. Зокрема, він містить у собі рекомендацію H.225.0, використовувану для реєстрації терміналів, рекомендацію H.245 для контролю сесії, H.332 для багатоточечних конференцій, H.235 для забезпечення безпеки тощо. Усе це різноманіття необхідно тільки для встановлення з'єднання і виконання контрольних функцій. Самі мультимедійні пакети інкапсулюються і відправляються за адресою призначення. Таким чином, якість сервісу забезпечує транспортний протокол RTP.

Рекомендації H.323 передбачають: управління смугою пропускання; можливість взаємодії мереж; платформну незалежність; підтримку багатоточкових конференцій; підтримку багатоадресної передачі; стандарти для кодеків; підтримку групової адресації. У рекомендації H.323 встановлюється чотири основних компоненти VoIP-з'єднання: термінал, контролер зони, шлюз (gateway), пристрій керування багатоточковою конференцією (MCU).

Протокол ініціювання сеансів (Session Initiation Protocol – SIP) є протоколом сеансового рівня і призначається для організації, модифікації і завершення сеансів зв'язку (наприклад, мультимедійних конференцій, телефонних з'єднань). Користувачі можуть брати участь в існуючих сеансах зв'язку, запрошувати інших користувачів і бути запрошеними ними до нового сеансу зв'язку.

В основу протоколу закладені такі *принципи*:

✦ Персональна мобільність користувачів. Користувачі можуть переміщатися без обмежень у межах мережі. Користувачеві привласнюється унікальний ідентифікатор, а мережа надає йому послуги зв'язку незалежно від того, де він перебуває.

✦ Масштабованість мережі. Вона характеризується, у першу чергу, можливістю збільшення кількості елементів мережі при її розширенні. Серверна структура мережі, побудована на базі протоколу SIP, відповідає цій вимозі.

✦ Розширюваність протоколу. Вона характеризується можливістю доповнення протоколу новими функціями при введенні нових послуг та його адаптації до роботи з різними додатками. Розширення функцій протоколу SIP може бути зроблено за рахунок введення нових заголовків повідомлень, які повинні бути зареєстровані в організації IANA. При цьому, якщо SIP-сервер приймає повідомлення з невідомими йому атрибутами, то він просто ігнорує їх. Для розширення можливостей протоколу SIP можуть бути також додані і нові типи повідомлень.

✦ Інтеграція в стек існуючих протоколів Інтернету, розроблених IETF. Протокол SIP є частиною глобальної архітектури мультимедіа, розробленої IETF. Ця

архітектура містить у собі також і інші протоколи: резервування ресурсів (Resource Reservation Protocol – RSVP), транспортний протокол реального часу (Real-Time Transport Protocol – RTP), протокол передачі потокової інформації в реальному часі (Real-Time Streaming Protocol – RTSP), протокол опису параметрів зв'язку (SDP). Однак функції самого протоколу SIP не залежать від жодного з цих протоколів.

✧ Взаємодія з іншими протоколами сигналізації. Протокол SIP може бути використаний спільно з протоколом H.323.

Мережі SIP зазвичай будуються з елементів трьох основних типів: терміналів, проксі-серверів і серверів переадресації.

Термінали можуть бути двох типів: персональний комп'ютер зі звуковою платою і програмним забезпеченням SIP-клієнта та SIP-телефон, що підключається безпосередньо до ЛОМ Ethernet.

Шляхом програмування сервер можна налаштувати на різні алгоритми роботи: він може обслуговувати частину користувачів за одними правилами, а іншу частину – за іншими.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 3.1. Банкет В.Л. Современные телекоммуникации. Технологии и экономика / [Банкет В.Л., Бондаренко О.В., Воробийенко П.П. и др.]; под. ред. С.А. Довгого. – М.: Эко-Трендз, 2003. – 320 с.
- 3.2. ISO 7498. Information processing systems. Open Systems Interconnection. Basic Reference Model. – ISO, 1984.
- 3.3. ISO/IEC 7498-1. Information technology. Open Systems Interconnection. Basic Reference Model: The Basic Model. – ISO/IEC, 1994.
- 3.4. ITU-T Recommendation X.200. Information technology. Open Systems Interconnection. Basic Reference Model. The basic model. – ITU-T, 1994.
- 3.5. Кульгин М. Технологии корпоративных сетей. Энциклопедия / Кульгин М. – СПб.: Питер, 2000. – 704 с.
- 3.6. Лаем Куин, Ричард Рассел Fast Ethernet / Лаем Куин, Ричард Рассел. – К.: Издательская группа ВНУ, 1998. – 448 с.
- 3.7. Патент u 2009 05194, Україна. Спосіб побудови телекомунікаційних пакетних мереж з динамічною адресацією вузлів / Воробийенко П.П., Тихонов В.І.; заявник та правовласник – Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова; опубл. 25.05.2009 р.
- 3.8. Воробийенко П.П. Принципы построения сетевых протоколов по интегрированной технологии телекоммуникаций UA-ITТ / П.П. Воробийенко, В.И. Тихонов, Е.В. Тихонова – Журн.: Восточноевропейский журнал, 2011. – № 5/9 (53). – С. 15–19.
- 3.9. Воробийенко П.П., М.И. Струкало. Развитие стандартизации взаимодействия открытых информационных систем / П.П. Воробийенко, М.И. Струкало. – М.: Вестник связи, 2003. – № 10. – С. 70–72.
- 3.10. Воробийенко П.П. Концепция обобщенной эталонной модели взаимодействия открытых систем / Воробийенко П.П. – М.: Электросвязь, 2001. – № 10. – С. 14–15.
- 3.11. Гроднев И.И., Верник С.М. Линии связи: учебник для вузов. – 5-е изд., перераб. и доп. / И.И. Гроднев, С.М. Верник. – М.: Радио и связь, 1988. – 544 с.: илл.
- 3.12. Андреев В.А. Направляющие системы электросвязи: Учебник для вузов. В 2 томах. Т. 1 – Теория передачи и влияния / В.А. Андреев, З.Л. Портнов, Л.Н.Кочановский, под ред. В.А. Андреева. – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Горячая линия – Телеком, – 2009. – 424 с.: илл.
- 3.13. Парфенов Ю.А. Последняя миля на медных кабелях / Ю.А. Парфенов, Д.Г. Мирошников – М.: Эко-Трендз, 2005. – 221 с.
- 3.14. Иоргачев Д.В., Бондаренко О.В. Волоконно-оптические кабели и линии связи / Д.В. Иоргачев, О.В. Бондаренко. – М.: Эко-Трендз, 2002. – 282 с.
- 3.15. Волоконно-оптические кабели. Теоретические основы, конструирование и расчет, технология производства и эксплуатация: [монография] / [Иоргачев Д.В., Бондаренко О.В., Дашченко А.Ф., Усов А.В.]. – О.: Астропринт, 2000. – 536 с. – ISBN 966-549-542-9.
- 3.16. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. – СПб.: Питер, 2001, – 672 с.
- 3.17. ISO 7498: Эталонная модель взаимосвязи открытых систем (RM OSI) – Information processing systems – Open Systems Interconnection – Basic Reference Model [ITU-T Rec. X.200].
- 3.18. В.А. Сухомлин. Введение в анализ информационных технологий. – Курс лекций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sukhomlin.oit.cmc.msu.ru/AnalyzeIT/>
- 3.19. ITU-T X.207, Information technology – Open Systems Interconnection – Application Layer structure.
- 3.20. Kuhn, D. L. Selecting and effectively using a computer aided software engineering tool. – Annual Westinghouse computer symposium – 6-7 Nov 1989 – Pittsburgh, PA (USA); DOE Project.
- 3.21. Буч Г. UML. Классика CS. 2-е изд. / Буч Г., Якобсон А., Рамбо Дж.; пер. с англ.; под общей редакцией проф. С. Орлова – СПб.: Питер, 2006. – 736 с.
- 3.22. Сервисы программной инженерии (TOGAF) – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://online-studies.ru/servisyy-programmnoy-inzheneriiitogaf/>

4.1. Архітектурна модель сучасних телекомунікаційних мереж (транспорт та доступ)

Архітектура транспортних мереж

Усе мережне обладнання, що використовується для побудови мереж наступних поколінь (незалежно від їх типу та приналежності), можна умовно поділити на три рівні: рівень абонентського доступу та службових мереж; рівень комутації інформаційних потоків; рівень організації транспорту. Такий розподіл є типовим для великої кількості моделей, запропонованих виробниками обладнання та розробниками програмного забезпечення для мереж різних типів (мереж операторів передавання даних, операторів мобільного зв'язку, великих корпоративних мереж тощо).

Базовим елементом мережі в пропонованій моделі є вузловий центр, узагальнена структурна схема якого зображена на **рис. 4.1**.

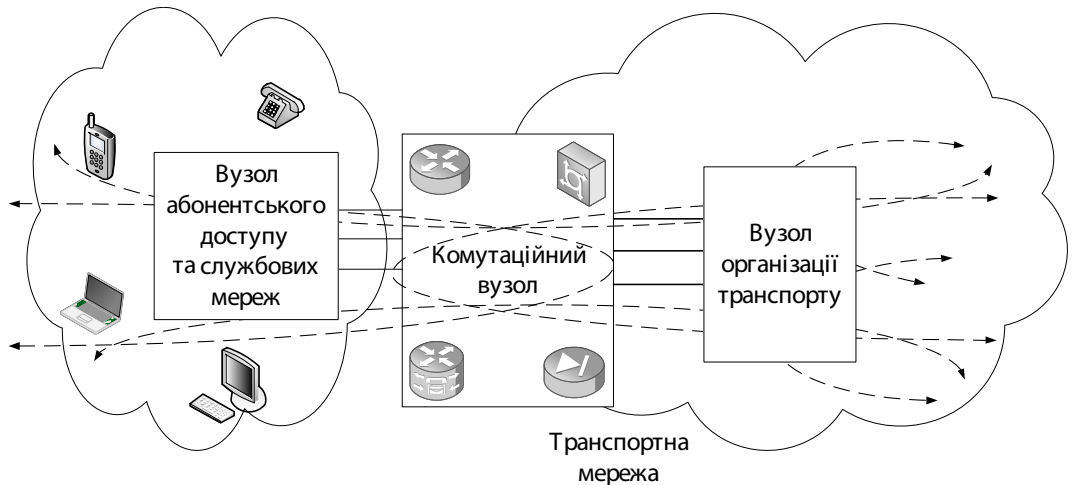


Рис. 4.1. Структурна схема вузлового центру

Вузловий центр складається з трьох типових вузлів: абонентського доступу та службових мереж (ВАД та СМ), комутаційного (КВ) та організації транспорту (ВОТ). Залежно від ролі вузлового центру та місця його розташування певні вузли можуть не входити до його складу.

Основним призначенням вузла абонентського доступу та службових мереж є організація взаємодії абонентів (користувачів) з комутаційним вузлом за допомо-

гою набору технологій доступу. Типовим прикладом цього вузла можуть бути: фрагмент абонентської телефонної мережі загального користування, фрагмент підсистеми базових станцій мобільного оператора, мережа доступу приватної компанії, побудована за допомогою технології Ethernet, тощо.

Призначенням комутаційного вузла є організація з'єднання між двома абонентами (користувачами) або між абонентом та сервером в межах власної мережі або з абонентами (користувачами) та серверами інших мереж. Основою цього вузла можуть бути програмно-апаратні платформи Softswitch, цифрові системи комутації, MSC та SMSC операторів мобільного зв'язку тощо.

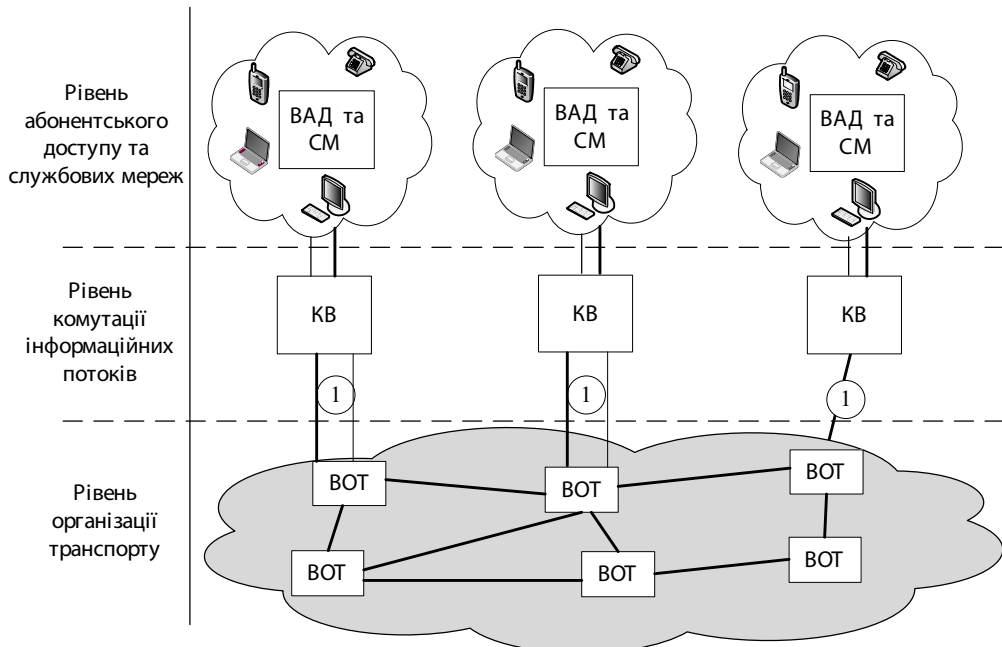
Призначенням вузла організації транспорту є організація взаємодії між вузловими центрами власної мережі, а також організація каналів зв'язку з іншими мережами. Основними елементами цих вузлів є MPLS-маршрутизатори, SDH-мультиплексори, Ethernet-комутатори тощо [4.1]. Непоодинокими є випадки, коли обладнання того самого типу використовується як для організації вузлів абонентського доступу, так і для організації транспорту.

Інформаційні потоки в пропонованій моделі (позначені на рис. 4.1 пунктирними стрілками) можуть проходити крізь вузловий центр, як із залученням до цього процесу комутаційного вузла, так і без нього. Тобто комутація з'єднання (комутація телефонного виклику, маршрутизація пакетів тощо), яке утворюється (або завершується) в мережі, може здійснюватися як на рівні комутаційного вузла, так і в межах загального транспортного потоку на вузлі організації транспорту (наприклад, якщо вузол виконує роль транзитного пункту). Доволі поширеними сьогодні є також випадки, коли організація з'єднання здійснюється взагалі без участі комутаційного вузла на рівні абонентського доступу та службових мереж (наприклад, при використанні пірингових технологій).

Фактичний розподіл архітектури вузлового центру на зазначені елементи (вузли) є досить нетривіальним завданням та залежить від багатьох чинників (у тому числі від того рішення, яке пропонує конкретний виробник обладнання). Так, наприклад, всі три вузли можуть бути частково або цілком реалізовані в межах одного апаратно-програмного комплексу. Яскравим прикладом можуть бути системи типу MSAN, що забезпечують організацію абонентського доступу, комутацію інформаційних потоків та мають вбудовані інтерфейси з підтримкою протоколів транспортного середовища.

Архітектурна модель мережі, яка базується на викладених вище принципах, зображена на **рис. 4.2**.

Прикладом використання запропонованої моделі для опису типової мережі GSM-оператора із використанням технології SDH [4.1 – 4.4] може стати схема, зображена на **рис. 4.3**. Як вузли організації транспорту на наведеній схемі використовуються ADM-мультиплексори (технологія SDH). До рівня комутації інформаційних потоків віднесено контролер базових станцій та центр комутації (MSC). У свою чергу, до рівня абонентського доступу та службових мереж віднесено як безпосередньо мережі мобільного доступу (разом із системою розподілення), так і службові сервери на кшталт сервера білінгу. Як видно з цієї схеми (рис. 4.3), обладнання одного типу може належати до різних рівнів залежно від свого призначення (організація абонентських мереж або організація взаємодії між вузловими центрами мережі оператора в цілому).



ВАД та СМ – вузол абонентського доступу та службових мереж

① - Інтерфейси взаємодії комутаційного вузла та вузла організації транспорту

КВ - комутаційний вузол ВОТ – вузол організації транспорту

Рис. 4.2. Архітектурна модель мережі

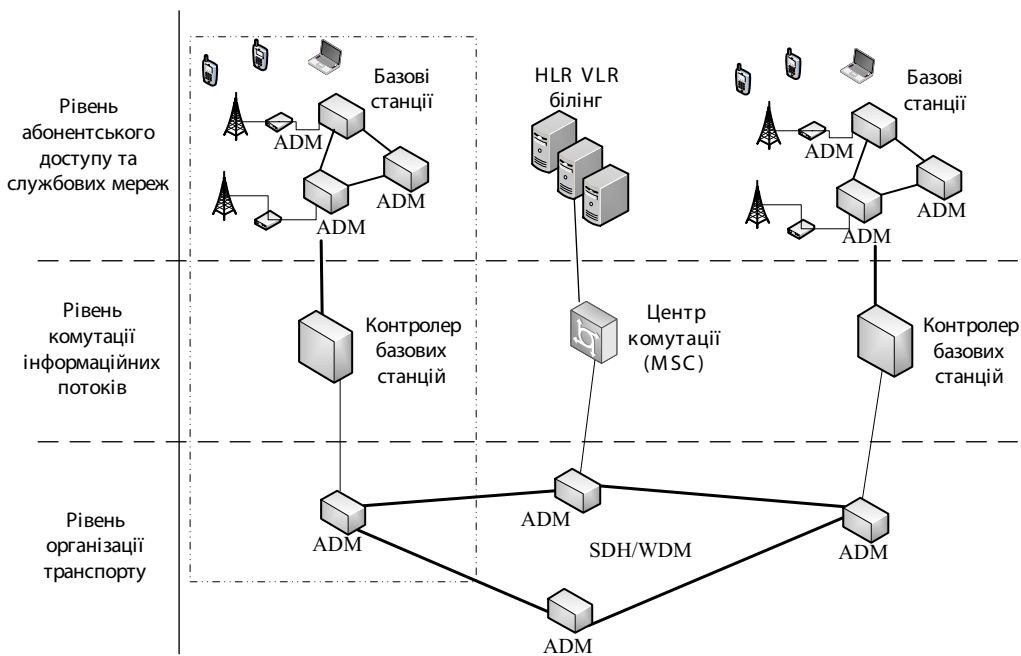


Рис. 4.3. Приклад використання запропонованої моделі для опису типової мережі GSM-оператора з використанням технології SDH

Непоодинокими є випадки, коли та сама одиниця обладнання (з огляду на її функціональні можливості) належить до двох (або навіть до всіх трьох) рівнів одночасно. Яскравим прикладом такої належності можуть бути DSLAM-системи операторів фіксованого зв'язку. Приклад використання запропонованої моделі для опису мережі фіксованого зв'язку зображено на **рис. 4.4**.

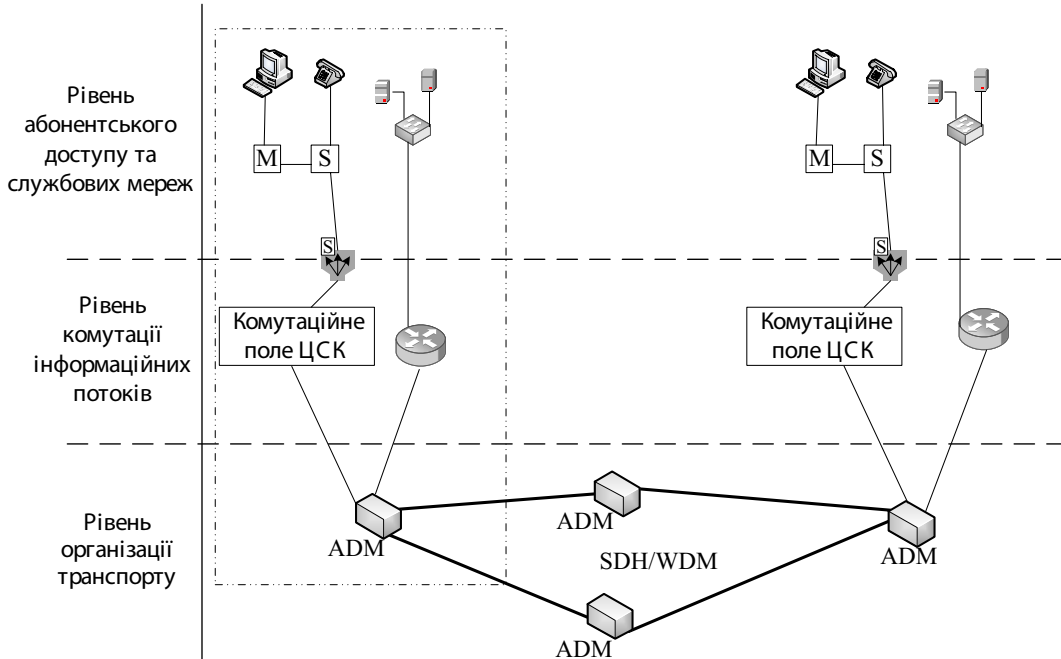


Рис. 4.4. Приклад використання запропонованої моделі для опису мережі фіксованого зв'язку

Як видно з рис. 4.4, якщо комутаційне поле цифрової системи комутації (ЦСК), а також маршрутизатори ядра розміщені тільки на рівні комутації інформаційних потоків, то DSLAM – на межі між рівнем абонентського доступу та рівнем комутації інформаційних потоків. Це пояснюється тим, що цей пристрій має одночасно інтерфейси і до абонентів фіксованого зв'язку (наприклад, за технологією ADSL), і до ЦСК. Слід також зазначити, що в деяких випадках пристрої DSLAM реалізовано у складі єдиної ЦСК, яка має інтерфейси до пристроїв рівня організації транспорту або навіть містить у своєму складі такі пристрої. У цьому разі таку ЦСК можна віднести відразу до всіх рівнів моделі та її декомпозицію за рівнями здійснювати з розбивкою по модулях.

З метою визначення ролі того чи іншого обладнання рівня організації транспорту у функціонуванні транспортної мережі все обладнання цього рівня пропонується поділити на два типи (**рис. 4.5**): обладнання організації транспорту (ООТ) та технічне обладнання забезпечення транспорту (ТОЗТ).

Обладнання організації транспорту забезпечує організацію інтерфейсу між комутаційними вузлами та транспортним середовищем або бере участь у маршрутизації (комутації) інформаційних потоків засобами транспортної технології. Залежно від технології побудови мережі, а також типу інформації, що передається за її допомогою, можуть використовуватися різні набори інтерфейсів від ООТ до комутаційного вузла (E1, Ethernet тощо).

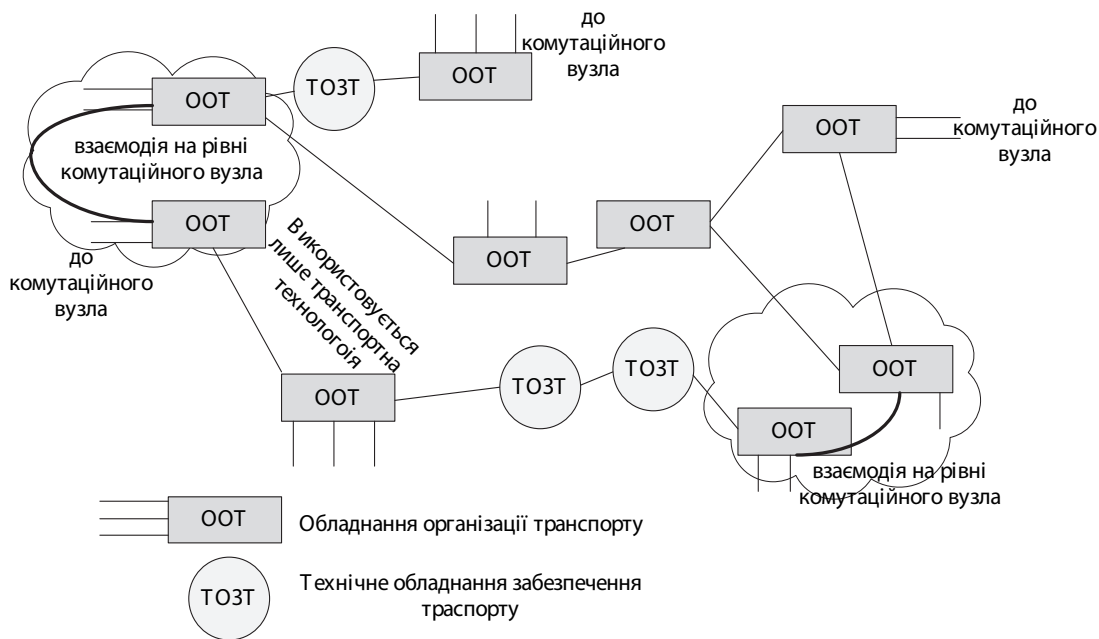


Рис. 4.5. Положення обладнання організації транспорту та технічного обладнання забезпечення транспорту

Технічне обладнання забезпечення транспорту використовується лише з метою поновлення сигналу на ділянці (каналі зв'язку) транспортної мережі. Використовуються лише два однотипні інтерфейси, які передбачають передавання інформації із застосуванням лише внутрішньої транспортної технології. Зазначений тип обладнання може використовуватися на фрагментах, які поєднують два ООТ, два ТОЗТ або ООТ та інший ТОЗТ.

Архітектура мереж доступу

Схожу класифікацію (рис. 4.6) можна запровадити і для обладнання рівня абонентського доступу та службових мереж. У цьому випадку, крім безпосередньо абонентського та серверного обладнання, можна виділити обладнання двох типів: обладнання організації доступу (ООД) та технічне обладнання забезпечення доступу (ТОЗД).

Обладнання організації доступу забезпечує організацію інтерфейсу між абонентським та/або серверним обладнанням та мережею доступу в цілому. Залежно від технології побудови мережі доступу, а також типу інформації, що передається за її допомогою, можуть використовуватися різні набори інтерфейсів від ООД до мережі доступу та від ООД до абонентських та/або серверних одиниць обладнання. Типовими прикладами такого обладнання можуть бути базові станції мобільного зв'язку, Ethernet-комутатори з підключеними до них абонентами (Access Layer Switches), точки безпроводового WiFi-доступу тощо. У деяких випадках обладнання організації доступу може використовуватись і для забезпечення взаємодії з іншими ООД на мережі та для забезпечення взаємодії з обладнанням рівня комутації інформаційних потоків.

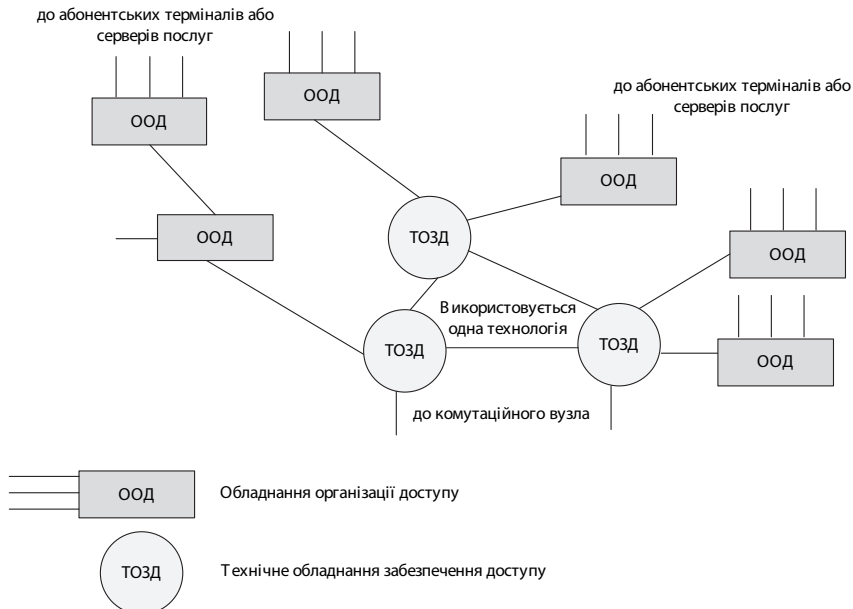


Рис. 4.6. Положення обладнання організації доступу та технічного обладнання забезпечення доступу

Технічне обладнання забезпечення доступу використовується з метою комутації інформаційних потоків всередині мережі доступу для розподілу навантаження між обладнанням організації доступу, а також для організації взаємодії з обладнанням рівня комутації інформаційних потоків. Частіш за все основним призначенням обладнання цього типу є організація надійних (резервованих) зв'язків між обладнанням організації доступу та обладнанням комутаційного вузла.

Таке обладнання, як правило, використовує інтерфейси одного типу та передбачає передавання інформації із застосуванням лише внутрішньої технології доступу. Зазначений тип обладнання може використовуватися на фрагментах, які поєднують два ООД, два ТОЗД або ООД та інший ТОЗД або в інший спосіб. Прикладами такого обладнання можуть бути комутатори рівня розподілення (Distribution Layer Switches), мультиплексори, що використовуються для організації кільця між базовими станціями, тощо.

4.2. Технології побудови транспортних мереж

Технологія MPLS

Технологія MPLS (Multiprotocol Label Switching) багатопроTOCOLЬНОЇ комутації за мітками регламентується міжнародним стандартом організації IETF RFC 3031 [4.5]. Технологія MPLS додає до пакетних даних інформацію, яка розміщується між заголовками каналного і мережного рівнів семирівневої моделі OSI/ISO. Загальна кількість інформації, що додається до заголовка при використанні технології MPLS, становить 4 байти. Технологія може використовуватись для передавання більшості існуючих сьогодні різновидів трафіка, у тому числі IP пакетів, а також фреймів за такими протоколами, як ATM, SONET (SDH), Ethernet та ін.

Підключення до мережі, в якій використовується технологія MPLS, відбувається через кінцеві маршрутизатори міток LER (Label Edge Routers), їх завдання – це додавання міток до пакета при вході пакета до мережі, або видалення міток з пакета при виході пакета з мережі MPLS. Цей тип маршрутизаторів відповідно до стандарту RFC 2547 також називають – кінцевими маршрутизаторами провайдера PE (Provider Edge).

Маршрутизатори, які виконують маршрутизацію навантаження всередині MPLS мережі, називають маршрутизаторами комутації міток LSR (Label Switch Routers), їх завдання – проведення аналізу міток у вхідних пакетах, заміна на інші мітки та маршрутизація пакетів на вихідний інтерфейс. Цей тип маршрутизаторів відповідно до стандарту RFC 2547 [4.6] також називають маршрутизаторами провайдера P (Provider routers).

Спрощена схема транспортної мережі оператора, яка використовує технологію MPLS, зображена на **рис. 4.7**.

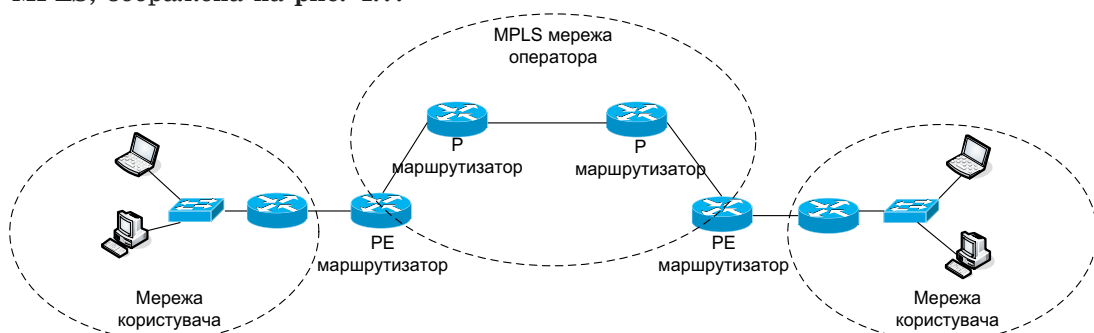


Рис. 4.7. Спрощена схема підключення користувачів до MPLS мережі оператора

Установлення шляхів між двома мережами користувача через транспортну мережу оператора відбувається на основі протоколу розподілу міток LDP (Label Distribution Protocol), який регламентується стандартом IETF RFC 5036 [4.7], і протоколу резервування ресурсів RSVP (Resource Reservation Protocol), який регламентується міжнародним стандартом IETF RFC 3209. Протокол LDP дозволяє автоматично розподіляти мітки за маршрутом передавання інформації без втручання адміністратора мережі, а протокол RSVP дозволяє обирати такий маршрут через MPLS мережу оператора, який би найкраще відповідав критеріям (пропускна здатність каналу, максимальний джитер, кількість втрат тощо) для послуги, що надається.

Технологія MPLS є сьогодні однією з найпоширеніших технологій транспортних мереж, що забезпечує велике різноманіття обладнання і доступність спеціалістів на ринку.

Слід зауважити, що докладна регламентація технології міжнародними стандартами створює сприятливі умови щодо можливості сумісної роботи обладнання різних виробників.

Технологія G.MPLS

Технологія G.MPLS (Generalized MPLS) регламентується міжнародним стандартом IETF RFC 3945 [4.8] і є логічним продовженням технології MPLS. Являє собою реалізацію концепції транспортної мережі автоматичної комутації ASTN (Automatic Switched Transport Network).

Фізична реалізація механізму відрізняється від стандартного MPLS тим, що обов'язково містить в себе декілька протоколів:

- протокол маршрутизації, наприклад модифікації протоколів, заснованих на алгоритмі Дейкстри OSPF або IS-IS (OSPF-TE або ISIS-TE відповідно);
- протокол керування каналом LMP (Link Management Protocol);
- протокол резервування і розподілу міток RSVP-TE (модифікована версія протоколу RSVP).

Технологія MPLS у загальному випадку може частково не містити в собі зазначених протоколів, але технологія G.MPLS повинна містити всі зазначені механізми. Такий підхід допомагає покращити загальну керованість транспортної мережі, забезпечення якості обслуговування, резервування ліній та відновлення зв'язку на рівні 50 мс.

Технологія PBB

Технологія PBB регламентується міжнародним стандартом IEEE 802.1 Qay-2009 [4.9], являє собою низку механізмів, які дозволяють поєднувати віртуальні мережі VLAN (Virtual Local Area Network) абонента через транспортну мережу оператора. Підставою для розробки технології стала майже цілковита розповсюдженість протоколу Ethernet у локальних комп'ютерних мережах.

Основним принципом роботи технології PBB є додавання до заголовка каналного рівня протоколу Ethernet додаткових полів, серед яких слід відокремити:

❖ адресу отримувача ядра мережі B-DA (Backbone Destination Address), яка являє собою MAC-адресу кінцевого комутатора в ядрі мережі оператора, який повинен, отримавши кадр каналного рівня, зняти додатковий заголовок і передати кадр в мережу користувача;

❖ адресу джерела ядра мережі B-SA (Backbone Source Address), яка являє собою MAC-адресу початкового комутатора в ядрі мережі оператора, який отримує кадри Ethernet від мережі клієнта, додає до них заголовок і передає далі в ядро мережі;

❖ ідентифікатор віртуальної локальної мережі ядра мережі B-TAG/B-VID (Backbone VLAN Indicator), який ставиться відповідно до ідентифікатора віртуальної мережі користувача;

❖ ідентифікатор сервісу I-SID (Service identifier) – займає два байти і дозволяє відрізнити сервіси всередині PBB мережі, що допомагає забезпечити необхідну якість обслуговування та встановити маршрути з необхідними характеристиками.

Загальна довжина полів, що додаються до основного заголовка каналного рівня, становить 22 байти. Спрощена схема мережі оператора зображена на **рис. 4.8**.

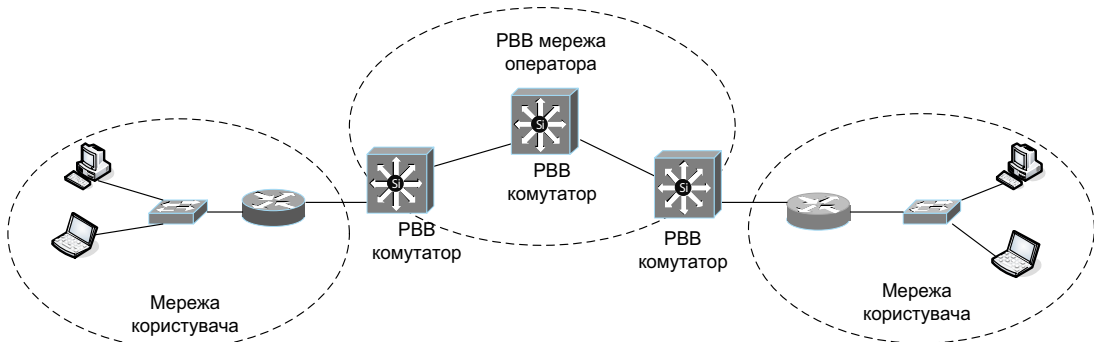


Рис. 4.8. Спрощена схема надання послуг транспорту за технологією PBB

Технологія PBB-TE (Provider Backbone Bridge Traffic Engineering) регламентується міжнародним стандартом IEEE 802.1Qay-2009. При формуванні віртуального з'єднання між двома мережами користувача формуються два віртуальні канали, один з них використовується для актуального передавання інформації між мережами, а другий – для резервування зв'язку. У разі відмови основного каналу за 50 мс виконується переключення на резервний канал.

Слід зазначити, що технологія є досить новою, тому при застосуванні зазначеної технології можуть виникнути проблеми з вибором обладнання внаслідок низької його розповсюженості, а також проблеми із пошуком спеціалістів, які можуть установлювати зазначене обладнання та забезпечувати його обслуговування.

Технології xWDM

Технологію мультиплексування з розділенням за довжиною хвилі WDM (Wavelength-Division Multiplexing) кількома стандартами і механізмами, що в загальному випадку дозволяють проводити мультиплексування декількох носіїв оптичного сигналу в одному оптичному волокні з використанням різної довжини хвилі лазерних передавачів. Основні стандартизовані технології, що використовуються сьогодні, приведено нижче.

Технологія CWDM регламентується міжнародним стандартом ITU-T G.694.2 і передбачає використання довжини хвиль від 1270 до 1610 нм з відстанню між каналами 20 нм. Яскравим прикладом використання технології CWDM є формування оптичного каналу за міжнародним стандартом IEEE 802.3 10GBase-LX4, який являє собою використання технології канального рівня Ethernet на мережах транспортного рівня операторів, що дозволяє передавати інформацію зі швидкістю 10 Гбіт/с по одному оптичному волокну з використанням чотирьох носіїв на довжині хвилі близько 1310 нм, кожний з яких переносить інформацію зі швидкістю 3,125 Гбіт/с.

Технологія DWDM (Dense WDM) регламентується міжнародним стандартом ITU-T G.694.1 [4.10], може використовувати значно більше носіїв ніж CWDM. В основі технології полягає використання широкосмугових підсилювачів EDFA (Erbium Doped Fiber Amplifier), що можуть підсилювати будь-який оптичний сигнал у робочому діапазоні частот (наприклад, 1525...1565 нм – «С-діапазон»). Використання таких пристроїв дозволяє передавати декілька носіїв через уже існуючі лінії оптичного зв'язку, якими раніше передавалася лише одна довжина хвилі.

Основні складові мережі передавання даних, побудованої за технологією DWDM:

- термінальний мультиплексор поєднує між собою носії з різною довжиною хвилі, які передають сигнали від клієнтських систем передавання даних (наприклад, мережі SDH);
- проміжний лінійний повторювач установлюється кожні 80–100 км для компенсації втрат оптичного сигналу;
- проміжний оптичний термінал, який може підсилювати сигнал на відстані 140 км від передавача, крім того, пристрій проводить діагностику лінії;
- термінальний демультимплексор проводить роз'єднання сигналів за індивідуальними носіями і передає їх до мережі клієнта.

Сучасні DWDM системи можуть передавати до 160 носіїв сигналу одночасно, кожний з яких може переносити до 10 Гбіт/с, що в результаті дає швидкість передавання 1,6 Тбіт/с через одне оптичне волокно.

Технологія Ethernet у транспортних мережах

Технологія, що регламентується міжнародними стандартами IEEE 802.3 [4.11], розроблена для побудови локальних обчислювальних мереж. Сьогодні є найпоширенішою у світі та часто використовується як для побудови мереж рівня міста (Metro-Ethernet), так і для побудови мереж транспортного рівня. Перелік найпоширеніших технологій Ethernet, рекомендованих для використання в транспортних мережах, складається з таких технологій:

⇒ технологія 10GBASE-LR («long range» – далека відстань) використовує лазери з довжиною хвилі 1310 нм, швидкістю передавання 10,3125 Гбіт/с, на відстані до 25 км без втрат за умови використання оптичних модулів;

⇒ технологія 10GBASE-ER («extended range» – розширена відстань) використовує лазери з довжиною хвилі 1550 нм, швидкістю передавання 10,3125 Гбіт/с, на відстані до 40 км;

⇒ технологія 10GBASE-LX4 є однією з типів технології CWDM, використовує 4 довжини хвилі, близьких до 1300 нм, кожна з яких передає інформацію зі швидкістю 3,125 Гбіт/с (10 Гбіт/с разом) і підтримує передавання інформації на відстані до 10 км через одномодове волокно;

⇒ перелік стандартів 10GBASE-LW, 10GBASE-SW, 10GBASE-EW, 10GBASE-ZW – варіанти технологій, призначених для взаємодії стандарту Ethernet з обладнанням OC-192/STM-64 мереж SDH/SONET, які працюють на швидкості 9,953 Гбіт/с, що дає можливість напряму передавати потік даних Ethernet через канал передавання даних системи SDH без попереднього зіставлення кадрів Ethernet з віртуальними контейнерами SDH. При цьому забезпечуються відстань і кабель того самого типу, як і у відповідному стандарті Ethernet (наприклад, стандарт 10GBASE-EW відповідає технології 10GBASE-ER).

Слід зазначити, що протягом останніх років було прийнято велику кількість міжнародних стандартів, що дозволяють забезпечити швидкість передавання інформації на рівні 40 Гбіт/с і 100 Гбіт/с. Але масового виробництва обладнання за зазначеними технологіями слід очікувати лише через декілька років. Основні стандарти і їх характеристики наведено в *табл. 4.1*.

Таблиця 4.1

Характеристики високошвидкісних стандартів Ethernet

Фізичні характеристики	40 Гбіт/с	100 Гбіт/с
10 м через мідний кабель	40GBASE-CR4	100GBASE-CR10
100 м через багатомодове волокно типу OM3	40GBASE-SR4	100GBASE-SR10
125 м через багатомодове волокно типу OM4	40GBASE-SR4	100GBASE-SR10
10 км через одномодовий оптичний кабель	40GBASE-LR4	100GBASE-LR4
40 км через одномодовий оптичний кабель	–	100GBASE-ER4

Технологія SDH

Технологія SDH (Synhronous Digital Hierarchi) регламентується низкою міжнародних стандартів ITU-T G.707 [4.12], G.709, G.774.x. Технологія має складну структуру блоків даних, що також збільшує час затримки інформаційного блоку, який ретранслюється в обладнанні до 32 мкс (або навіть до 128 мкс при формуванні фрейму в обладнанні). При цьому в мережі використовується єдиний гене-

ратор тактового сигналу, що вирішує проблему синхронізації на великих швидкостях передавання інформації.

Базовим блоком передавання даних є блок STM-1 (Synhronous Transport Module level 1), що забезпечує швидкість передавання 155,52 Мбіт/с. Основні типи блоків, що можуть використовуватися при передаванні інформації, і відповідні швидкості наведено в *табл. 4.2*.

Таблиця 4.2

Основні інформаційні блоки за протоколом SDH

Рівень блоку за протоколом SDH	Швидкість у каналі передавання даних, Мбіт/с	Швидкість передавання корисного навантаження в каналі передавання даних, Мбіт/с
STM-1	155,520	150,336
STM-4	622,080	601,344
STM-16	2488,320	2,405,376
STM-64	9953,280	9,621,504
STM-256	39814,120	38,486,016
STM-1024	159254,480	153,944,064

Технологія SDH може використовуватись для передавання даних, отриманих з мереж, побудованих за технологією PDH, ATM, Ethernet, TCP/IP. Залежно від оптичного кабелю, що використовується, виробника обладнання, а також рівня технології максимальна відстань передавання інформації без регенерації становить від 10 до 100 км.

Слід зазначити, що технологія є досить поширеною сьогодні серед операторів зв'язку, також існують міжнародні рекомендації і технології, що дозволяють прозора поєднувати мережі SDH з лініями зв'язку, побудованими за протоколом Ethernet або технологією WDM.

4.3. Технології побудови мереж доступу

Технології, що використовуються в мережах операторів на рівні доступу, можна умовно поділити на такі:

⇒ проводові технології широкопasmового доступу, які забезпечують передавання інформації через задалегідь прокладену кабельну інфраструктуру (DOCSIS, Ethernet, xDSL);

⇒ безпроводові технології (радіотехнології) широкопasmового доступу (WiFi, WiMAX, мережі супутникового зв'язку, мережі мобільного зв'язку тощо).

Доступ за мережами кабельного телебачення (стандарт DOCSIS)

Технологія DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification) визначає вимоги для кабельних модемів, які використовуються для побудови широкопasmових мереж доступу на основі мереж кабельного телебачення. Основні поширені сьогодні технології DOCSIS 1.0/1.1 і DOCSIS 2.0 регламентуються міжнародними промисловими стандартами ITU J.112 і J.122 відповідно [4.13].

Специфікація технології DOCSIS 1.0/1.1 визначає високошвидкісний доступ до мереж передачі даних зі швидкістю 27...36 Мбіт/с у діапазоні від 50 до 750 МГц для вхідного потоку і зі швидкістю до 10 Мбіт/с у діапазоні від 5 до 42 МГц для вихідного потоку. У специфікації технології DOCSIS 1.1 на відміну

від DOCSIS 1.0 додані опції передавання голосу, а також підтримка потокових протоколів.

Технологія DOCSIS 2.0, що використовує той самий частотний діапазон, регламентує використання більш розширених каналів у кожному із зазначених діапазонів до 8 МГц (у технології DOCSIS 1.0/1.1 використовується 3,2 МГц), що дозволило підвищити швидкість передачі даних до 38 Мбіт/с в одному каналі.

Технологія DOCSIS 3.0, що регламентується серією міжнародних стандартів ITU J.222, забезпечує можливість об'єднання до 8 каналів регламентованих технологією DOCSIS 2.0, в один канал, що дозволяє передавати інформацію зі швидкістю до 304 Мбіт/с у вхідному потоці і до 108 Мбіт/с у вихідному.

Найбільше поширення на території України отримала технологія EuroDOCSIS 2.0, що регламентується міжнародним стандартом ITU J.122 Annex F. Необхідність створення стандарту була викликана невідповідністю розподілів частотних планів у північноамериканських і європейських мережах кабельного телебачення. Основні характеристики стандарту подано в *табл. 4.3*.

Таблиця 4.3

Основні характеристики стандарту EuroDOCSIS 2.0

Характеристика стандарту	Значення
Пропускна спроможність у прямому каналі, Мбіт/с	55,62
Пропускна спроможність у зворотному каналі, Мбіт/с	30,72
Модуляція в каналі	QPSK, 16QAM, 32QAM, 64QAM
Завадозахисне кодування	Ріда-Соломона
Метод доступу до каналного ресурсу	S-CDMA
Максимальна кількість абонентів на один сегмент	від 500 до 2000

На *рис. 4.9* зображено типову схему організації широкосмугового доступу з використанням технології EuroDOCSIS.

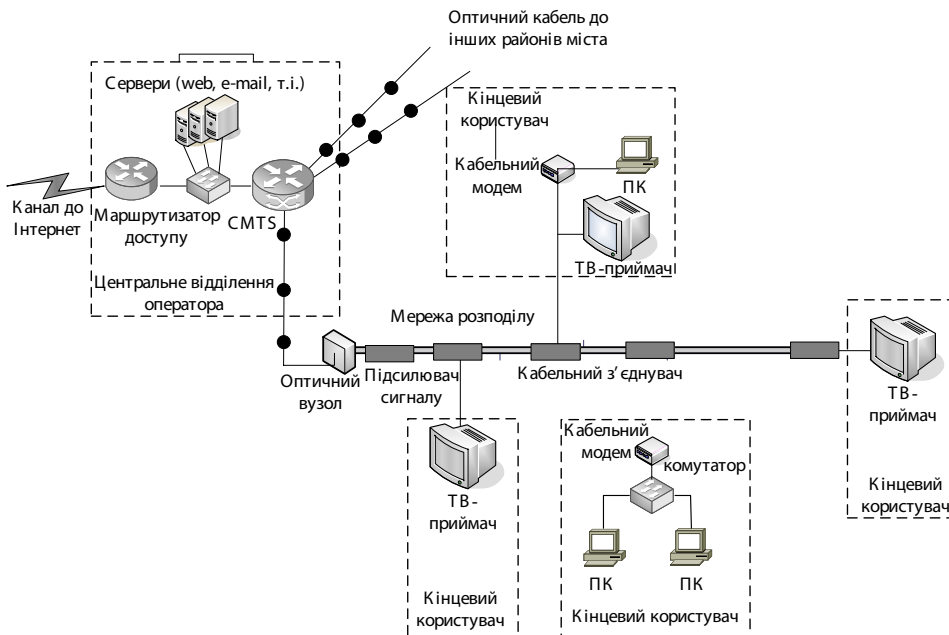


Рис. 4.9. Схема організації широкосмугового доступу на основі технології DOCSIS

Технології xDSL

Технології серії xDSL (Digital Subscriber Line) використовуються для надання широкосмугового доступу на базі телефонних мідних кабелів.

Технологія ADSL – асиметричне цифрова абонентська лінія (Asymmetric Digital Subscriber Line) – застосовується, у першу чергу, коли для абонентського доступу необхідно забезпечити високі швидкості передачі інформації при значних відстанях до абонента (до 5,5 км) зі збереженням телефонного зв'язку [4.14]. Ця технологія згідно з Рекомендацією G.992.1 MCE забезпечує швидкість вхідного потоку даних до 8 Мбіт/с і швидкість вихідного потоку до 1 Мбіт/с. За реальних умов технологія дозволяє передавати дані зі швидкістю 1,54 Мбіт/с на відстань до 5,5 км однією парою проводів із діаметром жили 0,5 мм. Швидкості до 6...8 Мбіт/с можуть досягатися для відстаней до 3,5 км. Для забезпечення одночасної передачі даних і голосу однією телефонною абонентською лінією використовуються зовнішні або інтегровані в обладнання розгалужувачі (splitter). Схема надання доступу на основі технології ADSL зображена на **рис. 4.10**.

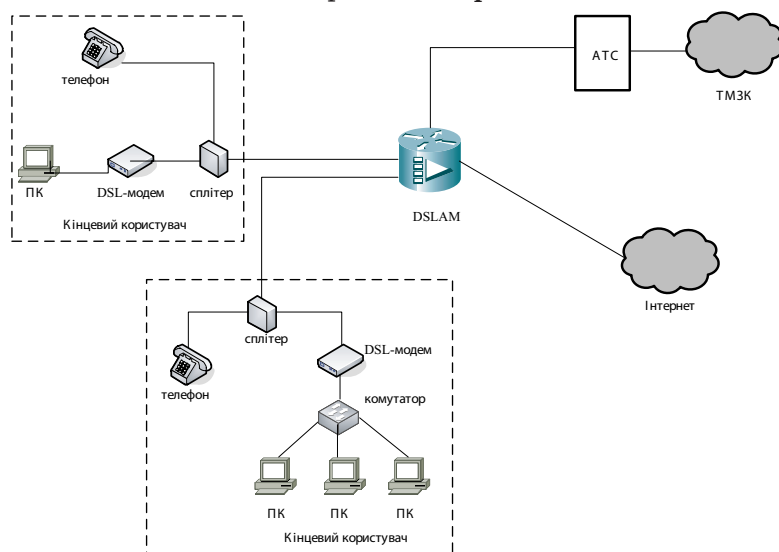


Рис. 4.10. Схема надання широкосмугового доступу на основі технології ADSL

Зазвичай технологію ADSL доцільно вибирати для квартирних абонентів та для корпоративних клієнтів, які орієнтуються в основному на доступ до мережі Internet. Крім класичного, існують інші варіанти цієї технології доступу до цифрових абонентських ліній: так звана полегшена (ADSL Lite) зі зменшеною до 1,536 Мбіт/с швидкістю вхідного потоку і швидкістю вихідного – до 0,512 Мбіт/с; версія з адаптацією швидкості до довжини і стану лінії R-ADSL (Rate-Adaptive Digital Subscriber Line) і поліпшені версії – ADSL2 (збільшена швидкість і дальність передачі інформації, реалізовано адаптивне управління швидкістю), а також ADSL2+ (додатково вдвічі збільшена вхідна швидкість на відстанях до 1,5 км, зменшено енергоспоживання).

Технологія SHDSL (Single-pair high-speed digital subscriber line) симетричних швидкісних цифрових абонентських ліній вважається актуальною для ділових абонентів [4.15]. Вона підтримує передачу однією парою з діаметром жили 0,5 мм в обох напрямках зі швидкістю до 2,3 Мбіт/с на відстань до 6 км. Цю технологію доцільно використовувати для підключення віддалених ділових абонентів,

об'єднання декількох рознесених територіально офісів в єдину локальну мережу або обслуговування зосередженого комплексу будівель (кампуса). Деякі DSLAM підтримують версію цієї технології G.SHDSL.bis зі швидкістю передачі 5,7 Мбіт/с однією парою проводів із діаметром жили 0,4 мм і можливістю об'єднання чотирьох пар в один канал із загальною швидкістю до 22,4 Мбіт/с.

Технологію надшвидкісних цифрових абонентських ліній VDSL (Very high-speed Digital Subscriber Line) доцільно використовувати для побудови систем корпоративного зв'язку та колективного абонентського доступу (у бізнес-центрах, коледжних мікрорайонах і селищах, великих студентських містечках, готельних комплексах тощо) із забезпеченням послуг відеоконференцій, відео за запитом, дистанційного навчання тощо [4.16].

Технологія VDSL порівняно з іншими xDSL технологіями може підтримувати обидва режими роботи (симетричний і асиметричний) і однією парою абонентської лінії може забезпечувати на відстані 0,3...1,2 км швидкість: у вхідному потоці – від 13 до 52 Мбіт/с, а у вихідному – до 2,3 Мбіт/с, або в симетричному режимі – до 26 Мбіт/с. Технологія Ethernet поверх VDSL (EoVDSL) розширює мережу Ethernet на відстань до 1,5 км.

Технологія VDSL2 за рахунок низки вдосконалень забезпечує найбільшу серед всього сімейства технологій xDSL швидкість: у низхідному і висхідному напрямку передавання вона може досягати 100 Мбіт/с.

Пристрій DSLAM (Digital Subscriber Line Access Module) – мультиплексор доступу цифрових абонентських ліній забезпечує агрегацію даних від абонентів технології xDSL і проводить підключення до зовнішніх мереж передачі даних.

Порівняння основних характеристик розглянутих технологій подано в *табл. 4.4*.

Таблиця 4.4

Характеристики основних технологій xDSL

Технологія	Характеристики	
	Швидкість у вхідному потоці, Мбіт/с	Швидкість у вихідному потоці, Мбіт/с
ADSL	до 8	до 1
ADSL2+	до 24	до 1
SHDSL	до 5,7 (по одній парі)	до 5,7 (по одній парі)
VDSL2	до 100	до 100

Технологія Ethernet в мережах доступу

Технологія Ethernet – найрозповсюдженіша технологія локальних мереж, забезпечує стабільний широкосмуговий доступ зі швидкостями від 10 Мбіт/с до 10 Гбіт/с, регламентується міжнародним стандартом IEEE 802.3 [4.17].

Основним обмеженням при побудові мереж доступу на основі технології Ethernet є невелика довжина мережного сегмента (не більше 100 м у разі використання мідного кабелю). Для вирішення проблеми, пов'язаної з обмеженням довжини сегмента, на різних ділянках мережі використовують оптичні технології, що мають загальну міжнародну назву «волокно в шлейфі» FITL (Fiber In The Loop), які об'єднують технології пасивних оптичних мереж PON (Passive Optical Network).

Технологія Wi-Fi

Технологія Wi-Fi (Wireless Fidelity) регламентується групою стандартів IEEE 802.11 [4.18], працює в діапазонах (2400...2483,5) МГц, (5150...5350) МГц та (5620...5850) МГц, які не вимагають ліцензування. Максимальна швидкість пере-

дачі даних у мережі залежить від вибраного стандарту – від 11 Мбіт/с для діапазону 2,4 ГГц, до понад 100 Мбіт/с для діапазону 5 ГГц.

Основними міжнародними стандартами, що регламентують технологію Wi-Fi, є такі:

- IEEE 802.11a – регламентує реалізацію технології для діапазону 5 ГГц на швидкості до 54 Мбіт/с (із можливістю, але не обов'язковою, підтримки швидкостей до 108 Мбіт/с); передбачає обов'язкові швидкості передачі 6, 12 і 24 Мбіт/с, а також необов'язкові – 9, 18, 36, 48 і 54 Мбіт/с;

- IEEE 802.11b – описує реалізацію технології для діапазону 2,4 ГГц зі швидкістю передачі до 11 Мбіт/с; динамічно регульований при погіршенні або поліпшенні якості радіотракту;

- IEEE 802.11d – визначає вимоги до фізичних параметрів каналів (потужність випромінювання та діапазони частот) і пристроїв бездротових мереж із метою забезпечення їх відповідності законодавчим нормам різних країн;

- IEEE 802.11e – створення цього стандарту пов'язано з використанням засобів мультимедіа. Він визначає механізм призначення пріоритетів різним видам трафіка – таким, як аудіо і відео;

- IEEE 802.11f – стандарт, пов'язаний з аутентифікацією, визначає механізм взаємодії точок зв'язку між собою при переміщенні клієнта між сегментами мережі. Інша назва стандарту – Inter Access Point Protocol;

- IEEE 802.11g – цілком сумісний з IEEE 802.11b, що є його розширенням до можливостей, визначених IEEE 802.11a (забезпечує швидкість передачі до 54 Мбіт/с у діапазоні 2,4 ГГц);

- IEEE 802.11h – регламентує протоколи DFS (Dynamic Frequency Selection) динамічного вибору частот, а також TPC (Transmit Power Control) керуванням використання спектра і випромінюваної потужності;

- IEEE 802.11n – технологія дозволяє передавати дані зі швидкістю понад 100 Мбіт/с (за реалізації деяких додаткових умов – до 600 Мбіт/с). Така висока швидкість передачі інформації забезпечується завдяки спеціальному способу організації радіоканалу – MIMO (multiple input multiple output): множинне приймання, множинна передача. Можливі два варіанти реалізації технології, перший – використовує частоту 2,4 ГГц для сумісності з технологіями IEEE 802.11b і IEEE 802.11g із шириною каналу 20 МГц; другий – використовує діапазон 5 ГГц із шириною каналу 40 ГГц.

Основні технічні характеристики різних технологій Wi-Fi подано у зведеній табл. 4.5.

Таблиця 4.5

Технічні характеристики стандартів передавання даних за технологією Wi-Fi

Технічні характеристики	Технології			
	802.11a	802.11b	802.11g	802.11n
Несуча частота, ГГц	5	2,4	2,4	2,4/5
Максимальна швидкість передавання інформації, Мбіт/с	54	11	54	>100
Максимальний радіус дії точки доступу без спеціального обладнання, м	100	300	300	300/100

Мережа радіодоступу може розгортатися за принципом стільникової топології (рис. 4.11). У сегменті одного оператора можуть підтримуватися функції мобільності. Передбачені надійні стандартизовані механізми забезпечення конфіденційності WEP (Wired Equivalent Privacy) шляхом аутентифікації користувачів, шифрування інформації, захисту її від перехоплення, а також від несанкціонованого доступу.

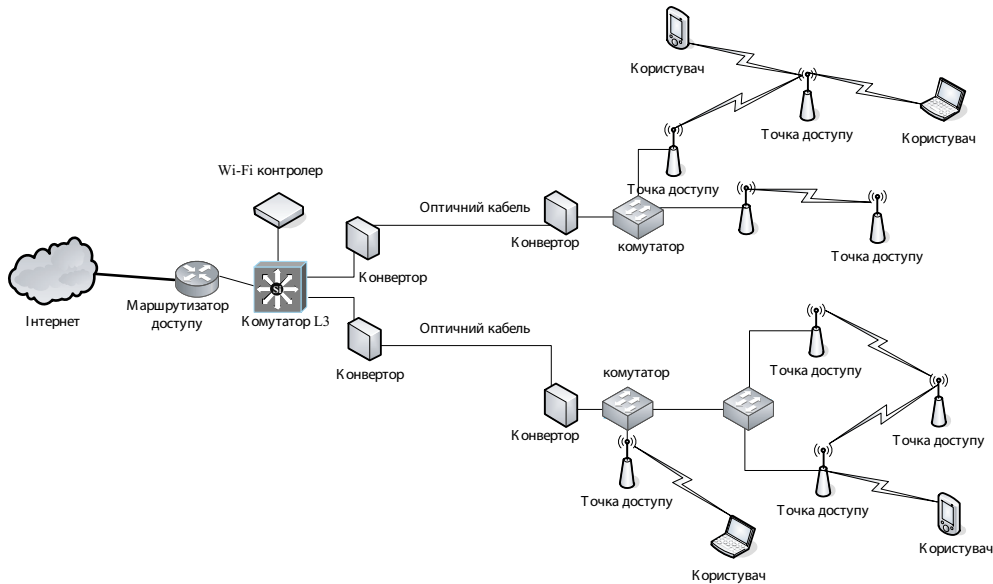


Рис. 4.11. Приклад побудови мережі доступу за допомогою технології Wi-Fi

Технологію Wi-Fi часто використовують для організації масового доступу до широкосмугових послуг на невеликих відстанях: у діапазоні 2,4 ГГц при потужності передавача 100 мВт – від 150 до 200 м у приміщеннях, до 300 м на відкритому просторі; в діапазоні 5 ГГц – до 100 м на відкритому просторі, для технології IEEE 802.11n деякі виробники обладнання регламентують відстань 300 м при частоті 5 ГГц. Технологія найбільш ефективно застосовується для побудови бездротових локальних комп'ютерних мереж (WLAN), а також організації активних зон (Hot Spot) – пунктів доступу в місцях концентрованого перебування потенційних користувачів, що володіють терміналами з підтримкою Wi-Fi (портативними і кишеньковими персональними комп'ютерами з відповідними апаратними модулями).

Сценарії побудови мереж доступу

Технологією пасивних оптичних мереж передбачені такі сценарії побудови цілком або частково оптичних (гібридних) мереж широкосмугового абонентського доступу: FTTA (Fiber to the Apartment) – оптичний кабель до квартири; FTTB (Fiber to the Building) – оптичний кабель до будівлі; FTTC (Fiber to the Curb) – оптичний кабель до розподільної коробки; FTTCab (Fiber to the CABinet) – оптичний кабель до розподільної шафи; FTTD (Fiber to the Desktop) – оптичний кабель до робочого місця (оптична АЛ); FTTEx (Fiber to the Exchange) – оптичний кабель до станції; FTTF (Fiber to the Farm) – оптичний кабель до ферми; FTTH (Fiber to the Home) – оптичний кабель до місця проживання; FTTO (Fiber to the Office) – оптичний кабель до офісу; FTTOpt (Fiber to the Optimum) – оптичний кабель до оптимального абонента або оператора місця; FTTR (Fiber to the Remote) – оптичний кабель до віддаленого пункту; FTTS (Fiber to the School) – оптичний кабель до школи; FTТУ (Fiber to the User) – оптичний кабель до користувача; FTTV (Fiber to the Village) – оптичний кабель до села; FTTZ (Fiber to the Zone) – оптичний кабель до зони концентрації абонентів.

Технологія PON регламентує правила монтажу кабельної інфраструктури, але не посиляється на протокол каналного рівня, за допомогою якого буде передаватися інформація. Технологія EPON (Ethernet PON) регламентує використання протоколу Ethernet для передачі інформації створеною кабельною інфраструктурою, описується міжнародним стандартом IEEE 802.2ah. Ця технологія вважається економічно ефективною для сценаріїв FTTB, FTTC, FTTF, FTTH, FTTO, FTTU, FTTV. Архітектура мережі EPON (рис. 4.12) передбачає використання обладнання підрівня абонентського доступу і підрівня розподілення.

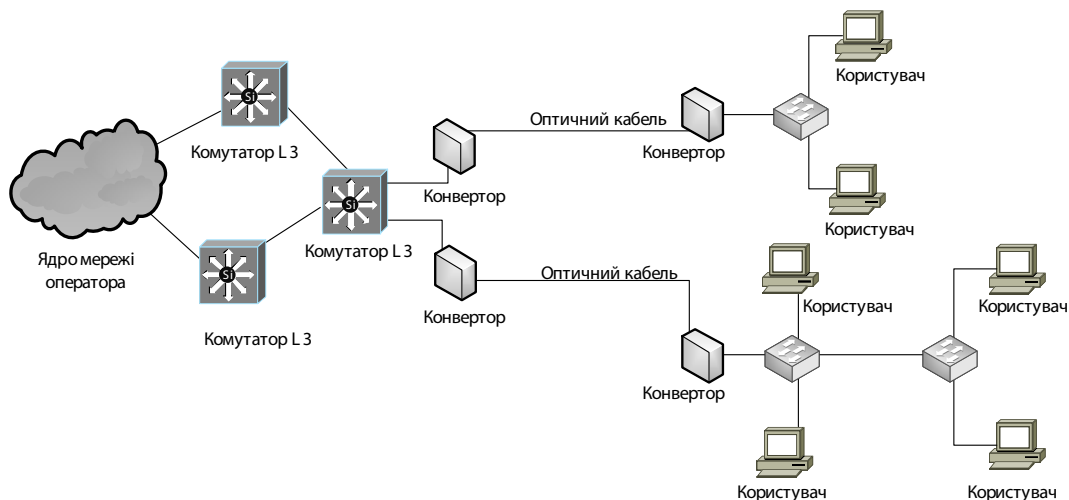


Рис. 4.12. Приклад мережі доступу, сформованої за допомогою технології Ethernet

4.4. Технології мобільного зв'язку та широкосмугового радіодоступу

Еволюція технологій мобільного зв'язку

Створення перших мереж мобільного зв'язку почалося ще у 80-х роках минулого століття. Від початку XX сторіччя до сьогодні ринок систем мобільного зв'язку та широкосмугового радіодоступу є найбільш динамічним у галузі електрозв'язку. Це підтверджується тим, що кількість користувачів мобільним зв'язком у світі з 2000 по 2012 рік зросла з 500 млн до 6,2 млрд користувачів, тобто в 12,4 раза. Разом з тим мобільний зв'язок уже давно перестав бути лише засобом передавання голосу та текстових повідомлень. За допомогою сучасних технологій мобільного зв'язку забезпечується велика кількість різноманітних послуг, найважливішою з яких є надання послуги високошвидкісного доступу до мережі Інтернет. Уже від четвертого кварталу 2009 року в загальному об'ємі переданої інформації передача даних перевищила передачу голосу, і з цього часу розрив між ними неухильно зростає (рис. 4.13) [4.19 – 4.21].

Таке стрімке зростання передачі інформації в мережах мобільного зв'язку повинно супроводжуватися постійним розвитком технологій та виділенням додаткового частотного ресурсу для розгортання відповідних мереж. Дані компанії Ericsson станом на червень 2012 року щодо розподілу кількості абонентів між

різними технологіями мобільного зв'язку наведено на **рис. 4.14**, із якого видно найбільшу кількість абонентів (до 5 млрд), якими є абоненти GSM, та її еволюцію (GPRS/EDGE). Водночас ця кількість поступово зменшується, та вже до 2017 року кількість абонентів технології WCDMA/HSPA буде більшою, ніж GSM [4.20, 4.21].

Традиційно технології мобільного зв'язку поділяють на відповідні покоління. Відповідно до національного законодавства, **радіотехнологія** – сукупність способів формування, передавання, приймання (обробки) радіосигналів, які становлять єдиний технологічний процес передавання та приймання радіосигналів, застосування радіотехнології передбачає використання радіочастотного ресурсу.

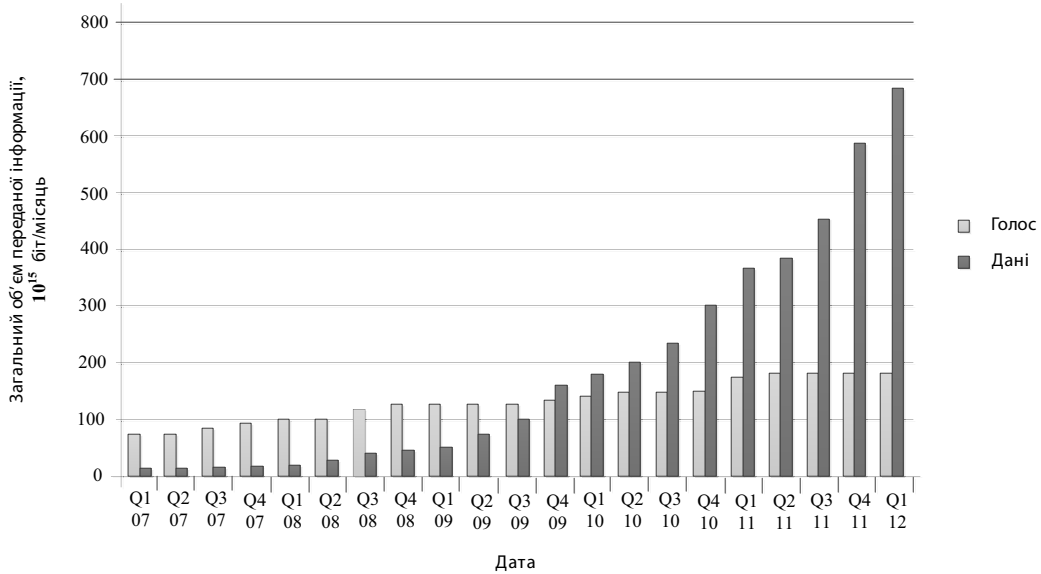


Рис. 4.13. Загальний об'єм переданої інформації в мережах мобільного зв'язку за 2007–2012 роки

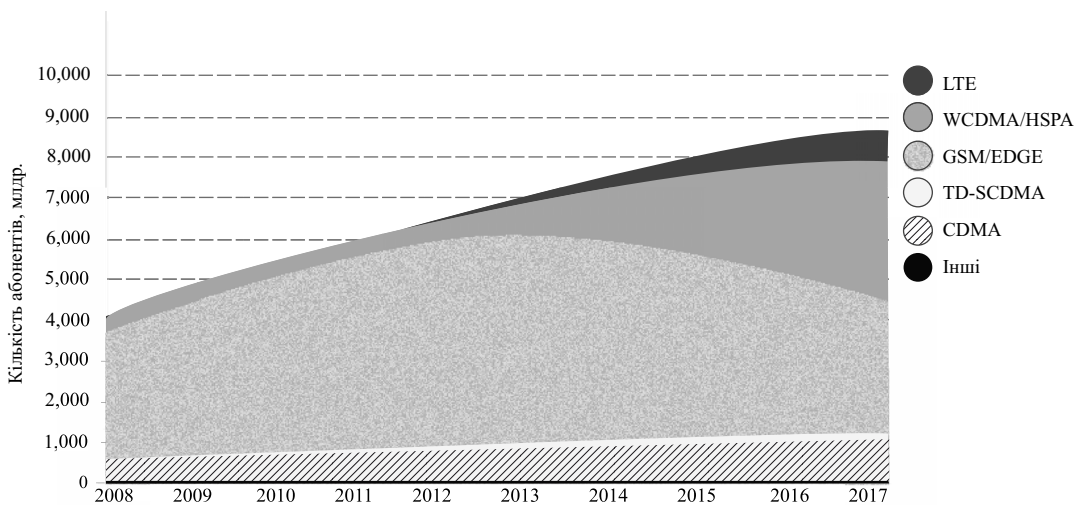


Рис. 4.14. Кількість абонентів мобільного зв'язку за технологіями

Серед виробників обладнання та операторів мобільного зв'язку є різні думки: до якого покоління належить та чи інша технологія мобільного зв'язку. Протягом останніх 20 років Міжнародний союз електрозв'язку (МСЕ) здійснював координацію зусиль урядових органів, промисловості та приватного сектору щодо розробки системи міжнародного рухомого електрозв'язку для надання глобального широкосмугового мультимедійного доступу, відомої як ІМТ (International Mobile Telecommunication). Тому є логічним розглядати приналежність тієї чи іншої технології мобільного зв'язку до відповідного покоління з позиції концепції ІМТ.

До технологій 1G належать аналогові системи мобільного зв'язку, що використовують метод множинного доступу з частотним розділенням каналів (FDMA). Як видно з рис. 4.14, технології першого покоління у світі вже практично не використовуються. Тому нижче більш детально буде розглянуто технології лише другого, третього та четвертого поколінь.

Технології 2–2,5 G

Перша комерційна мережа мобільного зв'язку другого покоління виникла у Фінляндії в 1991 році. На відміну від мереж першого покоління мережі другого покоління є цифровими, забезпечують шифрування переданих повідомлень та, крім передавання мовлення, також надають послуги передачі даних та текстових повідомлень [4.19].

Загальною рисою систем другого покоління є:

- ⇒ з'єднання абонентів за допомогою комутації каналів;
- ⇒ використання цифрових методів передавання та оброблення інформації;
- ⇒ використання методів боротьби з багатопроменевим поширенням радіохвиль, таких як стрибки за частотою, перемежування, завадостійке кодування;
- ⇒ застосування повторного використання частот шляхом розділення всієї зони обслуговування на стільники та просторового розподілу груп частот між стільниками;
- ⇒ забезпечення безперервності зв'язку під час переміщення абонента від одного стільника до іншого.

До технологій 2G традиційно належать цифрові системи мобільного зв'язку, що використовують метод множинного доступу з часовим розділенням каналів (TDMA). Найбільш поширені три стандарти, що використовують TDMA:

- європейський стандарт GSM (Global System for Mobile Communications);
- американський стандарт D-AMPS (Digital Advanced Mobile Phone System);
- японський стандарт PDS (Personal Digital Cellular).

Основні технічні характеристики цих стандартів наведено в *табл. 4.6*.

Незважаючи на близькі технічні характеристики стандартів 2G-TDMA, найбільш поширеним є стандарт GSM. Його модифікації працюють у різних смугах частот не лише в країнах Європи, але і в більшості країн Азії, Америки та Африки. При цьому більшість мереж стандарту D-AMPS було згорнуто ще у 2008–2009 роках, а останню мережу стандарту PDS закрито в 2012 році.

Еволюція стандарту GSM була спрямована на забезпечення високошвидкісної передачі даних на базі таких шляхів:

- високошвидкісне передавання даних із комутацією каналів HSCSD (High Speed Circuit Switched Data) – за рахунок об'єднання кількох каналних інтервалів забезпечено швидкість передавання даних до 28,8 кбіт/с на лінії «вниз» та до 19,2 кбіт/с на лінії «вгору». Враховуючи технологічні та інфраструктурні обмеження, цей режим у сучасних мережах GSM практично не застосовується;

• узагальнені послуги пакетного передавання даних GPRS (General Packet Radio Service) – забезпечують передачу даних у пакетному режимі зі швидкістю до 171,2 кбіт/с. Це стало можливим завдяки використанню чотирьох кодових схем (CS-1 – CS-4) та об'єднанню до восьми канальних інтервалів. При цьому служба передавання даних GPRS є надбудовою над мережею GSM та не потребує кардинальної модернізації існуючої мережної інфраструктури;

• узагальнені послуги пакетного передавання даних GPRS (General Packet Radio Service) – забезпечують передачу даних у пакетному режимі зі швидкістю до 171,2 кбіт/с. Це стало можливим завдяки використанню чотирьох кодових схем (CS-1 – CS-4) та об'єднанню до восьми канальних інтервалів. При цьому служба передавання даних GPRS є надбудовою над мережею GSM та не потребує кардинальної модернізації існуючої мережної інфраструктури. Дальшою еволюцією GPRS стала радіотехнологія вдосконаленого передавання даних у мережах GSM – EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution).

Таблиця 4.6

**Основні технічні характеристики стандартів другого покоління,
що використовують метод TDMA**

Характеристики стандарту	GSM	D-AMPS	PDS
Метод доступу	TDMA/FDMA	TDMA/FDMA	TDMA/FDMA
Метод дуплексування	FDD	FDD	FDD
Робочі смуги частот	– 450,6...457,6/460,6...467,6 (GSM-450); – 824...849/869...894 (GSM-850); – 876...915/921...960 (E-GSM. R-GSM, GSM-900); – 1710...1785/1805...1880 (DCS-1800 або GSM-1800); – 1850...1910/1930...1990 (PCS-1900 або GSM-1900)	824...849/869...894	– 810...888/893...958; – 1477...1501/1429...1453
Ширина частотного каналу, кГц	200	30	25
Кількість каналів на одну носійну	8 або 16	3	3 або 6
Швидкість передачі мовлення, кбіт/с	13 або 6,5	7,95	11,2 або 5,6
Вид модуляції	0,3 GMSK	$\pi/4$ DQPSK	$\pi/4$ DQPSK
Радіус стільника, км	до 35	до 20	до 20

Традиційно технологію EDGE відносять до покоління **2,75G**. Незважаючи на це, технологія EDGE відповідає вимогам радіоінтерфейсу IMT-2000 TDMA Single-Carrier та ідентифікована як одна із шести систем IMT-2000. Таким чином, EDGE формально можна віднести до технологій **3G**, як одну із технологій IMT-2000, її детальніше буде розглянуто нижче.

Крім мереж, що використовують метод TDMA, до технологій **2G** також відносять американський стандарт мобільного зв'язку IS-95, що використовує метод множинного доступу з кодовим розділенням каналів (CDMA). У мережах, що використовують стандарт IS-95 та його еволюції, налічується понад 700 млн користувачів.

Мережі мобільного зв'язку, побудовані на базі методу CDMA, мають більшу енергетичну та частотну ефективність порівняно з мережами, що базуються на методі TDMA. Стандарт IS-95 та його еволюції працюють у декількох смугах частот від 400 до 2000 МГц, але переважна кількість мереж працює в двох смугах:

- ❖ 824...849/869...894 (CDMA-800);
- ❖ 1850...1910/1930...1990 (CDMA-2000).

Мережі, побудовані на базі стандарту IS-95, мають схожі загальні риси, що й системи 2G-TDMA. При цьому такі мережі мають і свої особливості, пов'язані, насамперед, із відмінністю в методі розділення каналів:

- застосування повторного використання частот також здійснюється шляхом розділення всієї зони обслуговування на стільники, але в сусідніх стільниках частоти збігаються;
- є істотні відмінності при формуванні сигналів від базової до абонентської станції (лінія «вниз») та від абонентської до базової станції (лінія «вгору»);
- забезпечення більш сталого захисту інформації;
- необхідність динамічного регулювання рівня потужності передавача як базової, так і абонентської станції;
- більш висока завадозахищеність сигналів та менша потужність передавального обладнання порівняно із системами TDMA.

Основні технічні характеристики стандарту IS-95 наведено в *табл. 4.7*.

Таблиця 4.7

Основні технічні характеристики стандарту другого покоління IS-95

Характеристики стандарту	IS-95
Метод доступу	CDMA/FDMA
Метод дуплексування	FDD
Ширина частотного каналу, МГц	1,25
Кількість каналів на одну носійну	64
Швидкість передавання мовлення, кбіт/с	від 2,4 або 19,2
Вид модуляції	QPSK (лінія «вниз»); OQPSK (лінія «вгору»)

Подальші еволюції IS-95, зокрема IS-95A та IS-95B, дозволяють збільшити передавання даних до 115,5 кбіт/с за рахунок об'єднання кількох (до восьми) логічних каналів. Але подальша еволюція цієї технології вже проходила відповідно до вимог IMT-2000. Тому всі подальші еволюції мережі IS-95, відомі як cdma2000, відповідають вимогам радіоінтерфейсу IMT-2000 CDMA Multi-Carrier та належать до технологій 3G.

Технології 3G

Концепцію IMT-2000 було запропоновано в 1995 році як відповідь на необхідність уніфікації великої кількості різних стандартів мобільного зв'язку. Загальний тренд глобалізації світу мав забезпечити абонентам вільне переміщення при збереженні обслуговування в будь-якій мережі незалежно від місця її розміщення [4.19].

З огляду на це основними цілями IMT-2000 є:

- високий ступінь уніфікації обладнання в усьому світі;
- сумісність послуг у рамках IMT-2000 і з фіксованими мережами;
- висока якість;
- невеликий термінал для використання в усьому світі;

➤ роумінг в усьому світі;
 ➤ можливості для мультимедійних додатків, а також широкий спектр послуг і терміналів.

Крім того, системи, що відповідають ІМТ-2000, мають забезпечувати швидкість передавання до 2 Мбіт/с, залежно від ступеня мобільності абонента.

На першому етапі концепція ІМТ-2000 передбачала прийняття одного стандарту мобільної телекомунікаційної системи загального користування, розробку терміналів, які дозволяють працювати як з наземним, так і з супутниковим сегментом мобільного зв'язку. Але час показав, що ані перше, ані друге завдання не були виконані цілком.

Уже на початку реалізації концепції було запропоновано 16 проектів, 10 – щодо наземної компоненти та 6 – щодо супутникової. Така велика кількість технологій, що відповідали основним вимогам до систем ІМТ-2000, зробила нецільною розробку абонентських терміналів, які підтримують одночасну роботу з наземним та супутниковим сегментами. Тому дальшого розвитку в рамках ІМТ-2000 набрав лише наземний сегмент.

У 2000 році вийшла Рекомендація МСЕ-R М.1457-0 (Детальні специфікації радіоінтерфейсів ІМТ-2000), в якій були визначені п'ять систем для наземної компоненти та шість для супутникової. Остаточне вилучення супутникової компоненти із Рекомендації МСЕ-R М.1457 було здійснено лише в 2010 році. При цьому в 2007 році до наземної компоненти було додано ще одну систему.

Рекомендація МСЕ-R М.1457-10 визначає детальні специфікації радіоінтерфейсів наземних систем ІМТ-2000. Назви радіоінтерфейсів, що відповідають вимогам ІМТ-2000, наведено на **рис. 4.15**:

- ⇒ ІМТ-2000 CDMA Direct Spread – системи, що використовують метод CDMA з прямим розширенням спектра;
- ⇒ ІМТ-2000 CDMA Multi-Carrier – системи, що використовують метод CDMA з багатьма носійними коливаннями;
- ⇒ ІМТ-2000 CDMA TDD – системи, що використовують метод CDMA та розподіл каналів із часовим дуплексом;
- ⇒ ІМТ-2000 TDMA Single-Carrier – системи, що використовують метод TDMA одним носійним коливанням;
- ⇒ ІМТ-2000 FDMA/TDMA – системи, що використовують комбінований метод доступу FDMA/TDMA;
- ⇒ ІМТ-2000 OFDMA TDD WMAN – системи, що використовують метод мультиплексування з ортогональним частотним розділенням та розподіл каналів із часовим дуплексом.

Наземні радіоінтерфейси ІМТ-2000

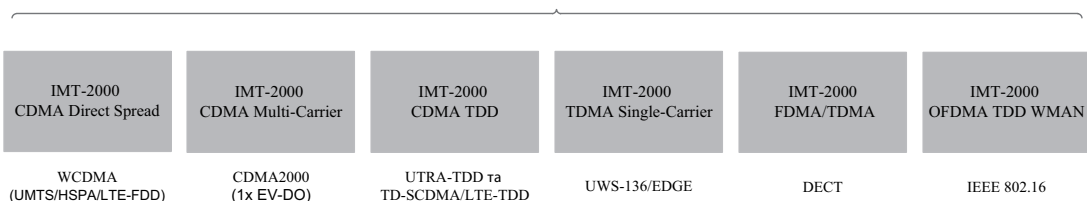


Рис. 4.15. Наземні радіоінтерфейси ІМТ-2000

Важливою складовою гармонізованого використання частотного ресурсу при впровадженні систем IMT-2000 та наступних є розробка планів розміщення частот. Відповідно до Рекомендації МСЕ-Р М.1036-4 рекомендовані плани розміщення частот наведено в *табл. 4.8*.

Таблиця 4.8

Рекомендовані плани розміщення частот систем IMT

Плани розміщення частот	Передавач мобільної станції, МГц	Центральний просвіт, МГц	Передавач базової станції, МГц	Дуплексне рознесення, МГц	Суцільний спектр для TDD, МГц
A1	824...849	20	869...894	45	
A2	880...915	10	925...960	45	
A3	832...862	11	791...821	41	
A4	698...716 776...793	12 13	728...746 746...763	30 30	716...728
A5	703...748	10	758...803	55	
A6					698...806
B1	1 920...1 980	130	2 110...2 170	190	1 880...1 920 2 010...2 025
B2	1 710...1 785	20	1 805...1 880	95	
B3	1 850...1 910	20	1 930...1 990	80	1 910...1 930
B4	1 710...1 785 1 920...1 980	20 130	1 805...1 880 2 110...2 170	95 190	1 880...1 920 2 010...2 025
B5	1 850...1 910 1 710...1 770	20 340	1 930...1 990 2 110...2 170	80 400	1 910...1 930
C1	2 500-2 570	50	2 620-2 690	120	2 570-2 620
C2	2 500-2 570	50	2 620-2 690	120	2 570-2 620 FDD/DL
C3	Гнучке використання FDD/TDD				
D1	450,0...454,8	5,2	460,0...464,8	10	
D2	451,325...455,725	5,6	461,325...465,725	10	
D3	452,0...456,475	5,525	462,0...466,475	10	
D4	452,5...457,475	5,025	462,5...467,475	10	
D5	453,0...457,5	5,5	463,0...467,5	10	
D6	455,250...459,975	5,275	465,25...469,975	10	
D7	450,0...457,5	5,0	462,5...470,0	12,5	
D8					450...470
D9	450,0...455,0	10,0	465,0...470,0	15	457,5...462,5
D10	451,00...458,0	3,0	461,0...468,0	10	
E1					2 300...2 400
F1					3 400...3 600
F2	3 410...3 490	20	3 510...3 590	100	

Розглянемо детальніше технології, що належать до кожного з відповідних радіоінтерфейсів IMT-2000.

До **IMT-2000 CDMA Direct Spread** належить загальноєвропейський стандарт UMTS (Universal Mobile Telecommunications System – Універсальна Мобільна Телекомунікаційна Система) FDD та його дальші еволюції HSPA (High Speed Packet Access – високошвидкісна пакетна передача даних) і LTE-FDD (Long Term Evolution – довготерміновий розвиток).

Перша комерційна мережа UMTS стала працювати в 2001 році в Японії. Технологія UMTS використовує метод кодового розділення каналів та прямого розширення спектра, як і американська система мобільного зв'язку стандарту IS-95. Це

забезпечує деяку схожість цих систем за відповідними загальними рисами систем CDMA, зазначених вище. При цьому системи UMTS та IS-95 і відповідні їх еволюції є несумісними. Технологія UMTS використовує швидкість послідовності, що розширює спектр 3,84 Мчп/с, тоді як IS-95 – 1,2288 Мчп/с.

Базова ширина каналу в технології UMTS становить 5 МГц, та вже перша версія цієї технології забезпечувала швидкість передавання 2 Мбіт/с. Архітектура мережі UMTS базується на розвинутій архітектурі GSM, що підтримує з'єднання з комутацією пакетів. UMTS може працювати в смугах частот FDD, зазначених у табл. 4.8, крім смуг, що визначені в планах розміщення D, E та F.

Розвиток системи UMTS, спрямований на підвищення швидкості передавання даних, пройшов декілька етапів, основні з яких зображено на **рис. 4.16**.

UMTS Rel'99 DL: 2048 кбіт/с UL: 768 кбіт/с Δf: 5 МГц 1 носійна	HSDPA Rel'05 DL: 14,4 Мбіт/с UL: 768 кбіт/с Δf: 5 МГц 1 носійна	HSUPA Rel'06 DL: 14,4 Мбіт/с UL: 5,76 Мбіт/с Δf: 5 МГц 1 носійна	HSPA Rel'07 DL: 21,6 Мбіт/с UL: 14,5 Мбіт/с Δf: 5 МГц 1 носійна	HSPA+ Rel'08 DL: 42,5 Мбіт/с UL: 11,5 Мбіт/с Δf: 10/5 МГц MIMO 2x2 або 2/1 носійних	HSPA+ Rel'09 DL: 84 Мбіт/с UL: 23 Мбіт/с Δf: 10/10 МГц MIMO 2x2 2/2 носійних	HSPA+ Rel'10 DL: 168 Мбіт/с UL: 23 Мбіт/с Δf: 20/10 МГц MIMO 2x2 4/2 носійних
1999	2004	2006	2008	2010	2011	2012

Рис. 4.16. Еволюція технології UMTS

Таке значення збільшення передавання даних можливе за рахунок систематичного впровадження нових технологічних рішень у кожен наступний реліз технології, а саме:

Швидка адаптація до умов радіоканалу. Залежно від стану радіоканалу система постійно адаптує швидкість кодування та схему модуляції, домагаючись оптимального значення в кожен конкретний час.

Модуляція з більшою кількістю рівнів. Якщо в Rel'99 використовується 4-позиційна фазова модуляція (QPSK), в Rel'5 16-позиційна квадратурно-амплітудна (QAM-16), то в Rel'7 уже використовується QAM-64.

Швидкий гібридний автоматичний запит на передачу (FH-ARQ). Цей режим забезпечує обладнання користувача можливістю вибору між активними базовими радіостанціями тієї станції, яка у визначений час забезпечує найкращі радіопараметри для передачі даних. Покращення цього методу порівняно з відомою технологією ARQ полягає в збереженні некоректно прийнятого пакета з дальшим поєднанням з пакетом, який надходить повторно, а також кодування знову відправленого пакета за допомогою зростаючої надлишкової інформації.

Часове розділення каналів. Уведення додаткових каналів передачі даних із часовим мультиплексуванням надає доступ користувачеві лише протягом передачі даних, внаслідок чого використання кодових ресурсів і ресурсів потужності набагато ефективніше. Це дозволяє надавати пріоритет доступу до каналних ресурсів тим користувачам, які здатні найкращим чином використовувати їх у точний момент часу.

MIMO (Multiple Input Multiple Output). Використання антенної техніки з кількома передавальними та приймальними антенами може забезпечувати як збільшення пропускної здатності мобільної мережі, так і боротьбу з багатопроменевим поширенням радіохвиль. Технологія UMTS передбачає режим MIMO 2x2, починаючи з Rel'7, та режим 4x4 у самих новітніх релізах.

Використання кількох носійних. Починаючи з Rel'8, дальше збільшення пропускної здатності пов'язане або з MIMO, або з об'єднанням кількох носійних на

передавання. У перспективному 11-му релізі планується об'єднати вісім носійних на передавання та дві – на приймання.

Технологія UMTS увесь час розвивається. У 2013 році планується вихід Rel'11, в якому теоретична швидкість передачі сягне 336 Мбіт/с на лінії «вниз» та 46 Мбіт/с на лінії «вгору». Ця технологія є другою після GSM у світі за кількістю абонентів, а к 2017 року, за прогнозами, вийде на перше місце.

Також до **IMT-2000 CDMA Direct Spread** у 2007 році ще до завершення остаточної стандартизації було введено технологію LTE FDD. Технологія LTE FDD є еволюційним розвитком UMTS FDD. Перший реліз LTE, який має назву LTE 3GPP Rel'8, було прийнято наприкінці 2008 року. Станом на середину 2012 року налічується понад 20 млн користувачів цієї технології, та, за прогнозами, ця кількість збільшиться до 300 млн уже до 2015 року.

Технологія LTE може працювати в усіх частотних смугах, наведених у табл. 4.8, а також у деяких додаткових, що належать до національного розподілу смуг частот в Японії та США.

Основні технічні характеристики технології LTE 3GPP Rel'8 наведено в *табл. 4.9*.

Таблиця 4.9

Основні технічні характеристики технології LTE 3GPP Rel'8

Характеристика	Лінія «вниз» (від BC до AC)	Лінія «вгору» (від AC до BC)
Ширина каналу	1,4; 3; 5; 10; 15; 20 МГц	
Модуляція підносійних	QPSK; 16-QAM; 64-QAM	
Метод множинного доступу	Багаточастотний з ортогональним частотним розділенням каналів – OFDMA	Частотне розділення каналів з однією носійною – SC-FDMA
Режим дуплексного рознесення	Частотний – FDD; Часовий – TDD	
Технологія MIMO	Конфігурації 2x2 і 4x4	
Можлива максимальна пропускна спроможність (канал 20 МГц FDD, 64-QAM, MIMO 4x4)	326,4 Мбіт/с	86,4 Мбіт/с

Важливою відмінністю технології LTE є використання методу OFDM (Orthogonal frequency-division multiplexing – мультиплексування з ортогональним частотним розділенням каналів), що сьогодні є найефективнішим методом боротьби з багатопроблемним поширенням радіохвиль у мобільних каналах радіозв'язку. Для збільшення пропускної здатності в технології LTE використані всі механізми, що і в технології UMTS, а також низка додаткових:

Групування підносійних. Для забезпечення максимальної спектральної ефективності сусідні OFDM блоки групуються в так звані частотні домени. Таке групування підносійних забезпечує чітке розділення частотних ресурсів між сусідніми базовими станціями або точками доступу RAP (radio access point), що фактично збільшує відстань між двома RAP, які використовують однаковий частотний ресурс.

Метод розбиття OFDM на блоки та їх групування в домени отримав назву частотного перевикористання та використовується в так званій процедурі координування внутрішньомережних завад ICIC (inter-cell interference coordination). Ця процедура зменшує вплив сусідніх частотних каналів, збільшує відносно значення відношення сигнал-завада, а також збільшує загальну пропускну спроможність мережі.

Схеми часткового і гнучкого частотного перевикористання. При плануванні мережі за допомогою цих схем загальна смуга частот розділяється на групи підносійних із різною потужністю. Типовий розподіл частот для схем із частковим FFR (fractional frequency reuse) і гнучким SFR (soft frequency reuse) перевикористанням зображено на рис. 4.17 і 4.18 відповідно.

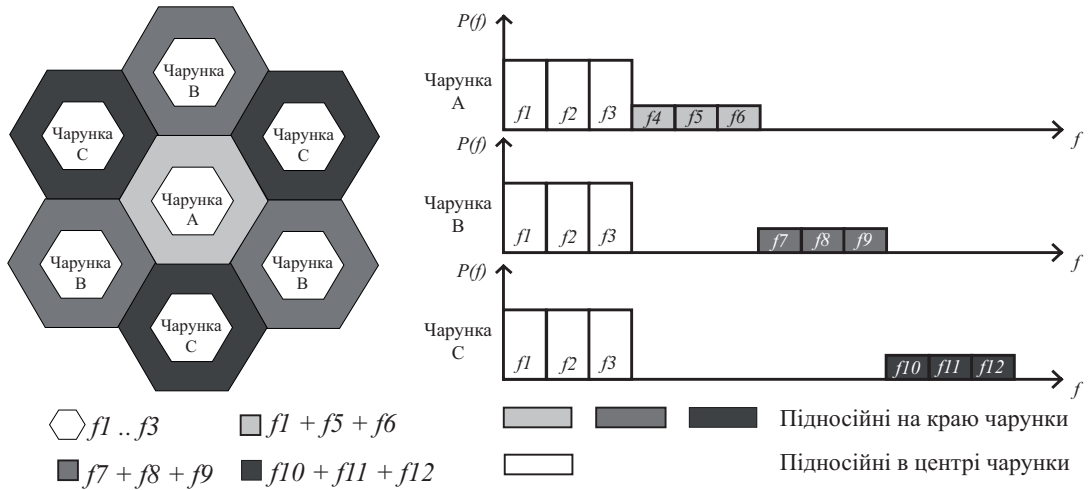


Рис. 4.17. Групування і розподіл підносійних та їх потужностей при схемі FFR

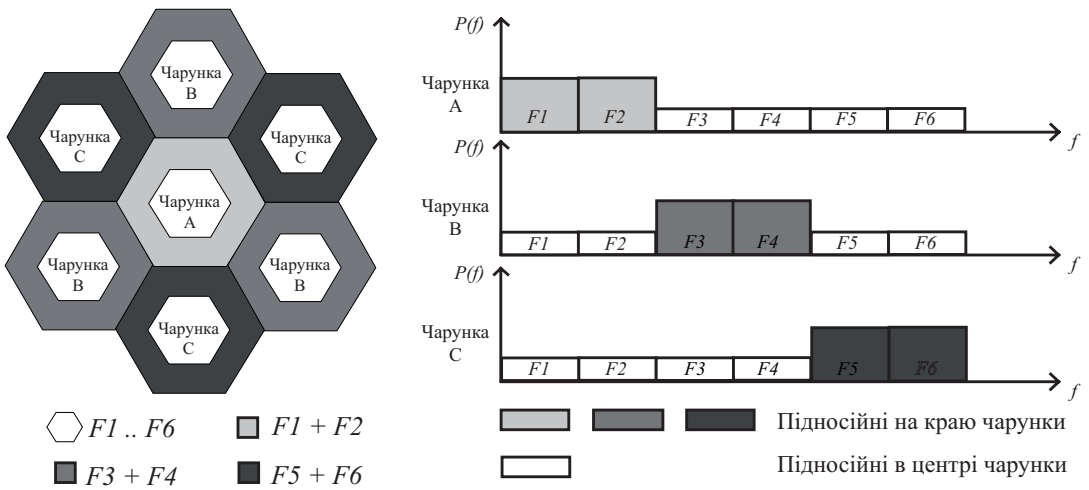


Рис. 4.18. Групування і розподіл підносійних та їх потужностей за чарунками при схемі SFR

Головна ідея використання цих схем полягає в тому, що користувачам на межі чарунки призначається коефіцієнт перевикористання частот три, а для користувачів в центрі чарунки – один. При цьому можна збільшити спектральну ефективність мережі на краю чарунки приблизно на 30 % і відповідно збільшити пропускну спроможність.

До IMT-2000 CDMA Multi-Carrier належать еволюції стандарту IS-95, відомі як технології cdma2000.

Технологія cdma2000 дозволяє працювати в переважній більшості смуг частот, що виділені для систем IMT, але переважна кількість мереж працює в трьох смугах:

- 450...459,99/460...469,99 та 411,7-419,9/421,7-429,9 (CDMA-450);
- 824...849/869...894 (CDMA-800);
- 1850...1910/1930...1990 (CDMA-2000).

Розвиток технології cdma2000, аналогічно UMTS, спрямований на підвищення швидкості передавання даних, пройшов декілька етапів, основні з яких зображено на **рис. 4.19**.

cdma2000 1xRTT DL: 153 кбіт/с UL: 153 кбіт/с Δf : 1,25 МГц 1 носійна	cdma2000 EV-DO Rev'0 DL: 2,4 Мбіт/с UL: 153 кбіт/с Δf : 1,25 МГц 1 носійна	cdma2000 EV-DO Rev' A DL: 3,1 Мбіт/с UL: 1,8 Мбіт/с Δf : 1,25 МГц 1 носійна	cdma2000 EV-DO Rev' B DL: 14,4 Мбіт/с UL: 5,7 Мбіт/с Δf : 3,75 МГц 3 носійних	cdma2000 EV-DO Rev' C DL: 73,5 Мбіт/с UL: 27 Мбіт/с Δf : 20 МГц 15 носійних
2001	2004	2006	2008	2011

Рис. 4.19. Еволюція технології cdma2000

Основним напрямком підвищення швидкості передавання в зазначеній технології є використання режиму багатьох носійних (до 15 в Rev. C). Крім того, в технології використовуються ті самі методи, що в технології UMTS: швидка адаптація до умов радіоканалу, модуляція з більшою кількістю рівнів, швидкий гібридний автоматичний запит на передачу, часове розділення каналів тощо. У планах подальшої еволюції технології cdma2000 є перехід на технологію UMB (Ultra Mobile Broadband – ультрамобільний широкосмуговий зв'язок). Параметри технології UMB дещо схожі з параметрами LTE, проте стрімкий розвиток технології LTE та небажання більшої частини гравців телекомунікаційного ринку мати ще один стандарт мобільного зв'язку на базі OFDM дозволяє спрогнозувати, що еволюція технології cdma2000 до UMB не відбудеться. Отже, надалі мережі cdma2000 будуть поступово мігрувати до технології LTE. Але така еволюція є дещо складнішою на відміну від еволюції UMTS-LTE.

До **IMT-2000 CDMA TDD** належить технологія UTRA (Universal Terrestrial Radio Access – універсальний наземний радіодоступ) TDD. Ця технологія розроблена з максимальним ступенем гармонізації з технологією UMTS FDD.

Одна з переваг використання розподілу каналів із часовим дуплексом (TDD) порівняно з FDD – це можливість налаштування асинхронного режиму передавання та приймання, таким чином, можливістю підвищувати ефективність використання спектра. У технології UTRA TDD можливе налаштування режиму передавання лінія «вниз»: лінія «вгору» від 1:6 до 6:1.

Мережі, що використовують технологію UTRA TDD, працюють переважно в непарних смугах частот B1, B3-B4, C1, E1 відповідно до табл. 4.8.

UTRA TDD має три опції залежно від швидкості розширюваної послідовності:

- 1,28 Мчип/с – ця технологія має назву TD-SCDMA (Time Division – Synchronous Code Division Multiple Access) та використовується лише в Китаї. Цей стандарт було затверджено в 2004 році, а перші мережі мобільного зв'язку з'явилися наприкінці 2006 року. Ширина каналу в системі становить 1,6 МГц;

- 3,84 Мчип/с – це класична технологія UMTS TDD для використання в непарних частотних смугах. Ця технологія не має великого поширення на відміну від UMTS TDD та працює лише в 19 країнах світу. Ширина каналу в системі становить 5 МГц;

• 7,68 Мчип/с – це технологія UMTS TDD-HCR із підвищеною швидкістю послідовності (Higher Chip Rate), що розширює спектр. Ширина каналу в системі становить 10 МГц.

Еволюція технології UTRA TDD відбувалася в напрямках, аналогічних UMTS TDD. Зведені технічні параметри систем технології UMTS TDD наведено в *табл. 4.10*.

Таблиця 4.10

Основні технічні характеристики технології UMTS TDD

Характеристика	Лінія «вниз» (від БС до АС)	Лінія «вгору» (від АС до БС)
Ширина каналу	TD-SCDMA: 1,6 МГц UMTS TDD: 5 МГц UMTS TDD-HCR: 10 МГц	
Модуляція підносійних	QPSK; 16-QAM; 64-QAM	QPSK; 16-QAM
Метод множинного доступу	CDMA, TDMA	
Режим дуплексного рознесення	Часовий – TDD	
Технологія MIMO	Конфігурація 2x2	
Можлива максимальна пропускна спроможність (канал 20 МГц FDD, 64-QAM, MIMO 4x4)	TD-SCDMA: 8,4 Мбіт/с UMTS TDD: 30,6 Мбіт/с UMTS TDD-HCR: 61,2 Мбіт/с	TD-SCDMA: 2,2 Мбіт/с UMTS TDD: 9,2 Мбіт/с UMTS TDD-HCR: 17,7 Мбіт/с

Також до IMT-2000 CDMA TDD у 2007 році ще до завершення остаточної стандартизації було введено технологію LTE TDD. Технологія LTE TDD є еволюційним розвитком UMTS TDD та невід’ємною частиною LTE 3GPP Rel’8, прийнятої наприкінці 2008 року. Розвиток технології LTE TDD йде повільно: станом на середину 2012 року у світі працювало лише дев’ять мереж, в яких менш ніж 0,5 млн абонентів, та, за прогнозами, ця кількість збільшиться до 75 млн уже до 2015 року (25 % від LTE-FDD).

Основні технічні параметри мережі LTE TDD відповідають наведеним в табл. 4.9 основним технічним характеристикам технології LTE 3GPP Rel’8. Швидкість передавання даних залежно від асинхронного режиму передавання та приймання наведено в *табл. 4.11*. Теоретичне значення швидкості передавання визначено для смуги 20 МГц, модуляції 16-QAM та режиму MIMO 2x2 на лінії «вниз» та 1x2 на лінії «вгору».

Таблиця 4.11

Швидкості передавання даних технології LTE TDD 3GPP Rel’8

Режим	Співвідношення лінія «вниз»: лінія «вгору»	Швидкість передавання, Мбіт/с	
		лінія «вниз»	лінія «вгору»
0	2:3	41	32
1	3:2	62	22
2	4:1	82	11
3	7:3	64	15
4	8:2	82	11
5	9:1	94	5
6	5:5	57	27

До IMT-2000 TDMA Single-Carrier належать еволюції системи GSM (технологія EDGE), а також еволюція системи D-AMPS (технологія UWC-136).

Технологія UWC-136 покликана, з одного боку, забезпечити еволюцію мереж D-AMPS, а іншого – максимально зблизитись із технологіями GPRS/EDGE. Тому

існує три етапи розвитку цієї технології, основані на використанні різних типів радіочастотних каналів:

❖ IS-136+, що зберігає існуючу смугу 30 кГц. У цьому випадку максимальна швидкість передавання в каналі становить 48,6 кбіт/с;

❖ IS-136 HS Outdoor (зовнішнє приймання), що має смугу частот 200 кГц. На першому етапі швидкість передавання становить 270,8 кбіт/с;

❖ IS-136 HS Indoor (внутрішнє приймання), що має смугу частот 1,6 МГц. У цьому випадку максимальна швидкість передавання в каналі становить 5,2 Мбіт/с.

Другий режим цілком сумісний із технологією GSM/EDGE. У зв'язку зі згортанням мереж D-AMPS дальша еволюція радіоінтерфейсу IMT-2000 TDMA Single-Carrier пов'язана лише з розвитком технології GSM/EDGE. Загалом станом на середину 2012 року працює 531 мережа EDGE у 196 країнах світу. Вперше технологія EDGE репрезентовано в 2003 році у США, та відтоді вона пройшла великий шлях свого розвитку. Еволюцію технології EDGE зображено на **рис. 4.20**.

EDGE Type 1 DL: 236,8 кбіт/с UL: 236,8 кбіт/с Δf: 0,2 МГц TS: 4 1 носійна	EDGE Type 2 DL: 473,6 кбіт/с UL: 473,6 кбіт/с Δf: 0,2 МГц TS: 8 1 носійна	E-EDGE Type 1 DL: 625,8 кбіт/с UL: 326,4 кбіт/с Δf: 0,4/0,2 МГц TS: 8/4 2/1 носійна	E-EDGE Type 2 DL: 1305,6 кбіт/с UL: 652,8 кбіт/с Δf: 0,4/0,2 МГц TS: 16/8 2/1 носійна	E-EDGE+ Type 1 DL: 1184 кбіт/с UL: 473,6 кбіт/с Δf: 0,4/0,2 МГц TS: 10/4 2/1 носійна	E-EDGE+ Type 2 DL: 1894,4 кбіт/с UL: 947,2 кбіт/с Δf: 0,4/0,2 МГц TS: 16/8 2/1 носійна
2003	2004	2006	2008	2010	2011

Рис. 4.20. Еволюція технології EDGE

Підвищення швидкості передавання в технології EDGE здійснюється трьома основними напрямками:

⇒ використання модуляцій з більшою кількістю рівнів. У технології введено декілька типів каналів. В останній версії EDGE використовуються 12 типів каналів із максимальною швидкістю передачі 118,4 кбіт/с. Типи каналів E-EDGE+ наведено в *табл. 4.12*;

⇒ об'єднання декількох часових інтервалів (TS);

⇒ об'єднання кількох носійних. Починаючи з E-EDGE, використовуються дві носійні на передачу та одна – на приймання.

Таблиця 4.12

Типи каналів в технології EDGE

Тип каналу	Модуляція, швидкість коду	Швидкість передавання в одному часовому інтервалі, кбіт/с	Необхідне відношення сигнал/шум, дБ
MCS-1	GMSK 0,53	8,8	9
MCS-2	GMSK 0,66	11,2	9,5
MCS-3	GMSK 0,85	14,8	10,5
MCS-4	GMSK 1,0	17,6	11
DBS-5	QPSK 0,49	22,4	11,5
DBS-6	QPSK 0,63	29,6	12,5
DBS-7	16-QAM 0,47	44,8	16
DBS-8	16-QAM 0,60	59,2	18,5
DBS-9	16-QAM 0,71	67,2	20,5
DBS-10	32-QAM 0,72	88,8	24,5
DBS-11	32-QAM 0,91	100,8	29
DBS-12	32-QAM 0,98	118,4	35,5

Отже, підвищення швидкості передачі потребує значного відношення сигнал/шум, що дуже складно реалізувати в мобільних каналах радіозв'язку. За умов цілковитого використання мереж UMTS FDD та cdma2000, а також поступового переходу на мережі LTE, де використовуються ширококутові канали, дальша еволюція технології EDGE не має практичного сенсу.

До радіоінтерфейсу **IMT-2000 FDMA/TDMA** належить технологія DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunication). Дана технологія належить до технологій ширококутового радіодоступу, забезпечує інтеграцію голосового трафіка та передавання даних, мультимедійні послуги й одночасний сервіс від декількох операторів, а також низку інших програм безпроводового зв'язку для дому, офісу та приватних локальних комерційних зон. Публічних мереж DECT у світі не існує. Також ця технологія не вимагає частотного дозволу завдяки дуже низькій потужності терміналів. Ця технологія дуже придатна для використання як радіодоступ до системи для підключення до мобільних мереж, зокрема до GSM/UMTS мереж.

Сучасні служби DPRS (DECT Packet Radio Service) забезпечують взаємодію технології DECT із технологіями Ethernet, Token Ring протоколами IP, PPP, V.24 та SIP.

Технічні характеристики технології DECT наведено в *табл. 4.13*.

Таблиця 4.13

Характеристики технології DECT

Назва стандарту	EN 300 175-1
Смуги частот	Європа: 1880...1900 МГц США: 1920...1930 МГц Китай: 1900...1920 МГц Японія: 1893...1906 МГц Латинська Америка: 1910...1930 МГц
Метод доступу	TDMA/FDMA
Метод дуплексування	TDD
Ширина частотного каналу, МГц	1,728
Кількість часових інтервалів	24 – повних; 48 – напівшвидкісних
Швидкість передавання даних	1 152 кбіт/с для GFSK 2 304 кбіт/с для DBPSK 3 456 кбіт/с для D8PSK 4 608 кбіт/с для 16-QAM 6 912 кбіт/с для 64-QAM
Вид модуляції	GFSK, $\pi/2$ -DBPSK, $\pi/4$ -DQPSK, $\pi/8$ -D8PSK, 16-QAM, 64-QAM

На Асамблеї радіозв'язку Міжнародного союзу електров'язку в 2007 році досягнуто консенсус щодо розширення сімейства радіоінтерфейсів 3G IMT-2000 на основі технології OFDMA.

Таким чином, шостим і останнім інтерфейсом IMT-2000 став **IMT-2000 OFDMA TDD WMAN**. До цього інтерфейсу належить технологія Mobile-WiMAX, відома як стандарт IEEE 802.16e.

Фактично технологія WiMAX не зовсім придатна для мобільної ширококугової передачі даних. Її висока ефективність на рівні радіотехнологій та IP архітектури справді добре себе показує на ринку фіксованого та портативного широко-

смугового зв'язку, який тільки-но починає розвиватися. Разом з тим передбачається, що мобільний широкосмуговий ринок перебуватиме під впливом таких технологій, як HSPA, HSPA+ та LTE, портативний широкосмуговий ринок – зона швидкого зростання, особливо на ринках, що розвиваються, – зона дії WiMAX.

Основні етапи еволюції зазначеної технології зображено на **рис. 4.21**.

IEEE 802.16e-05 Rel. 1.0 Ph.1 DL: 23 Мбіт/с UL: 4 Мбіт/с Δf: 10 МГц (TDD 3/1) MIMO 1x2 1 носійна	IEEE 802.16e-05 Rel. 1.0 Ph.2 DL: 46 Мбіт/с UL: 4 Мбіт/с Δf: 10 МГц (TDD 3/1) MIMO 2x2 1 носійна	IEEE 802.16-09 Rel. 1.5 DL: 173,3 Мбіт/с (2x2) UL: 165,8 Мбіт/с (1x2) Δf: 20 МГц (FDD) MIMO до 4x4 1 носійна	IEEE 802.16m Rel. 2.0 DL: 346,6 Мбіт/с (4x4) UL: 331,6 Мбіт/с (2x4) Δf: 20 МГц (FDD) MIMO до 8x8 До 5 носійних
2005	2007	2009	2011

Рис. 4.21. Еволюція технології WiMAX

За основними показниками фізичного рівня технологія WiMAX відповідає технології LTE. Водночас технологія WiMAX не розроблялась як еволюційна технологія на заміну існуючих систем мобільного зв'язку, тому їй притаманні деякі недоліки порівняно з технологією LTE:

- неможливість використання розвинутого пакетного ядра мереж GPRS/EDGE/HSPA при побудові мереж WiMAX. Тому побудова мереж WiMAX може бути здійснена лише з «нуля». На відміну від цього технологія LTE має еволюційну архітектуру, що дозволяє частково використовувати інфраструктуру вже існуючих національних мереж мобільного зв'язку попередніх поколінь та поетапно трансформувати їх в мережу LTE;

- відсутність у технології WiMAX методу частотного дуплексування (FDD). Виділення частотного ресурсу для мереж мобільного зв'язку – це доволі тривалий процес. На цей час практично всі мережі мобільного зв'язку працюють у так званих парних частотних смугах (FDD). Із розвитком технологій відбувається перехід на нові технології мобільного зв'язку в тих самих частотних смугах. Наявність у технології WiMAX лише методу TDD робить цей перехід неможливим;

- технологія мобільного WiMAX працює в смугах частот 2,3...2,4 ГГц; 2,5...2,7 ГГц та 3,4...3,8 ГГц. Середній радіус зон покриття становить від 400 до 700 м за умов міської забудови, тобто для сталого покриття необхідна велика кількість базових станцій, що потребує великих інвестицій на початковій стадії побудови мережі.

З огляду на викладене побудова мереж мобільного WiMAX із самого початку була можлива лише у великих містах, де не було розвинутих мереж UMTS/HSPA та cdma2000/EV-DO. Отже, незважаючи на те, що перший реліз IEEE 802.16e прийнято ще в 2005 році, кількість абонентів мобільного WiMAX становить лише приблизно 4,5 млн та, за прогнозами, зростання показників упровадження цієї технології у світі буде здійснюватися дуже повільно.

Технології 4G

На Асамблеї радіозв'язку 2007 року прийнято рішення про затвердження IMT-Advanced як назву систем після IMT-2000. Таким чином, системи, які офіційно класифікуються як IMT-Advanced, можна називати системами четвертого покоління (4G).

Основними характеристиками системи IMT-Advanced є:

✦ висока ступінь уніфікації виконуваних функцій у глобальному масштабі при збереженні гнучкості в наданні широкого діапазону служб і застосувань економичним способом;

✦ сумісність послуг у рамках IMT із фіксованими мережами;

✦ можливість взаємодії з іншими системами радіодоступу;

✦ послуги рухомого зв'язку високої якості;

✦ устаткування користувача, придатне для використання у всьому світі;

✦ застосування, послуги та обладнання, зручні у використанні;

✦ можливість всесвітнього роумінгу;

✦ визначені швидкості передачі даних (100 Мбіт/с для високої мобільності та 1 Гбіт/с для низької мобільності).

У 2012 році МСЕ прийнято Рекомендацію М.2012, в якій визначено дві технології, що відповідають класифікації IMT-Advanced 4G:

➤ LTE-Advanced, що відповідно до стандартів організації 3GPP належить до систем Релізу 10 та найпізніших. Остаточна стандартизація LTE (Rel.10) завершена у червні 2011 року;

➤ WirelessMAN-Advanced (WiMAX-Advanced), що відповідно до стандартів організації IEEE належить до систем IEEE 802.16m або пізніших. Стандартизація IEEE 802.16m завершена 31 березня 2011 року.

Радіоінтерфейс **LTE-Advanced** заснований на розвитку перших версій LTE Rel'8. Підтримуються смуги переданих частот до 100 МГц, забезпечуючи пікові швидкості передачі даних приблизно до 3 Гбіт/с на лінії «вниз» і 1,5 Гбіт/с на лінії «вгору».

Схема передачі на лінії «вниз» ґрунтується на звичайному методі OFDM, забезпечуючи високу ступінь стійкості, незважаючи на частотну вибірковість каналу і при цьому дозволяючи спростити реалізацію приймачів навіть при дуже широких смугах пропускання.

Схема передачі на лінії «вгору» ґрунтується на OFDM із розширенням спектра дискретним перетворенням Фур'є (DFTS-OFDM). Використання передачі DFTS-OFDM на лінії «вгору» мотивується низьким співвідношенням пікової до середньої потужності переданого сигналу порівняно зі звичайним методом OFDM. Це дозволяє ефективніше використовувати підсилювач потужності терміналу, що збільшує зону покриття або знижує споживчу потужність терміналу.

Канальне кодування засноване на турбо-кодi і доповнено гібридним методом ARQ (Hybrid-ARQ) з м'яким складанням, щоб боротися з помилками декодування на приймальній стороні. Підтримуються ті самі види модуляції, що і в попередній версії LTE.

Для підтримки ширини смуги частот понад 20 МГц використовується об'єднання носійних, тобто одночасна передача кількох носійних паралельно до терміналу і від терміналу. Компонентні носійні не обов'язково мають розміщуватися поспіль за частотою, вони можуть розміщуватися навіть у різних смугах частот, щоб розрізнений розподіл частот можна було використовувати як об'єднаний спектр.

Схеми передачі з декількома антенами (MIMO) є невід'ємною частиною LTE Rel'8. При цьому до режимів 2x2 та 4x4 додано новий режим 8x4, підтримується просторове ущільнення до восьми рівнів на лінії «вниз» і до чотирьох рівнів на лінії «вгору». Підтримується також багатокористувацька схема MIMO, за якої декільком користувачам призначаються одні й ті самі частотно-часові ресурси.

У технології LTE-Advanced підтримується координація перешкод між сотами (Inter-cell interference coordination, ICIC), за якої сусідні соти обмінюються інформацією, що допомагає здійснювати планування так, щоб зменшити дію завад. ICIC може використовуватися для однорідного розгортання чарунок, що не перетинаються, з однаковою потужністю передачі, а також для неоднорідного розгортання, коли чарунка з більш високою потужністю накриває один або декілька вузлів із меншою потужністю.

У технологію LTE-Advanced введено функцію ретрансляції. Ретрансляційний вузол пред'являє себе терміналам як звичайна БС (e-Node B), але яка бездротово обмінюється повідомленнями транзитним каналом з іншою частиною мережі радіодоступу, використовуючи радіоінтерфейс LTE Rel'10.

Основні технічні характеристики технології LTE 3GPP Rel'10 наведено в табл. 4.14.

Таблиця 4.14

Основні технічні характеристики технології LTE 3GPP Rel'10

Характеристика	Лінія «вниз» (від БС до АС)	Лінія «вгору» (від АС до БС)
Ширина каналу	1,4; 3; 5; 10; 15; 20; 40; 50; 60; 80; 100 МГц	
Модуляція підносійних	QPSK; 16-QAM; 64-QAM	
Метод множинного доступу	Багаточастотний з ортогональним частотним розділенням каналів – OFDMA	OFDM із розширенням спектра, дискретним перетворенням Фур'є – DFTSOFDM
Режим дуплексного рознесення	Частотний – FDD; Часовий – TDD	
Технологія MIMO	Конфігурації 2x2; 4x4; 8x8	
Можлива максимальна пропускна спроможність (канал 100 МГц FDD, 64-QAM, MIMO 8x8)	3,0 Гбіт/с	1,5 Гбіт/с

Перші мережі LTE-Advanced плануються до розгортання в 2014 році.

Радіоінтерфейс **WirelessMAN-Advanced** також підтримує деякі удосконалення, спрямовані на стрімке підвищення пікової пропускної здатності мережі. Ця низка удосконалень у цілому ідеологічно близька до тих удосконалень, які здійснені в технології LTE Rel'10. Крім того, підтримується об'єднання носійних до 160 МГц, що потенційно забезпечує пікові швидкості передачі даних приблизно до 4 Гбіт/с на лінії «вниз» і 2 Гбіт/с на лінії «вгору». Незважаючи на це, майбутнє технології WirelessMAN-Advanced залишається під питанням.

4.5. Технології транкінгового зв'язку

Сучасні технології транкінгового зв'язку

Слово «транкінг» походить від англійського «trunking», що означає метод доступу абонентів до загальної для них групи каналів зв'язку, за яким канал надається абонентові для кожного сеансу зв'язку окремо і лише на час цього сеансу. Іншими словами, це метод доступу, згідно з яким обмежене число каналів радіозв'язку, об'єднаних у загальнодоступний тракт, надається в сумісне користування великій кількості абонентів. У цьому сенсі термін «транкінговий зв'язок» можна трактувати дуже широко – всі існуючі системи мобільного та навіть про-

водового зв'язку діють за описаним принципом. Проте історично склалося так, що під транкінговими системами розуміють радіально-зонові системи рухомого радіозв'язку, що здійснюють динамічний розподіл каналного ресурсу ретранслятором між абонентами [4.22, 4.23].

Різноманітність існуючих стандартів транкінгового зв'язку обумовлена різними використовуваними методами передачі інформації (аналоговими або цифровими), типом множинного доступу до загального каналного ресурсу (з частотним або часовим розділенням), способом пошуку та призначення каналу і т.ін.

За структурою транкінгові системи можуть бути однозоновими або багатозоновими. До складу однозонових систем входить одна базова станція (ретранслятор), що обслуговує певну територію. Багатозонові системи містять декілька базових станцій, при цьому функції управління можуть бути або зосереджені в центральному контролері, або покладені на окремі базові станції (централізоване і розподілене управління).

У транкінгових системах можливі два основних механізми розподілу ресурсів: шукати вільний канал може базова станція, або ця функція покладена на мобільну станцію. При цьому сигнали управління можуть передаватися в окремому виділеному каналі або безпосередньо в каналах, якими передається інформація користувача. У першому випадку систему називають «з виділеним каналом управління», у другому – «без виділеного каналу управління», або «з розподіленим каналом управління».

Історично першими з'явилися системи аналогового транкінгового зв'язку, серед яких найбільш відомим і поширеним був стандарт SmarTrunk та його розвиток у вигляді стандарту SmarTrunk II [4.22]. Цей стандарт передбачав організацію 16 аналогових дуплексних каналів, які розподілялися без виділеного каналу управління. Кожна мобільна станція, що бажала встановити з'єднання, сканувала весь доступний частотний діапазон і, знайшовши вільний канал, посилала базовій станції запит на заняття цього каналу. Сканування – процес не швидкий, встановлення з'єднання може тривати до 10...11 с. Для кожного дуплексного каналу використовувався окремий приймач, установлений на базовій станції. Абоненти могли мати вихід на телефонну мережу загального користування. Найчастіше використовувалися частоти в полосі 146...174, 300...344, 400...490 МГц та ін.

Іншим відомим стандартом, багато в чому схожим зі стандартом SmarTrunk, є стандарт MPT 1327, розроблений Міністерством пошти і телекомунікацій Великої Британії і вперше опублікований в січні 1988 року у вигляді документа «MPT 1327. A Signalling Standard for Trunked Private Land Mobile Radio Systems» [4.22]. Розробка транкінгових систем активно велася і в СРСР – найбільш відомою аналоговою транкінговою системою, сумісною зі стандартом MPT 1327, є система АЛТАЙ [4.22].

У цілому системи SmarTrunk і MPT 1327 забезпечували прийнятну якість передачі сигналу, проте їм були властиві загальні для всіх аналогових систем недоліки. У першу чергу, це відсутність конфіденційності зв'язку, великий час встановлення з'єднання і низька перешкодостійкість у разі дії адитивних перешкод, що знижує відстань упевненого прийому сигналу. Тому природним розвитком аналогового транкінгового зв'язку стала поява цифрових систем. Окрім того, що в них нема перелічених недоліків, цифрові системи мають істотно вищу спектральну ефективність.

До найпопулярніших стандартів цифрового транкінгового зв'язку можна віднести [4.23]:

- ⇒ EDACS – перший цифровий стандарт, розроблений фірмою Ericsson;
- ⇒ TETRA – відкритий стандарт, розроблений Європейським інститутом телекомунікаційних стандартів (ETSI);
- ⇒ APCO 25 – розроблений Асоціацією офіційних представників служб зв'язку та органів суспільної безпеки (США);
- ⇒ Tetrapol – розроблений фірмою Matra Communications (Франція);
- ⇒ iDEN – розроблений фірмою Motorola (США).

Усі ці стандарти задовольняють сучасним вимогам до систем відомчого рухомого радіозв'язку. Вони дозволяють створювати мережі з різною структурою та конфігурацією – від однозонових до багатозонових мереж національного масштабу. У цифрових системах стало можливим реалізувати безліч послуг, пов'язаних з передачею мовлення та даних: індивідуальний і груповий зв'язок; широкомовні виклики; передача даних із комутацією пакетів; передача коротких текстових повідомлень; взаємодія з іншими мережами передачі мовлення та даних з використанням стандартних інтерфейсів.

До стандарту TETRA входять специфікації радіоінтерфейсу, інтерфейси між мережами TETRA та ISDN, телефонною мережею загального користування і мережами передачі даних, відомчими автоматичними телефонними станціями та іншим устаткуванням. До стандарту внесено опис усіх основних і додаткових послуг, що надаються мережею. Особлива увага приділяється питанням безпеки передачі інформації [4.23].

Схему організації мережі транкінгового зв'язку стандарту TETRA на основі багатозонової структури національного масштабу зображено на **рис. 4.22**. На такому рівні мережа будується з порівняно невеликих підмереж, структура яких може бути досить різною. Залежно від вимог до доступності послуг, швидкості їх надання, відмовостійкості мережі та ін. підмережі можуть мати топологію «зірка» (**рис. 4.23**) або «ланцюжок» (**рис. 4.24**). Функції аутентифікації та комутації виявляються розподіленими по всій національній мережі, що дозволяє мережі функціонувати на локальних ділянках навіть у разі чималих пошкоджень і виходу з ладу інших ділянок.

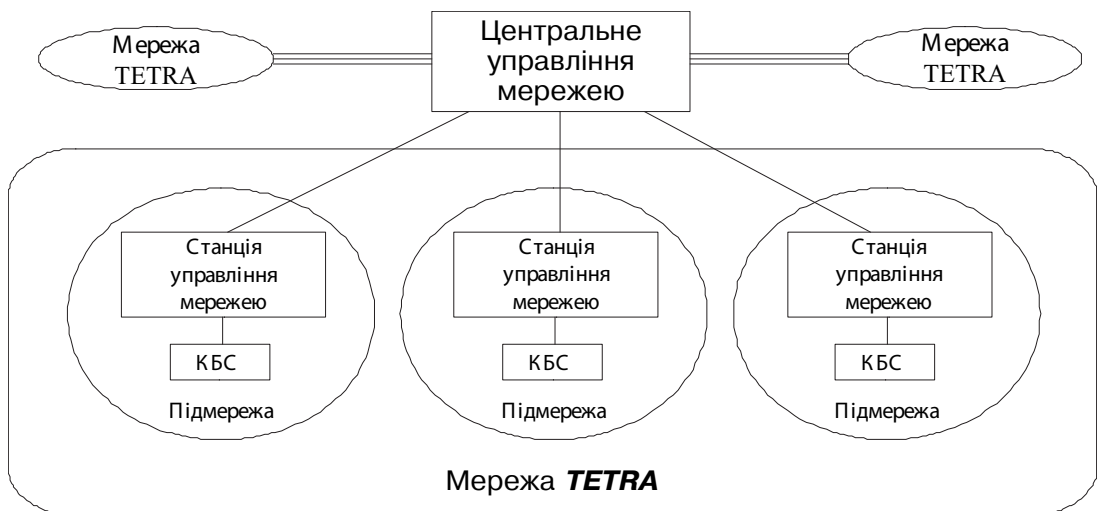


Рис. 4.22. Архітектура мережі транкінгового зв'язку національного масштабу

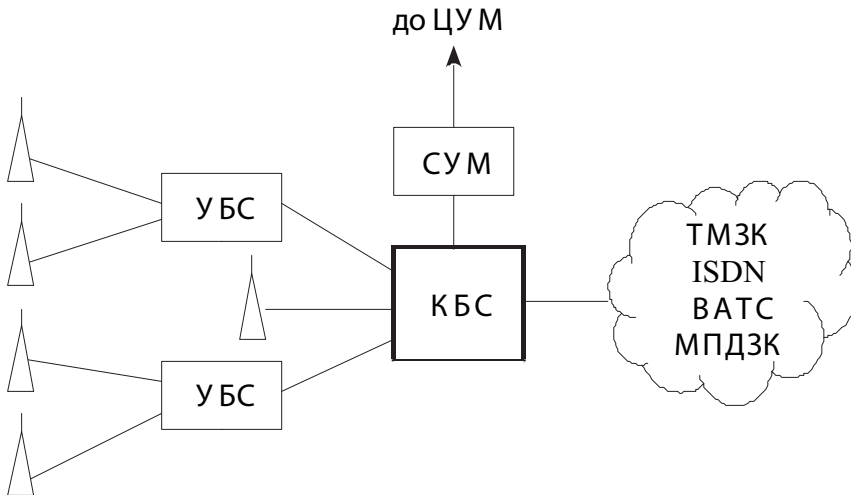


Рис. 4.23. Підмережа транкінгового зв'язку, побудована за топологією «зірка»

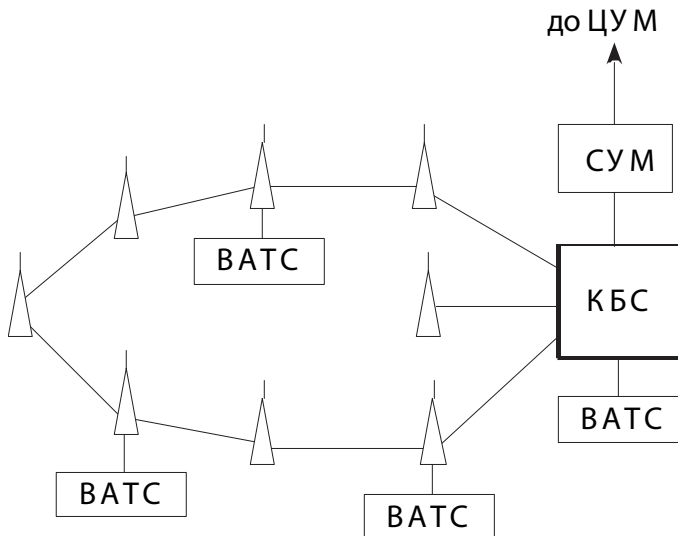


Рис. 4.24. Підмережа транкінгового зв'язку, побудована за топологією «ланцюжок»

На рис. 4.22–4.24 прийнято такі позначення: КБС – контролер базових станцій; УБС – пристрій управління базовою станцією; СУМ – станція управління мережею; ТМЗК – телефонна мережа загального користування; ВАТС – відомча автоматична телефонна станція; МПДЗК – мережа передачі даних загального користування.

Головними елементами мережі є базові станції та мобільні станції, або абонентські термінали. Для збільшення розмірів зон обслуговування мобільні станції можуть використовуватися як ретранслятори.

Виділення каналів для використання мобільними станціями здебільшого здійснюється централізовано на базовій станції. Такий режим роботи мережі називається транкінговим. Проте стандарт ТЕТРА, як і переважна більшість інших стандартів, допускає прямий зв'язок між мобільними станціями без використання ретранслятора (базової станції) – цей режим роботи мобільних станцій називають кон-

венціональним. У конвенціональному режимі мобільні станції повинні самостійно, без участі іншого устаткування, «домовитися» про використовувані канали зв'язку. У сучасних системах настройка мобільних станцій для роботи в конвенціональному режимі відбувається цілком автоматично, без участі користувача [4.22–4.24].

Переважна більшість систем транкінгового зв'язку, зокрема системи стандарту TETRA, підтримують передачу і мовлення, і даних, причому один абонентський термінал може виконувати обидві ці функції. Передача мовлення може здійснюватися в одному з трьох режимів:

- з'єднання «точка – точка», або індивідуальний виклик, коли з'єднання встановлюється між двома мобільними станціями, або між мобільною станцією і станцією в іншій мережі зв'язку (наприклад, у телефонній мережі загального користування);
- з'єднання «точка – багато точок», або груповий виклик, коли встановлюється односпрямований (симплексний) канал для передачі даних від одного абонента до групи абонентів;
- з'єднання «точка – багато точок», коли число абонентів, що приймають виклик, заздалегідь невідоме і не може бути визначено – так званий екстрений, або широкомовний виклик. Використовується головним чином для передачі сигналів екстреного сповіщення про небезпеку або для повідомлень диспетчера всіх абонентів одночасно.

Передача даних можлива з комутацією каналів (при цьому використовуються ті самі канали, що і для передачі мовлення) або з комутацією пакетів. При цьому залежно від необхідного ступеня шифрування можлива передача даних з різними швидкостями.

Частотний діапазон, використовуваний системами стандарту TETRA, у стандартах не визначено. Нині для мереж цифрового транкінгового зв'язку на території України, зокрема для систем стандарту TETRA, виділені смуги радіочастот 413...420/423...430 МГц, при цьому більш високочастотна частина призначена для роботи базових станцій. На кожному частотному каналі організовано 4 канали з часовим розділенням – в одній і тій самій смузі частот послідовно виділяються інтервали часу («часові вікна») для передачі інформації від одного абонента, потім від другого і т.д. Ці чотири часові вікна утворюють так звані TDMA-кадри. Розділення дуплексних каналів – частотне. Схематично приклад частотного плану зображено на рис. 4.25.

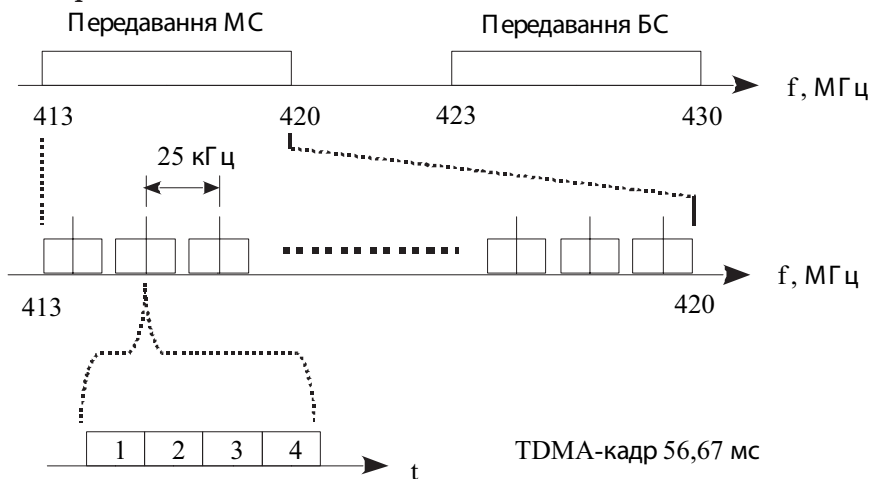


Рис. 4.25. Приклад частотного плану в стандарті TETRA

Призначення технологій транкінгового зв'язку

Транкінгові системи зв'язку орієнтовані, у першу чергу, на створення відомчих, внутрішньовиробничих і технологічних мереж мобільного радіозв'язку, мереж радіозв'язку спеціальних служб, а саме: швидка медична допомога, пожежна охорона, міліція, служби оперативного реагування, у тому числі при надзвичайних ситуаціях, тощо.

Застосування транкінгових систем як відомчих засобів зв'язку обумовлене тим, що ці системи, як правило, мають малий час установаження з'єднання (у сучасних системах – менше 0,5 с), роботу абонентів у групах, автономність і високу захищеність мережі [4.22].

Сучасні системи транкінгового зв'язку, крім стандартних послуг, таких, як передача мовлення та даних, можуть надавати багато додаткових послуг, серед яких можна виділити такі [4.22, 4.23]:

- ⇒ виклики тільки з дозволу диспетчера;
- ⇒ пріоритетний доступ до ресурсів;
- ⇒ пріоритетний виклик;
- ⇒ пріоритетне переривання встановленого з'єднання;
- ⇒ прослуховування вибраної розмови або сеансу передачі даних;
- ⇒ дистанційне включення мобільної станції для прослуховування обстановки в абонента;
- ⇒ створення, модифікація та видалення груп користувачів;
- ⇒ ідентифікація зухвалого абонента;
- ⇒ переадресація викликів на іншу мобільну станцію;
- ⇒ визначення зон викликів – областей, де виклик може бути прийнятий одержувачем;
- ⇒ блокування певних видів вхідних і вихідних викликів;
- ⇒ прийом нового виклику в процесі сеансу зв'язку.

Найважливішим аспектом транкінгового зв'язку є захист інформації, оскільки ці системи призначені, у першу чергу, для служб оперативного реагування або для організації виробничих процесів (у останньому випадку конфіденційність зв'язку необхідна, щоб зберегти комерційну таємницю на виробництві).

Засоби захисту інформації, що реалізуються в сучасних системах транкінгового зв'язку, можна розділити на три групи [4.22]:

- аутентифікація, що дозволяє підключення тільки санкціонованих користувачів;
- управління захистом, що дозволяє контролювати коректність виконуваних процедур;
- стандартні криптографічні алгоритми, що забезпечують прихованість переданої інформації.

У сучасних транкінгових системах забезпечується декілька рівнів шифрування. Стандартний рівень забезпечує шифрування даних тільки в радіоінтерфейсі та має невисоку криптостійкість. Одночасно з ним може застосовуватися наскрізне шифрування, яке застосовується до переданих даних безпосередньо перед подачею їх у передавач. Наскрізне шифрування використовує ефективніші алгоритми, крім того, в деяких випадках можливе підключення власного шифруючого пристрою [4.22, 4.23].

Як уже зазначалося вище, транкінговий зв'язок використовується головним чином для створення відомчих мереж, тобто для організації виробничих процесів. З огляду на поступальний розвиток бізнесу, появу нових і розширення існуючих

підприємств та організацій потреба в оперативному зв'язку між учасниками виробничих процесів весь час збільшується. Сучасний ринок пропонує велику різноманітність технологій транкінгового зв'язку, призначених для вирішення широкого кола завдань. Виникають підтримка нових послуг, нові комплексні рішення та навіть нові стандарти. Так, деякі компанії розробили новий стандарт (NXDN) і на його основі запропонували ряд технічних рішень під загальною назвою NEXEDGE. Уніфікація інтерфейсів між основними вузлами мережі дозволяє використовувати стандартні канали зв'язку (зокрема, супутникові) для організації високошвидкісного обміну даними між центрами управління і комутації в різних регіонах. Успіхи технічних і бізнес-рішень у транкінговому зв'язку забезпечують не просто конкурентоспроможність, але й істотну перевагу такого зв'язку для виробничих процесів.

4.6. Технології супутникового зв'язку

За останні п'ятдесят років системи супутникового зв'язку стали невід'ємною складовою міжнародних і національних телекомунікаційних систем. Значення супутникового зв'язку для розвитку телекомунікаційних систем важко переоцінити. Поява супутникового зв'язку зіграла не менш важливу роль, ніж упровадження оптичного волокна.

Серцем системи супутникового зв'язку є ретранслятори (супутники зв'язку), що перебувають на певних орбітах. За допомогою одного або декількох супутникових ретрансляторів здійснюється зв'язок між двома або декількома наземними станціями, що належать одній системі супутникового зв'язку, розміщеними на Землі або біля Землі. Канал передачі даних з наземної станції на супутник називається висхідним (uplink), а канал передачі даних у зворотному напрямку – спадним (downlink). Устаткування супутника, що приймає сигнали висхідного каналу й перетворює їх на сигнали спадного каналу, називається транспондером.

Основи побудови супутникових каналів зв'язку, що містять наземні станції та ретранслятори, а також устаткування супутникових каналів зв'язку викладені в [4.25–4.27]. У цьому підрозділі розглядаються особливості супутникового зв'язку з позицій побудови мереж зв'язку та послуг, що надаються.

Супутники зв'язку можна класифікувати за такими ознаками:

- *Зона обслуговування:* може бути глобальною, регіональною або національною. Чим більша зона обслуговування, тим більше супутників буде задіяно в організації мережі.

- *Тип послуг:* існують супутники стаціонарної служби зв'язку, радіомовної служби та мобільної служби.

- *Характер використання:* комерційні, військові, аматорські або експериментальні.

Особливості станцій, що базуються на ретрансляторах:

- Зона обслуговування супутникової системи набагато перевищує зону обслуговування наземної системи. Один ретранслятор, що перебуває на геостаціонарній орбіті, може обслуговувати майже одну четверту поверхні Землі.

- Такі ресурси ретранслятора, як потужність і виділена смуга частот, досить обмежені. На стадії проектування необхідно вибирати оптимальне співвідношення між параметрами наземної станції та ретранслятора.

➤ Якщо передавальна та приймальна наземні станції перебувають у зоні обслуговування одного ретранслятора, то витрати на передачу даних не залежать від відстані між ними.

➤ Легко впроваджуються мережі супутникового зв'язку довільної топології й усіляких додатків на їх основі.

➤ Користувачам доступна висока швидкість передачі даних, а якість даних, переданих за допомогою супутника, підтримується надзвичайно високою, хоча можливі короточасні погіршення якості зв'язку.

➤ Для супутників, що перебувають на геостаціонарній орбіті, затримка поширення сигналу від Землі до супутника і назад дорівнює приблизно одній четвертій секунди.

Існує кілька класифікацій орбіт супутників:

1. Орбіта може бути круговою з центром кола, розміщеного в центрі Землі, або еліптичною, для якої центр Землі перебуває в одному з фокусів еліпса.

2. Супутник може обертатися навколо Землі в різних площинах. Екваторіальні орбіти розміщені в площині земного екватора. Полярні орбіти проходять над обома полюсами Землі. Усі інші орбіти називаються нахиленими.

3. За висотою над рівнем моря орбіти класифікуються в такий спосіб: геостаціонарні навколосемні орбіти (GEO), середні навколосемні орбіти (MEO) і низькі навколосемні орбіти (LEO).

Одним із важливих параметрів супутникового каналу зв'язку, утвореного наземною станцією й ретранслятором, є кут піднесення наземної станції, що є кутом між горизонтальною лінією (тобто лінією, дотичною до поверхні Землі в точці розміщення наземної станції) і напрямком основного променя антени, націленого безпосередньо на ретранслятор. Максимальна величина зони обслуговування супутника має місце при нульовому куті піднесення. Однак існують принаймні три проблеми, які не дозволяють використовувати нульовий кут піднесення та визначають мінімальний кут піднесення.

1. Не можна ігнорувати будинки, дерева й інші наземні об'єкти, які можуть перебувати на шляху променя, що йде від антени. Такі перешкоди призводять до ослаблення сигналу, тому що відбувається його часткове поглинання або спотворення внаслідок багаторазового відбиття променів.

2. Чим менше значення кута піднесення, тим більше атмосферне поглинання, тому що при малих кутах піднесення сигнал проходить в атмосфері велику відстань.

3. На якість прийому також несприятливо впливає шум антени, обумовлений високою температурою біля поверхні Землі.

При проектуванні спадного каналу прийнято використовувати мінімальний кут піднесення, що залежно від частоти сигналу може становити 5...20°. Для висхідного каналу використовують кут піднесення не менш 5°. Реальна зона обслуговування одним ретранслятором визначається на основі обраних кутів піднесення [4.25].

Нині найпоширенішими серед супутників зв'язку є геостаціонарні (GEO). Супутник перебуває на круговій орбіті на висоті 35863 км над поверхнею Землі та рухається в площині земного екватора, тоді кутова частота обертання такого супутника буде збігатися з кутовою частотою обертання Землі та супутник увесь час буде перебувати над тією самою точкою на екваторі. На геостаціонарній орбіті перебуває понад 300 супутників, деякі з них розміщені впритул один до одного.

Геостаціонарні орбіти мають певні переваги, які вигідно відрізняють їх від орбіт інших типів:

❖ Оскільки супутник не рухається відносно Землі, то не виникає проблем зі зміною частоти сигналу через відносний рух супутника й наземних антен (обумовленого ефектом Доплера).

❖ Спрощується процедура відстеження супутника з наземних станцій.

❖ Супутник, що перебуває на висоті 35863 км над Землею, може зв'язатися приблизно із четвертою частиною земної поверхні. Для того щоб покрити всі населені зони Землі, крім ділянок біля Північного та Південного полюсів, знадобиться вивести на геостаціонарну орбіту всього три супутники, розмістивши їх на відстані 120° один від одного.

З іншого боку, є й недоліки:

➤ Після проходження відстані між наземною станцією та супутником сигнал стає досить слабким (ослаблення залежить від робочої частоти та має величину близько 200 дБ).

➤ Полярні області та приполярні ділянки північної й південної півкуль практично недоступні для геостаціонарних супутників.

➤ Незважаючи на те, що швидкість світла дорівнює 300000 км/с, затримка проходження сигналу від наземної станції на супутник і назад досить істотна – близько чверті секунди. Якщо використовувати супутниковий зв'язок для телефонних переговорів, то сумарний інтервал між завершенням фрази одного абонента й відповіддю іншого подвоюється й дорівнює приблизно половині секунди. Таку затримку важко не помітити.

➤ Ще однією властивістю геостаціонарних супутників є те, що виділені для них частоти використовуються над великою частиною поверхні Землі. Для багаточислових додатків, таких, як передача телевізійних програм, це навіть добре, але для двоточкового зв'язку смуга частот геостаціонарного супутника буде використовуватися дуже неекономно. Можна використовувати спеціальні антени зі спрямованим або керованим променем, які дозволяють обмежити область, що покривається сигналом супутника, і в такий спосіб контролювати розміри області, у межах якої приймається сигнал супутника.

Для рішення деяких із перелічених проблем були розроблені інші типи орбіт. Для побудови систем персонального зв'язку третього й наступного поколінь важливу роль відіграють супутники на низьких навколоземних орбітах (LEO) і супутники на середніх навколоземних орбітах (MEO).

Використання супутників GEO. Нині в більшості супутникових мереж використовуються геостаціонарні супутники. Якщо проаналізувати характер послуг, що забезпечуються супутниковими системами, то виявляється, що понад половини транспондерів використовується для телевізійного мовлення. Так, на кінець 2011 р. для передачі телевізійних програм організовано понад 30 тисяч супутникових каналів.

На початку 90-х років було розроблене сімейство стандартів DVB, що регламентують передачу цифрових телевізійних сигналів різними каналами зв'язку, зокрема стандарт супутникового мовлення DVB-S [4.28]. Системи, реалізовані за даним стандартом, дозволяли здійснювати передачу в одному стандартному стволі (36 МГц) до 7 телевізійних програм звичайної якості.

Через десять років після затвердження стандарту DVB-S у 2004 р. завершилася розробка нового, більш досконалого стандарту DVB-S2 [4.29], що дозволяє, завдяки застосуванню більш ефективного механізму стиску відеосигналу і більш ефективного методу передачі, підвищити пропускну здатність ретрансляторів.

Системи в стандарті DVB-S2 призначені для передачі вхідного цифрового потоку, сформованого з використанням алгоритмів стиску MPEG-4 або MPEG-2. Передбачено адаптацію вхідного потоку для забезпечення можливості роботи з неперервним і пакетним вхідним потоком. У підсумку система DVB-S2 призначена для реалізації таких видів ширококутових супутникових додатків [4.30]:

⇒ надання послуг персонального телевізійного мовлення зі стандартною й високою якістю;

⇒ надання інтерактивних послуг, у тому числі доступ в Інтернет;

⇒ забезпечення професійних додатків, таких, як доставка цифрових телевізійних програм, супутникова відеожурналістика, розподіл програм на мережу наземних передавачів;

⇒ розподіл даних.

В основу стандарту закладено три основні концепції:

- поліпшення характеристик передачі;
- гнучкість або адаптивність алгоритму формування й обробки сигналів;
- помірна складність приймача.

У тому самому каналі при фіксованому відношенні сигнал/шум метод передачі стандарту DVB-S2 має на (30...38)% більшу частотну ефективність, ніж метод передачі DVB-S. При значному обсязі передач (велика кількість програм, телебачення високої чіткості тощо) зменшення необхідної смуги частот істотно знижує рівень витрат на використання ресурсів супутникових каналів.

При зафіксованій частотній ефективності (при тому самому обсязі переданої інформації) використання системи, побудованої на основі стандарту DVB-S2, забезпечує необхідну вірогідність прийому при відношенні сигнал/шум на (2,2...2,5) дБ меншому. Це дозволяє зменшити в 1,6...1,8 раза розміри антени або у стільки ж раз понизити потужність передавача, що досить істотно, особливо для встаткування ретранслятора.

Ступінь використання каналу передачі DVB-S2 близька до теоретично можливої межі. Досягти цього вдалося за рахунок нового методу корекції помилок, типу модуляції й активної адаптації системи. Інтерактивний сервіс забезпечується за допомогою зворотного зв'язку глядача з головною станцією через зворотні канали наземними або супутниковими мережами.

Основне достоїнство стандарту полягає у використанні алгоритму стиску сигналу MPEG-4 (H.264), що дозволяє вдвічі понизити швидкість інформаційного потоку. Звідси впливає основна сфера застосування стандарту – передача телевізійних програм (ТВ) високої чіткості (ТВЧ або HDTV, High Definition Television). Наприклад, щоб транслювати телебачення високої чіткості HDTV у стандарті MPEG-2, необхідна швидкість інформаційного потоку не менша 8 Мбіт/с. При переході на стандарт MPEG-4 досить 4 Мбіт/с, тобто необхідна смуга частот удвічі менша. Застосування ж компресії MPEG-4/AVC (Advanced Video Coding, що відоме як H.264) мінімум у два-три рази знижує вимоги до швидкості потоку, а DVB-S2 за рахунок застосування модуляції ФМ-8 дозволяє підвищити частотну ефективність у 1,5 раза. Таким чином, у смузі, яку охоплює канал формату MPEG-2/DVB-S, можна вмістити втричі більше програм формату MPEG-4/DVB-S2. Використання стандарту DVB-S2 забезпечує доступ до більш досконалої системи з підвищеною пропускну здатністю при тих самих розмірах антени. Стандарт DVB-S2 дозволяє мовленникам не тільки покращувати існуючі послуги, але й створювати нові канали в межах тієї самої смуги частот і з тією самою платою за частотний ресурс.

Супутники LEO мають такі характеристики:

- кругові або еліптичні орбіти на висоті до 2000 км, усі пропонувані й реальні системи розташовуються на висоті від 500 до 1500 км;
- період орбіти дорівнює 1,5–2 годинам;
- діаметр зони обслуговування дорівнює приблизно 8000 км;
- затримка кругового поширення сигналу становить не більше 20 мс;
- максимальний час, протягом якого супутник видно з фіксованої точки на поверхні Землі (у межах радіогоризонту), досягає 20 хв;
- через високу швидкість відносного руху супутника та стаціонарно розміщеної наземної станції встаткування повинне обробляти сигнали, частота яких одержує більші доплерівські зсуви;
- на супутник великий опір чине атмосфера, тому орбіта супутника поступово деформується;
- щоб увести в дію таку систему зв'язку, потрібно досить багато орбітальних площин; крім того, на кожній орбіті повинні перебувати по кілька супутників. Тоді при зв'язку двох наземних станцій сигнал, як правило, буде передаватися з одного супутника на інший.

Супутники LEO мають декілька переваг порівняно з геостаціонарними супутниками: скорочення затримки поширення сигналу; набагато менше ослаблення сигналу між наземною станцією та супутником; зону обслуговування супутника можна локалізувати з набагато більшим ступенем точності. Отже, можна ефективніше розпорядитися смугою частот, виділеною для супутника.

Прикладами систем на основі супутників LEO є:

⇒ Система Orbcomm, що використовується для відстеження пересування автомобілів, поїздів, важкого встаткування й інших віддалених і мобільних засобів. Її можна також використовувати для спостереження за віддаленими приладами, резервуарами-сховищами нафти й газу, свердловинами й трубопроводами або для підтримки зв'язку з робітниками, в якій би точці земної кулі вони не перебували. Система розроблена для пошуку та пакетної передачі даних і призначена для роботи з невеликими пакетами даних зі швидкістю кількох кілобіт на секунду. Система функціонує на основі понад 30 супутників.

⇒ Система Globalstar. Її супутники досить прості. Обробка даних здебільшого проводиться наземними станціями системи. У системі використовується технологія CDMA, подібна до стандарту CDMA стільникового зв'язку. Усі виклики мають оброблятися на наземних станціях. Група супутників системи Globalstar забезпечує безперервний зв'язок і складається з 48 діючих і 8 запасних супутників. Ці супутники перебувають на орбітах на висоті 1413 км.

Супутники MEO мають такі характеристики:

- ⇒ кругова орбіта, розташована на висоті 5000...12000 км;
- ⇒ період орбіти – близько 6 год;
- ⇒ діаметр зони обслуговування коливається від 10 000 до 15 000 км;
- ⇒ затримка кругового поширення сигналу становить менше 50 мс;
- ⇒ максимальний час, протягом якого супутник видно з фіксованої точки на земній поверхні (що перебуває в межах радіогоризонту), становить кілька годин.

У системах MEO не потрібно так багато перемикань між супутниками, як у системах LEO. Значення таких параметрів супутника MEO, як затримка поширення сигналу із супутника MEO на Землю і його необхідна потужність, вищі, ніж у супутників LEO, однак істотно менші, ніж у геостаціонарних супутників. Така си-

стема реалізована за програмою ІСО: висота орбіти – 10400 км, 12 супутників (з них – 2 запасні). Супутники рівномірно розподілені між двома площинами та мають кут нахилу до екватора в 45° . Системи МЕО використовуються для надання таких послуг, як цифрова передача мовлення, даних, факсимільних повідомлень, широкомовних повідомлень, і для обміну повідомленнями.

У табл. 4.15 перелічено діапазони частот, доступні для супутникового зв'язку. Службам мобільного супутникового зв'язку виділено частоти в діапазонах S і L. Якщо зрівняти ці діапазони з діапазонами більш високих частот, то тут простежується більше переломлення променів і їх проникнення крізь фізичні перешкоди, такі, як листя й неметалеві структури. Ці характеристики є дуже важливими для послуг мобільного зв'язку.

Таблиця 4.15

Діапазони частот для супутникового зв'язку

Ім'я діапазону	Граничні частоти діапазону, ГГц	Сумарна ширина смуги частот, ГГц	Поширені додатки
L	1–2	1	Служби мобільного зв'язку
S	2–4	2	Служби мобільного зв'язку й дослідження далекого космосу
C	4–8	4	Служби стаціонарного зв'язку
X	8–12,5	4,5	Військові служби стаціонарного зв'язку, служби дослідження Землі та метеорологічні служби
Ku	12,5–18	5,5	Служби стаціонарного зв'язку, радіомовні служби
K	18–26,5	8,5	Служби стаціонарного зв'язку, радіомовні служби
Ka	26,5–40	13,5	Служби стаціонарного зв'язку

Смуги частот для висхідного й спадного каналів для служб визначаються окремо, причому частота висхідного каналу завжди вища. Як відомо, для сигналу з більш високою частотою розсіювання або втрати у вільному просторі більші, ніж для його низькочастотного доповнення. Але наземні станції мають у своєму розпорядженні достатню потужність, що дозволяє компенсувати втрати на високих частотах.

Зона покриття супутника. Для роботи на НВЧ, які використовуються в супутниковому зв'язку, застосовуються вузьконаправлені антени. Таким чином, сигнал із супутника не поширюється на всі сторони, а націлюється на певну точку Землі. Вибір точки прицілу виконується з урахуванням місцеположення та розмірів області, що повинна покриватися. На центральну точку цієї області надійде найбільш потужний сигнал. Його інтенсивність буде спадати в міру віддалення від центральної точки в будь-якому напрямку. Цей ефект звичайно демонструється рисунком, який зветься зоною покриття супутника (satellite footprint). Вона показує, яка ефективна частина випромєненої енергії антени ретранслятора потрапляє в кожену точку на поверхні Землі. Щоб одержати реальну потужність сигналу, прийнятого в кожній точці області, що покривається, з ефективної потужності, зазначеної на рисунку, слід відняти втрати у вільному просторі. Чим вища частота сигналу (тобто чим менша його довжина хвилі), тим більшими будуть втрати [4.25, 4.26].

Головною причиною додаткового загасання сигналу в атмосфері є наявність кисню й води. Поглинання, обумовлене наявністю води, відбувається в тумані та в дощі. Ще одним фактором, що впливає на загасання сигналу, є значення кута піднесення супутника – чим менший кут піднесення, тим більший шлях в ат-

мосфері доведеться пройти сигналу. Нарешті, величина атмосферного загасання залежить від частоти сигналу. У загальному випадку чим вища частота сигналу, тим сильніше він загасає. Звичайно, загасання, обумовлене туманом і дощем, виникає тільки у разі присутності цих явищ в атмосфері.

Конфігурації супутникової мережі. Найпоширенішими є дві конфігурації супутникових мереж зв'язку:

1. Супутник використовується для забезпечення двоточкового зв'язку між двома віддаленими наземними станціями.

2. Супутник забезпечує передачу повідомлення від одного наземного передавача до декількох наземних приймачів.

Існує також різновид другої конфігурації, в якій здійснюється двосторонній зв'язок між комплексом наземних станцій, що складаються з однієї центральної станції й безлічі віддалених абонентських станцій. Такий тип конфігурації використовується в системах VSAT (Very Small Aperture Terminal – термінал з дуже малою апертурою антени). Недорогими антенами VSAT оснащено багато абонентських станцій. Установивши певний порядок, ці станції спільно використовують пропускну здатність ретранслятора для передачі даних центральної станції. Центральна станція може обмінюватися повідомленнями з будь-яким абонентом і ретранслювати повідомлення, що йдуть від одного абонента іншому.

Розподіл пропускну здатності ретранслятора. Як правило, один геостационарний супутник працює в досить широкій смузі частот (наприклад, 500 МГц), що ділиться на смуги транспондерів, що мають меншу ширину (наприклад, 40 МГц). Потім потрібно розподілити пропускну здатність транспондера. Іноді, наприклад, при телемовленні або передачі єдиного потоку цифрових даних зі швидкістю 50 Мбіт/с весь канал виділяється для одного користувача або додатка. Тим часом, якщо відкинути такі надзвичайні випадки, то можна сказати, що ощадливе використання супутника неможливе без поділу смуги частот транспондера між декількома користувачами. У деяких випадках розподіл проводиться під централізованим керуванням, здійснюваним звичайно із супутника. Пропускна здатність може також розподілятися динамічно за допомогою команд, переданих наземними станціями.

Усі стратегії розподілу пропускну здатності ретранслятора належать до однієї із трьох категорій:

- множинний доступ із частотним поділом (FDMA);
- множинний доступ з часовим поділом (TDMA);
- множинний доступ з кодовим поділом (CDMA).

Множинний доступ із частотним поділом (FDMA). Можна припустити, що супутник використовується як проміжний пристрій, який забезпечує, по суті, двоточковий зв'язок між двома наземними станціями. Оскільки зона обслуговування супутника досить велика, він може виконувати набагато більше функцій. Наприклад, канал шириною 36 МГц можна розділити, використовуючи ущільнення із частотним поділом, на трохи менші за смугою канали, у кожному з яких можна використовувати свою модуляцію. Кожний із цих менших каналів, у свою чергу, може нести кілька різних сигналів, для чого використовується ущільнення із частотним або часовим поділом. Можливість одержання декількома наземними станціями доступу до того самого каналу називається технологією FDMA.

Кількість підканалів, на які можна розбити супутниковий канал за допомогою технології FDMA, обмежено трьома факторами:

- тепловий шум;
- комбінаційні завади;
- перехресні завади.

Вплив перших двох факторів прямо протилежний. Переданий сигнал дуже малої інтенсивності буде спотворюватися фоновим шумом. При дуже великій інтенсивності сигналу нелінійні ефекти, що мають місце в підсилювачах супутників, призведуть до сильних комбінаційних завад. Перехресні завади відбуваються при спробах збільшити пропускну здатність шляхом багаторазового використання частот. Перехресні завади обмежують застосування цієї практики, однак не зводять її нанівець. Смугу частот можна багаторазово використовувати в тому випадку, якщо є антени, які можуть випромінювати два поляризованих сигнали однакової частоти з ортогональними поляризаціями. Як і раніше, якщо інтенсивність сигналу занадто висока, то стає чималою й інтерференція.

Можливі дві форми FDMA:

✦ Множинний доступ з фіксованим розподілом – розподіл пропускну здатності супутникового каналу між безліччю станцій виконується заздалегідь. У результаті велика частина пропускну здатності не використовується, оскільки попит на частоти може змінитися в процесі зв'язку.

✦ Множинний доступ з розподілом за запитом – розподіл пропускну здатності серед безлічі станцій змінюється зі зміною попиту на частоти. Це дозволяє оптимально розподілити пропускну здатність супутника.

Прикладом системи з FDMA з розподілом за запитом є система SPADE [4.27], широко використовувана для роботи через супутники INTELSAT.

Множинний доступ з часовим поділом (TDMA). Нині перевагу віддають ущільненню з часовим поділом. Це відбувається з таких причин:

✦ переваги цифрових методів обробки, у тому числі можливість виправлення помилок;

✦ підвищена ефективність систем, обумовлена відсутністю комбінаційних завад.

Як і при частотному поділі, усі схеми часового поділу забезпечують множинний доступ. Кожний з повторюваних часових інтервалів є каналом і не залежить від інших каналів. Тому його можна використовувати будь-яким способом, на вибір передавальної станції. Можна, наприклад, організувати комутацію, помістивши в кожний часовий інтервал поле адреси. Тоді, хоча часові інтервали й залишаться закріпленими за станціями, у кожному спадному інтервалі кілька станцій зможуть очікувати дані, адресовані саме їм. За допомогою ще однієї схеми передавальна наземна станція може розділити свій часовий інтервал на підінтервали і, таким чином, відправляти дані на декілька підканалів в одному каналі TDMA.

Звичайна схема TDMA ефективніше традиційної схеми FDMA, тому що на захисні інтервали та керуючі біти TDMA витрачається менша пропускну здатність, ніж на захисні смуги FDMA.

TDMA із супутниковою комутацією. У більш високочастотних діапазонах частот (K_u і K) можна досягти більшої ефективності. При таких частотах промені, передані із супутника, можна досить точно сфокусувати, що дозволить передавати багато променів тої самої частоти в різні зони. Таким чином, супутник зможе обслуговувати досить багато зон, у кожній з яких може перебувати багато наземних станцій. Зв'язок між цими станціями в межах однієї зони здійснюється за звичайною схемою FDMA-TDMA. Більше того, можна організувати зв'язок між

станціями, що належать різним областям, якщо супутник має можливість перемикати часові інтервали з одного променя на інший. Цей метод відомий як TDMA із супутниковою комутацією.

4.7. Технології радіорелейного зв'язку

Сучасні радіорелейні лінії зв'язку застосовуються для передачі сигналів багатоканальній телефонії та телепередач на величезні відстані, до тисяч кілометрів. Для передачі такої інформації потрібна смуга частот 10...30 МГц і більш, яка може бути забезпечена тільки в діапазоні дециметрових і сантиметрових хвиль. Останнім часом, зважаючи на перевантаження цих діапазонів для вирішення проблеми електромагнітної сумісності різних радіотехнічних систем, на радіорелейних лініях використовують міліметрові хвилі [4.31, 4.32].

За пропускною спроможністю радіорелейні системи передачі (РРСП) можуть бути класифіковані таким чином:

⇒ магістральні системи великої ємності (600...2700 телефонних – ТФ – каналів або програма телебачення – ТБ) протяжністю 1400...2500 км;

⇒ зонові системи середньої ємності (60...300 ТФ каналів або програма ТБ) протяжністю до 600 км.

За способом організації сигналів багатоканальної телефонії РРСП розділяються на два типи: з частотним і тимчасовим розділенням каналів.

Відомо, що радіосигнали діапазонів дециметрових, сантиметрових і міліметрових хвиль можна ефективно передавати в межах прямої видимості, величина якої для гладкої сферичної поверхні Землі та стандартної рефракції радіохвиль розраховується за формулою

$$r_0 = 4,12(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}) \text{ км,}$$

де h_1, h_2 – висоти установки антен (у метрах).

За реальних умов при h_1, h_2 порядку 50...80 м величина цієї відстані становить $r_0 = 40...70$ км. Тому для зв'язку на великі відстані в земних умовах доводиться використовувати багатократну ретрансляцію радіосигналів, як зображено на рис. 4.26.

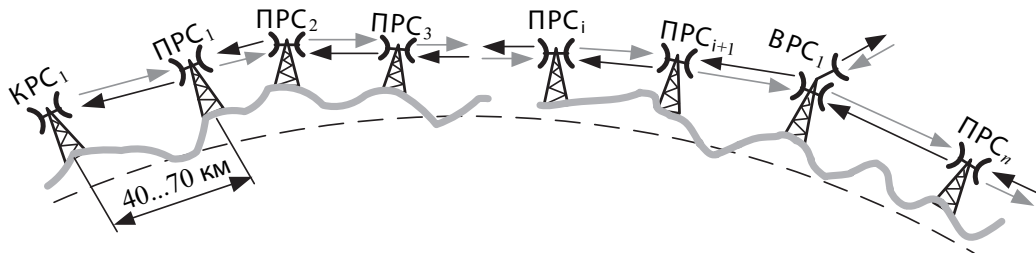


Рис. 4.26. Умвне зображення радіорелейної лінії прямої видимості

Протяжність прольотів R_0 між сусідніми станціями залежить від профілю рельєфу місцевості, висот закріплення антен, потужності передавача, розмірів антен та інших чинників. Зазвичай її вибирають близькою до відстані прямої видимості r_0 .

На РРЛ розрізняють радіорелейні станції трьох типів: крайні (КРС), проміжні (ПРС) та вузлові (ВРС).

На КРС проводиться перетворення повідомлень, що надходять по сполучних лініях від міжміських телефонних станцій, міжміських телевізійних апаратних і телецентрів, міжміських мовних апаратних, у радіосигнали за допомогою модуляції одного з параметрів (амплітуди, частоти, фази) високочастотного коливання передавача, а також зворотне перетворення модульованого радіосигналу, що надходить зі входу приймача. На КРС починається та закінчується лінійний тракт передачі сигналів.

За допомогою ВРС зазвичай вирішують завдання розгалуження та об'єднання потоків інформації, тому вони встановлюються на перетині двох РРЛ. На ВРС здійснюється введення та вивід телефонних, телевізійних і інших сигналів. Апаратура на КРС і ВРС містить модулятори і демодулятори, на цих станціях завжди є технічний персонал, який обслуговує не тільки ці станції, але і найближчі ПРС, використовуючи для цієї мети канали службового зв'язку, телеобслуговування і телекерування.

На ПРС здійснюється підсилення радіосигналу, який ослабляється в процесі поширення в межах одного інтервалу. Така компенсація необхідна для того, щоб накопичення теплових шумів у ТФ каналах, що пропорційне числу інтервалів, не приводило б до перевищення заданої величини, яка встановлюється Міжнародним союзом електрозв'язку (МСЕ).

На ПРС передбачається виділення телефонних сигналів, але може здійснюватися так зване паралельне виділення телепередач.

Для підвищення економічної ефективності, пропускнуєї спроможності та надійності РРЛ майже завжди будують багатоствольними. Кожен високочастотний (ВЧ) ствол є ланцюжком приймально-передавального устаткування і є, по суті, самостійною РРЛ. На кожній станції встановлюється стільки комплектів ВЧ устаткування, скільки стволів організовано на даній магістралі. Всі стволи працюють на різних частотах в загальному антенно-фідерного тракту. Антени на станціях працюють як на передачу, так і на прийом НВЧ сигналів.

Стволи магістральних і зонових РРЛ завжди універсальні, такі, що дозволяють передавати будь-яку інформацію. Телефонні стволи завжди дуплексні, тобто багатоканальна телефонія передається ними у двох зустрічних напрямках. Для здійснення телепередач в одному напрямі організують симплексний ствол, для чого потрібно удвічі менше устаткування.

Приймання і передача радіосигналів на кожній радіорелейній станції проводиться на різних частотах, щоб уникнути проникнення випромінювання з виходу передавача на вхід приймача. Отже, для передачі сигналів по одному радіостволу в одному напрямі зв'язку необхідно використовувати дві частоти. Для передачі сигналів по тому самому стволу в зворотному напрямі можуть бути використані або ті самі дві частоти (двочастотна система), або дві інші частоти (чотиричастотна система).

Приймально-передавальне устаткування на радіорелейних станціях працює на фіксованих частотах, які розміщені в межах спеціальних смуг, виділених МСЕ поблизу частот 2, 4, 6, 8 ГГц, а також на більш високих частотах.

На **рис. 4.27** наведено двочастотний план розподілу робочих частот для дуплексної восьмиствольної радіорелейної системи.

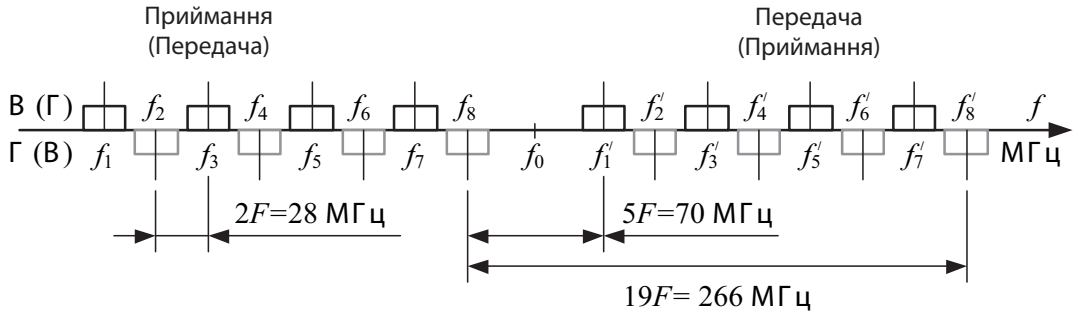


Рис. 4.27. План розподілу робочих частот для багатоствольної радіорелейної системи

Кожен ширококутовий ствол може використовуватися для організації передачі групового сигналу багатоканальної телефонії (до 1920 ТФ каналів) або для передачі кольорового телевізійного зображення із звуковим супроводом. Частоти в нижній і верхній частині діапазону рознесені на інтервали, кратні $F = 14$ МГц. План розрахований на проміжну частоту $f_{i0} = 5F = 70$ МГц. Рознесення між частотами прийому і передачі в одному стволі називається частотою зрушення $f_{\text{паа}} = 19F = 266$ МГц.

Зазвичай стволи з непарними номерами використовуються для магістральних ліній, а з парними номерами – для відгалужень від магістральних ліній. Для діапазону 4 ГГц центральна частота $f_0 = 3653,5$ МГц, а номінальні значення частот радіостволів в нижній і верхній частині діапазону визначаються таким чином:

$$(f_n)_i = f_0 - 259 + 28n; (f_n)_{\hat{a}} = f_0 + 7 + 28n, \text{ де } n = 1, 2, \dots, 8.$$

Окрім рознесення по частоті, додаткова розв'язка досягається завдяки різним типам поляризації — горизонтальній (Г) і вертикальній (В) (рис. 4.27).

Сучасні РРЛ цифрові та дозволяють організувати передачу цифрових потоків, сформованих за допомогою цифрових систем передачі різних рівнів ієрархії.

При асинхронному групоутворенні об'єднуються цифрові потоки зазвичай на підставі плезіохронної ієрархії – Plesiochronous Digital Hierarchy (PDH), тобто це потоки з однаковою номінальною швидкістю, проте миттєві значення швидкості передачі кожного потоку через нестабільність місцевих задаючих генераторів (ЗГ) можуть змінюватися в деяких межах.

Синхронні цифрові системи передачі – Synchronous Digital Hierarchy (SDH) застосовуються в тих регіонах, де всі цифрові системи передачі працюють від одного еталонного ЗГ. Ієрархія плезіохронних і синхронних цифрових систем передачі відповідає Рекомендаціям МСЕ.

Нижче приведено основні технічні характеристики двох типових радіорелейних систем з ЧРК і ТРК (табл. 4.16 і 4.17).

Приймально-передавальне устаткування цифрових РРЛ будується за тим самим принципом, що і устаткування аналогових РРЛ з частотним і тимчасовим розділенням каналів, проте для підвищення енергетичного потенціалу системи на передачі та прийманні включають підсилювачі НВЧ.

Спектральна ефективність цифрових радіорелейних систем передачі оцінюється швидкістю передачі інформації, що припадає на 1 Гц смуги. Наприклад, французька система FH270 при швидкості передачі інформації в одному стволі 140 Мбіт/с і ширині смуги по тракту проміжної частоти 40 МГц має ефективність 3,5 (біт/с)/Гц, що є хорошим показником.

Таблиця 4.16

Технічні характеристики радіорелейної системи КУРС-4

Параметри	Значення
Діапазон радіочастот, ГГц	3,4...3,9
Середня довжина хвилі, см	8,2
Максимальне число стволів	8
Пропускна спроможність: - ємність телефонного ствола - ємність телевізійного ствола	720 кан. ТЧ ЦТВ + 2 зв.
Потужність передавача на виході фільтра складання, Вт	0,5
Ефективна девіація, кГц	200
Шум-чинник приймача, дБ	9
Рівень сигналу на вході приймача, при якому відбувається включення замінного генератора, пВт	25
Відношення сигнал/шум у телефонному каналі, відповідного включенню замінного генератора, дБ	31,6
Ширина смуги пропускання трактом проміжної частоти (на рівні 0,5), МГц	40±2
Номинальний рівень сигналу на вході приймача, дБВт (мкВт)	-66 (0,22)
Смуга частот спектра групового сигналу, кГц	312...3340
Організація службового зв'язку	по ТФ стволу
Смуга частот, яка відведена для сигналів телеобслуговування, телекерування і службового зв'язку, кГц	0,3...51

Таблиця 4.17

Технічні характеристики цифрової радіорелейної системи FN270N-11 фірми Alcatel

Параметри	Значення
Смуга частот, ГГц	10,7...11,7
Середня довжина хвилі, см	2,7
Кількість стволів	11
Частотне рознесення між сусідніми стволами, МГц	40
Швидкість передачі цифрового потоку (ємність ствола), Мбіт/с (число ТФ каналів)	139,264 (1920)
Вид модуляції	16 КАМ
Проміжна частота приймально-передавальної апаратури, МГц	140
Вихідна потужність передавача, Вт	4
Коефіцієнт шуму приймача, дБ	5
Спосіб компенсації багатопромених завмирань	Часовий компенсатор проміжної частоти і система просторового рознесення з вибором максимального сигналу при мінімальних спотвореннях
Довжина інтервалу, км	50...100

4.8. Технології телефонних мереж загального користування

Телекомунікаційна мережа загального користування – телекомунікаційна мережа, доступ до якої відкрито для всіх споживачів [4.33].

Телефонна мережа загального користування (ТМЗК) – сукупність мереж фіксованого (з географічним та/або негеографічним планом нумерації) та рухомого (мобільного) зв'язку різних операторів, які становлять єдину мережу з єдиними системами та планом нумерації, системами сигналізації, алгоритмами та порядком взаємодії [4.34]. При цьому ТМЗК являє собою комплекс технічних засобів

та споруд електрозв'язку, поєднаних в єдиному технологічному процесі, для забезпечення потреб в послугах телефонного зв'язку всіх споживачів.

ТМЗК розроблялися та поширювалися у світі із основною метою – надання послуг телефонного зв'язку. У зв'язку з цим основу цих мереж складають комутація (з'єднання) та передача в реальному часі. ТМЗК використовуються в основному для телефонії (передача голосу на відстані) шляхом приєднання до цієї мережі відповідних терміналів (телефонів) у кінцевих точках. Як мережу її також можна використовувати для надання інших послуг (наприклад, для передачі факсів та/або даних) шляхом використання інших спеціалізованих кінцевих терміналів (факс-машин та модемів).

Основні принципи побудови ТМЗК

Сукупність пристроїв і споруд, за допомогою яких здійснюється телефонний зв'язок, утворюють телефонну мережу (ТМ). До складу ТМ входять:

- ⇒ комутаційні станції (вузли комутації);
- ⇒ лінійні споруди;
- ⇒ громадські споруди (будинки).

Розрізняють такі види телефонних мереж:

- ⇒ міські телефонні мережі (МТМ);
- ⇒ телефонні мережі сільського адміністративного району (ТМ САР);
- ⇒ відомчі телефонні мережі (ВТМ);
- ⇒ зонові телефонні мережі (ЗТМ);
- ⇒ міжміська телефонна мережа (ММТМ);
- ⇒ міжнародна телефонна мережа (МНТМ).

МТМ забезпечують телефонний зв'язок на території міста та його пригородів. ТМ САР забезпечують телефонний зв'язок у межах сільського адміністративного району для всіх його населених пунктів разом з райцентром. Ці мережі називають місцевими ТМ.

Міські телефонні мережі можуть бути нерайонованими, районованими та районованими з вузлуоттворенням [4.35]. Поступово в усіх великих містах топологія МТМ трансформується від вказаних структур до мережі на базі оптичного *транспортного кільця*.

Телефонні мережі сільських адміністративних районів будуються в межах адміністративних районів для всіх населених пунктів району з центром у райцентрі.

У райцентрі телефонна мережа будується аналогічно до МТМ. У невеликих РЦ зазвичай є лише одна АТС, яка є центральною станцією (ЦС). В інших населених пунктах (села, хутори тощо) зазвичай є кінцеві АТС (КС) невеликої ємності 50...1000 номерів. Через великі відстані між станціями сіл (кінцевих станцій) вони зв'язуються між собою через ЦС.

Якщо райцентр – велике місто, в якому є власна міська телефонна мережа з власними РАТС, то для зв'язку з кінцевими станціями використовується вузол сільсько-приміський (ВСП).

Міжміський зв'язок абонентів СР зорганізується через ЦС, яка виконує функції вузла з'єднувальних ліній міжміських та вузла замовно-з'єднувальних ліній. До кінцевих АТС міжміські зв'язки зорганізовуються в тих самих пучках, що й місцевий зв'язок.

Оскільки КС мають невеликі ємності, то пучки ЗЛ зазвичай є двобічними, тобто одним пучком зорганізується зв'язок від КС до ЦС та навпаки.

Телефонна мережа СР будується за радіально-вузловим принципом. Тому на мережі, крім ЦС та КС, є й вузлові станції (ВС). Поміж ВС та ЦС зорганізуються три пучки ЗЛ: два – для місцевого зв'язку й один – для вхідного міжміського зв'язку.

На ТМ САР використовується така нумерація абонентських ліній.

1. *Закрита нумерація.* На всій телефонній мережі використовується єдина п'ятизначна нумерація, всі абоненти, як в місті, використовують для виклику п'ятизначні номери. Використовується, якщо в усіх АТС є можливість приймати п'ятизначні номери. Тобто на мережі нема станцій АТСК-50/200.

2. *Відкрита нумерація з індексом виходу до ЦС.* На КС використовується тризначна нумерація для зв'язку в межах КС. Використовуються останні три цифри п'ятизначного номера. Для виклику абонента сусідньої АТС спочатку набирається індекс виходу на ЦС (0 чи 9), а потім – п'ятизначний номер абонента. Використовується для мереж великої ємності (понад 8 тисяч номерів).

3. *Відкрита нумерація без індексу виходу на ЦС.* У межах КС використовується тризначна нумерація. Для виходу до абонентів інших АТС набирається повний п'ятизначний номер. При цьому в усіх абонентів мережі перша цифра п'ятизначного номера є однаковою, наприклад 9. Треті цифри тризначного номера не повинні збігатися з цією цифрою. Використовується для невеликих мереж, якщо її ємність не перевищує 8 тисяч номерів.

Зонова телефонна мережа – це комплекс споруд, який забезпечує надання послуг телефонного зв'язку абонентам декількох місцевих ТМ. В Україні будь-яка з ЗТМ охоплює відповідну адміністративну область і тому забезпечує телефонний зв'язок між міськими та сільськими жителями однієї області. З точки зору телефонного зв'язку, така територія називається *телефонною зоною, або зоною нумерації*. У кожній зоні використовується єдина семизначна нумерація, яка дозволяє мати максимальну ємність зони до 8 млн абонентів. Таким чином, зонова телефонна мережа складається з місцевих мереж однієї зони.

У зоні розміщується одна (або більше) *автоматична міжміська телефонна станція* (АМТС). Усі місцеві телефонні мережі сполучаються з головною АМТС прямими пучками ліній та можуть сполучатися також і з додатковими АМТС. Організація зв'язку ТМ САР з АМТС здійснюється через *центральну станцію* (ЦС) або через утворювані для групи місцевих мереж зонові вузли (ЗВ). При цьому на ТМ САР *кінцеві станції* (КС) вмикаються безпосередньо до ЦС прямими пучками ліній або через *вузлові станції* (ВС).

АМТС, ЗВ і пучки ліній, що з'єднують їх між собою і з місцевими мережами, утворюють *внутрішньозонову телефонну мережу*. Пучки каналів міжміського зв'язку не входять до внутрішньозонової мережі – вони є частиною міжміської телефонної мережі.

Таким чином, зонова телефонна мережа складається з місцевих мереж однієї зони (рис. 4.28).

Вихід за межі ЗТМ можливий лише через АМТС. Абоненти ЗТМ мають можливість повноавтоматичного зонового та місцевого телефонного зв'язку.

Міжміська телефонна мережа України має дворівневу структуру з центром у м. Києві (рис. 4.29) з використанням кінцево-транзитних станцій (КТС): першого КТС-1 (м. Київ) та другого КТС-2 класів (міста Одеса, Львів, Дніпропетровськ, Харків, Хмельницький). Сукупність АМТС усіх зон, пучків міжміських каналів, що зв'язують їх між собою, утворюють міжміську телефонну мережу. ММТМ забезпечує телефонний зв'язок абонентів усіх зон.

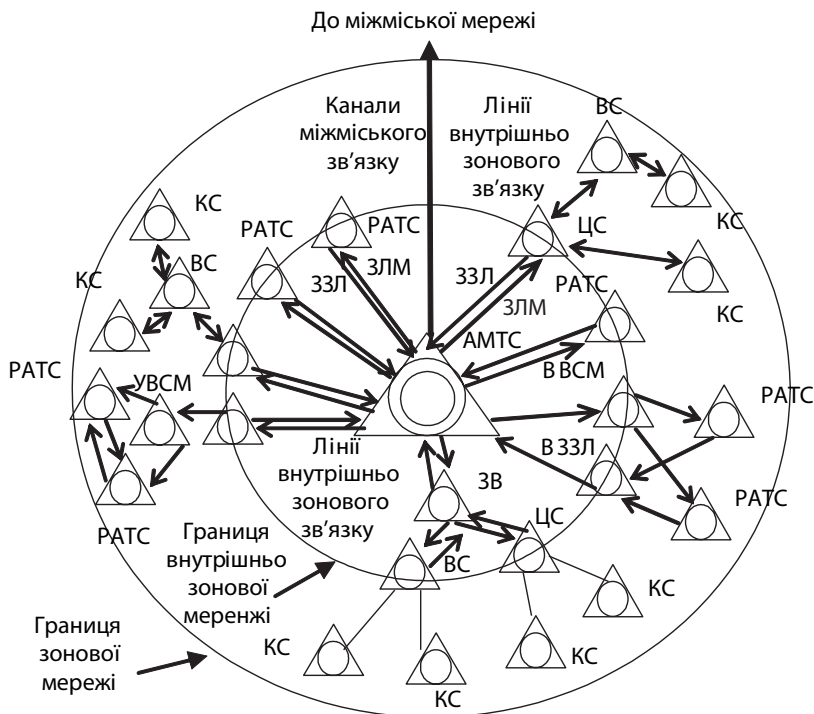


Рис. 4.28. Принципи побудови зонові мережі

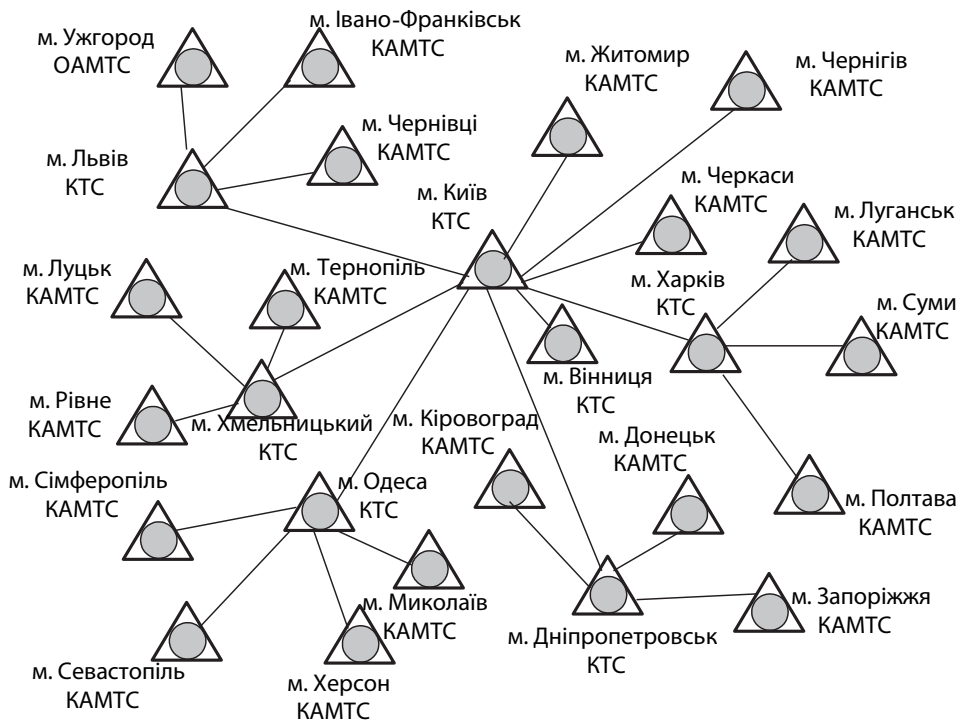


Рис. 4.29. Структура міжміської мережі України

Кожній зоні телефонної нумерації привласнено свій код, який називається міжміським кодом. В Україні коди зон – двозначні й позначаються **BC**. Місцеві мережі на території зони теж мають свої внутрішньозонові коди. Ці коди – двозначні, оскільки кількість місцевих мереж у зоні не перевищує декількох десятків. Позначаються малими буквами – **ав**.

Для встановлювання міжміського зв'язку між абонентами різних зон абонент набирає 10 цифр: 0-BC-ab-xxxxx, де 0 – індекс виходу на АМТС; BC – двозначний код викликуваної зони; ab-xxxxx – семизначний зоновий номер абонента, який складається з двозначного коду (ab), привласненого 100-тисячній абонентській групі виділеної МТМ чи сільського району, і п'ятизначного номера викликуваного абонента. Після його набирання абонент одержує сигнал «Відповідь» від АМТС.

Міжміські коди BC привласнюються зонам відповідно до плану нумерації та з фактичної потреби. Як B та C – будь-які цифри.

Для внутрішньозонового встановлення з'єднання між абонентами різних місцевих мереж однієї зони абонент, котрий викликає, набирає 9 цифр: 0-2ab-xxxxx, де цифра 2 – спрямовуючий індекс внутрішньозонового зв'язку.

Повний міжнародний номер при виклику абонента України з-за кордону має 12 знаків: +380-BC-ав-xxxxx.

У межах України створено єдину національну телефонну мережу України.

Сигналізація в ТМЗК

Обслуговування викликів абонентів ТМЗК відбувається за складними алгоритмами, реалізація яких неможлива без обміну спеціальними сигналами між комутаційними вузлами і станціями мережі. Сукупність службових сигналів, які в ТМЗК забезпечують установаження, контроль і руйнування з'єднань, утворюють *систему сигналізації*. Сигналізація забезпечує можливість передавання службової інформації всередині мережі між станціями, а також між абонентами і мережею. Сигналізація підтримує взаємодію комутаційних вузлів і станцій мережі для забезпечення функцій обслуговування абонентів.

Існуючі системи сигналізації (простий механізм передавання службової інформації) поступово замінюються сучасними протоколами передавання даних, які забезпечують ефективно та надійно передавання службової інформації між комутаційними вузлами і станціями мережі.

Міжстанційна сигнальна інформація в ТМЗК передається такими способами:

➤ безпосередньо в телефонному каналі. Сигнали можуть передаватися постійним током, токами тональної частоти, індуктивними імпульсами;

➤ у виділеному сигнальному каналі (ВСК). Забезпечується виділення індивідуального каналу для кожного розмовного каналу спільного для всіх тракту передавання інформації. Наприклад, 16-й часовий канал у тракті ІКМ; виділений частотний канал у розмовному спектрі каналу ТЧ однією (звичайно 2600 Гц) чи двома частотами (напр., 1200 і 1600 Гц); виділений частотний канал поза розмовним спектром каналу ТЧ на частоті 3825 Гц;

➤ у спільному каналі сигналізації (СКС). Окремий тракт передавання даних сигналізації надається для великого пучка телефонних каналів за принципом адресно-групового використання, де сигнали сигналізації кожного телефонного з'єднання мережі передаються відповідно до своїх адрес, але розміщуються в спільному сигнальному тракту.

Кожен із способів передавання сигнальної інформації своєю появою пов'язаний із розробкою для ТМЗК певного комутаційного обладнання, тому що часто паралельно розроблялася і специфічна для нього сигналізація (наприклад, декадний код для декадно-крокових АТС, багаточастотний код «два з шести» для координатних АТСК, полярно-числовий – для станцій типу К-100/2000, часовий – для К-50/200). Перший спосіб найбільш пов'язаний з декадно-кроковими АТС, другий – з координатними АТС.

Системи сигналізації, що використовують перші два способи передавання сигнальної інформації, мають обмежені можливості передавання сигналізації. Наприклад, обмежений обсяг сигнальної інформації – обмежена кількість станів шлейфа постійного току або комбінацій частот. Також неможливо без спеціальних заходів передати сигнали на частоті розмовного спектра на стадії розмови без того, щоб не заважати абонентові. Для міжнародного зв'язку необхідно відділити розмовний тракт на час встановлення з'єднання для того, щоб не прослуховувалися тональні сигнали абонентом. Це призводить до затримок у передаванні сигналу «Відповідь», і якщо говорити відразу після відповіді, то початку його фразу не чути. Усе це спонукало до створення третього способу сигналізації – в спільному каналі сигналізації, де відділено тракт сигналізації від розмовного тракту [4.36].

Для будь-якого способу передавання сигнальної інформації можна виділити такі групи сигналів [4.37]:

- ❖ акустичні (інформаційні);
- ❖ лінійні;
- ❖ керівні.

Акустичні сигнали призначені для інформування абонентів про стан з'єднання. Це різноманітні тональні сигнали і записані стандартні фрази «автоінформатора» («номер набрано неправильно», «номер не задіяно», «номер змінено», «номер вимкнено», «апарат вимкнено абонентом», «очікуйте», «викликайте телефоністку» тощо), а також сигнал посилання виклику з параметрами: частота (25 ± 2) Гц, напруга (95 ± 5) В, тривалість посліжки ($1 \pm 0,1$) с і паузи ($4 \pm 0,4$) с для місцевого і відповідно ($1,2 \pm 0,12$) с та ($2 \pm 0,2$) с для вхідного міжміського зв'язку. Вся номенклатура тональних сигналів можлива на програмно-керованих станціях, але реалізується дуже рідко. Більшість станцій ТМЗК передбачають лише обов'язкові сигнали: «готовність (відповідь) станції», «зайнято» і «контроль посилання виклику». Вимоги до параметрів тональних сигналів досі регламентує застарілий керівний документ (ГОСТ 29384-89), що передбачає, зокрема, надмірні припустимі відхилення їх частот (± 25 Гц для частоти 425 Гц, ± 50 Гц для частот 950, 1400 і 1800 Гц). На аналогових АТС часом не витримуються і нормативні відхилення, тому, наприклад, при виході в мережу Internet модеми не завжди безпомилково розрізняють тональні сигнали.

Рівень передавання тональних сигналів в аналогових стиках Z з абонентськими (АЛ) і С зі з'єднувальними лініями (ЗЛ) цифрової станції має становити (-10 ± 5) дБм, за винятком сигналів «сповіщення» й «попередження», для яких припускаються відповідно (-15 ± 50) дБм та (-2 ± 2) дБм. Рівень передавання в цифрових стиках із ЗЛ А, А1: 0 ± 1 дБ. Коефіцієнт нелінійних спотворень кожної з частот не повинен перевищувати 5 %, а нестабільність частот усіх тональних сигналів повинна бути не більшою за $\pm 0,5$ %.

До тональних сигналів належать:

- ⊕ *готовність станції* – неперервне посилання частоти 425 Гц;
- ⊕ *контроль посилання виклику* – періодичне посилання частоти 425 Гц, посліжка і пауза відповідно ($1 \pm 0,1$) с і ($4 \pm 0,4$) с для місцевого та ($1,2 \pm 0,12$) с і ($2 \pm 0,2$) с для міжміського зв'язку;

⇒ *зайнято* – періодичне посилення частоти 425 Гц, послітка і пауза 0,3...0,4 с;
⇒ *зайнято через перевантаження* – періодичне посилення 425 Гц, послітка і пауза 0,15...0,2 с;

⇒ *тональний виклик* – періодичне посилення трьох частот з діапазону 400...700 Гц (послідовно перша, друга і третя частоти загалом протягом $(1 \pm 0,1)$ с з паузою $(4 \pm 0,4)$ с;

⇒ *вказівний сигнал* – періодичне посилення одночасно частот 950, 1400 і 1800 Гц, посилення і пауза відповідно $(0,33 \pm 0,07)$ с і $(1 \pm 0,25)$ с (сигнал інформує абонента про неможливість установлення з'єднання через стабільну причину, наприклад, вимкнення викликуваної АЛ);

⇒ *очікування* – сигнал інформує абонента про потребу почекати при міжміському зв'язку або при послуді встановлення виклику на очікування і має параметри такі самі, як у вказівного сигналу;

⇒ *сповіщення* – періодичне посилення 425 Гц, послітка $(0,2 \pm 0,02)$ с, пауза $(5 \pm 0,05)$ с у послуді встановлення виклику на очікування для інформування абонента про надходження нового виклику;

⇒ *неповне зібрання* – разове посилення частоти 425 Гц протягом $(0,65 \pm 0,35)$ с для відповідного інформування учасників конференц-зв'язку;

⇒ *вимкнення учасника конференц-зв'язку* – сигнал з такими самими параметрами, що й попередній;

⇒ *втручання* – періодичне посилення частоти 425 Гц з посліткою й непарною паузою $(0,25 \pm 0,025)$ с і з парною паузою $(1,25 \pm 0,3)$ с для інформування абонента про увімкнення до з'єднання телефоністки чи привілейованого абонента відомчої АТС (ВАТС);

⇒ *закінчення сплаченого періоду* – сигнал передається у лінію таксофона за (20 ± 2) с до кінця цього періоду у вигляді двох чи трьох посліток 1400 Гц по $(1 \pm 0,1)$ с з такою самою паузою;

⇒ *готовність до приймання інформації* – запрошення замовляти додаткову послуду, сигнал 425 Гц, непарні послітки і паузи $(0,25 \pm 0,025)$ с, парні $(0,75 \pm 0,075)$ с – цей сигнал, як правило, замінюють сигналом «готовність станції».

Лінійні сигнали передаються по ЗЛ, замовно-з'єднувальних лініях (ЗЗЛ), міжміських ЗЛ (ЗЛМ) та міжміських каналах і призначені для фіксування й активування основних етапів з'єднання (вихідний стан, відповідь, зайняття тощо). У прямому напрямку передаються сигнали: *зайняття, роз'єднання, відбій абонента А* (тільки по ЗЛ і ЗЗЛ), *автоматичний виклик* (тільки по ЗЛМ), *повторний виклик* (тільки по ЗЛМ і міжміських каналах). Сигнали зворотного напрямку з'єднання такі: *контроль вихідного стану, блокування, звільнення, зайнято, абонент вільний* (тільки по ЗЛМ), *відповідь абонента Б, відбій абонента Б, запит автоматичного визначення номера АВН* (тільки по ЗЛ і ЗЗЛ), *зняття запиту АВН* (тільки по ЗЛ і ЗЗЛ).

На аналогових станціях лінійні сигнали передаються й приймаються комплектами РЗЛ, на цифрових – кінцевим обладнанням лінійних трактів або виділеними блоками лінійної сигналізації АТС, до яких відповідні сигнальні канали зовнішніх трактів напівпостійно промикаються цифровим комутаційним полем (ЦКП) станції.

Лінійні сигнали передаються також і по ААЛ шляхом замикання чи розмикання шлейфа – від викликаючого абонента *зайняття і відбій*, від викликуваного – *відповідь і відбій*.

Керівні сигнали призначені для перенесення адресної і супутньої інформації у процесі керування встановленням з'єднання. Вони передаються від абонентських

терміналів у керувальні пристрої станції та між керувальними пристроями різних станцій. По АЛ передаються тільки набрані цифри номера абонента Б та, у разі двотонкової багаточастотної сигналізації DTMF (Dual-Tone Multi-Frequency), додаткові сигнали, відповідні кнопкам #, *. Склад сигналів по ЗЛ, ЗЗЛ, ЗЛМ та міжміських каналах залежить від способу сигналізації, який цілком визначається типами обладнання взаємодіючих станцій. Загалом у прямому напрямку передаються: номер абонента Б, дані АВН (по ЗЛ, ЗЗЛ), підтвердження чи перезачит сигналів зворотного напрямку, а по міжміських каналах ще й сигнал кінця набору, категорія пріоритетності виклику і сигнал увімкнення лунопригнічувачів. У зворотному напрямку передаються запити і перезачити адресної інформації, підтвердження приймання, сигнал зайнятості абонента Б, сигнал завершення встановлення з'єднання.

Абонентська сигналізація на ТМЗК забезпечує:

⇒ передавання абонентським терміналом по ААЛ і розпізнавання станцією керівних сигналів (запиту з'єднання, відбою, адресної інформації, замовлення та скасування додаткових послуг);

⇒ передавання станцією у викликуванні ААЛ сигналів виклику;

⇒ передавання викликаючому і викликаному абонентам на різних етапах встановлення з'єднання відповідних тональних акустичних сигналів.

По цифрових АЛ (ЦАЛ) ISDN передбачається сигнальний обмін каналами D за допомогою абонентської цифрової системи сигналізації DSS1.

По ААЛ адресна інформація передається шлейфовими або двотоновими багаточастотними імпульсами (DTMF).

При шлейфовому передаванні номера передбачаються полярність живлення ААЛ плюс на проводі «а», мінус на проводі «b» і припустимі тривалості розмикання шлейфа 20...95 мс, замикання шлейфа 20...65 мс, а міжсерійний інтервал – 120...500 мс. Розмикання й замикання шлейфа на час, менший за 20 мс, сприймається станцією як завади, розмикання на час понад 500 мс – як відбій.

При тональному наборі номера кодом DTMF він передається від номеронабирача частотами 697, 770, 852 і 941 Гц у верхній групі та 1209, 1336, 1477 і 1633 Гц – у нижній при стабільності частот $\pm 1,5\%$, рівні частоти нижньої групи (-6 ± 2) дБ і частоти верхньої групи (-3 ± 2) дБ, причому рівень частоти верхньої групи у двочастотному сигналі має бути на (2 ± 1) дБ більшим за рівень частоти нижньої групи. Тривалість сигналу повинна становити (70 ± 5) мс без часу наростання, а пауза між послідовними має бути не меншою 65 мс. Одночасно з передаванням адресної інформації припускається дія заважаючих факторів: сигналу «відповідь станції» (425 ± 25) Гц з рівнем до -5 дБ (тільки протягом приймання першої цифри) та завад у смузі $(460...3400)$ Гц із сумарним рівнем, принаймні на 20 дБ нижчим рівня сигнальної частоти нижньої групи.

Комбінації коду DTMF подано в *табл. 4.18*.

Таблиця 4.18

Відповідність тонального набору комбінаціям частот

Нижня група частот, Гц	Верхня група частот, Гц			
	1209	1336	1477	1633
697	1	2	3	A
770	4	5	6	B
852	7	8	9	C
941	*	0	#	D

Цифрова сигналізація. На цифрових станціях ТМЗК для напрямків зв'язку з іншими цифровими АТС та АМТС, в яких неможливо або недоцільно з економічних міркувань застосовувати СКС № 7 або сигналізацію DSS1, рекомендується передбачати взаємодію за допомогою системи сигналізації R2D.

Абонентська сигналізація DSS1 використовується між цифровими станціями. Для обміну інформацією використовується канал D, як у первинному доступі $30B+D_{64}$, так і в базовому доступі $2B+D_{16}$. Уся інформація передається каналом D у складі пакетів (кадрів). За відсутності інформації передаються не порожні пакети, а стала послідовність одиниць, яка потрібна для організації безконфліктного доступу до каналу D за багатотермінального підімкнення. Один пакет може складатися зі 128 байтів і розпочинається й завершується прапорцем типу 01111110.

Цифрова багаточастотна сигналізація R2D використовується для напрямків зв'язку між цифровими АТС. У цій сигналізації використовуються частоти для різних напрямків зв'язку: для прямого – 1380, 1500, 1620, 1740, 1860 і 1980 Гц; для зворотного – 1140, 1020, 900, 780, 660 і 540 Гц. Кожен сигнал передається двома частотами: цифра 1 – частотами 1300 та 1500 Гц, цифра 2 – 1300 та 1620 Гц. При цьому використовуються дві групи сигналів, у кожній з яких є 15 комбінацій. Друга група частот використовується переважно для передавання категорій абонентів.

Спільноканальна сигналізація СКС № 7 використовується для обміну керувальними сигналами між цифровими АТС. Для передавання зазвичай використовується два канали по 64 кбіт/с, один – для резервування. Кожна інформація передається сигнальними одиницями у вигляді пакетів. Для сигналізації СКС № 7 використовуються окремі мережі сигналізації. Вузли мережі зв'язку, що використовують СКС № 7, називаються пунктами сигналізації *SP (Signaling Point)*. Розрізняють прикінцеві *SEP (Signaling End Point)* і транзитні пункти *STP (Signaling Transfer Point)*. Двобічний тракт передавання сигнальних повідомлень називають ланкою сигналізації *SL (Signaling Link)*. Ці ланки зорганізуються на базі стандартних цифрових каналів 64 кбіт/с. Для забезпечення надійності й живучості мережі СКС № 7 ланки сигналізації повинні резервуватися за принципом $n + 1$. Основні та резервна ланки мають зорганізуватися в різних середовищах передавання (або, принаймні, в різних трактах) і працювати з розподіленням навантаження. Пункти сигналізації, безпосередньо з'єднані пучком ланок сигналізації, називаються суміжними. Підсистеми користувачів є джерелами й приймачами сигнальних повідомлень. Пункти сигналізації, для яких є можливий зв'язок між функціями підсистем користувачів, вважаються за такі, котрі мають сигнальний взаємозв'язок (чи сигнальне відношення – *signaling relation*). Залежність між сигнальним взаємозв'язком і маршрутом сигналізації встановлює режим сигналізації.

Пункти сигналізації можуть працювати у з'єднаному, нез'єднаному та квазіз'єднаному режимах. У з'єднаному режимі для кожного сигнального взаємозв'язку існує лише один маршрут сигналізації, тому топологічна структура мережі СКС № 7 цілком визначається тим самим маршрутом, що й корисне навантаження. У нез'єднаному режимі маршрут передавання обирається окремо для кожного сигнального повідомлення. У квазіз'єднаному режимі, що є окремим випадком нез'єданого, поміж двома SP існує кілька можливих маршрутів сигналізації, але вони є заздалегідь окресленими й фіксованими.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 4.1. Стеклов В.К. Транспортные сети и системы электросвязи. Системы мультиплексирования: учебник для студ. вузов по спец. «Телекоммуникации» / Стеклов В.К. – К.: «Віпол», 2003. – 352 с.
- 4.2. Меккель А.М. Оптическая транспортная сеть и NGN [Электронный ресурс] / А.М. Меккель. – Lightwave Russian Edition. – 2006. – № 2. – С. 18–23. – Режим доступа: <http://www.Lightwave-Russia.com/Magazines/12/18-23.pdf>.
- 4.3. Ивашкин И. Применение технологии SDH на сетях операторов мобильной связи [Электронный ресурс] / И. Ивашкин. – Mobile. – 2002. – № 3. – с. 68. – Режим доступа: <http://www.netdialogue.com/files/articles/1800/SDH.pdf>.
- 4.4. Нурмиев М.Х. Опыт построения транспортных сетей операторов мобильной связи [Электронный ресурс] / М.Х. Нурмиев. – Материалы 4-й междунар. конф. «Мобильная связь в России. Тенденции и перспективы развития». – М.: 2003. – Режим доступа: <http://www.netdialogue.com/files/articles/1865/Mobile.Moscow.03.2003.final.ppt>.
- 4.5. Multiprotocol Label Switching Architecture: RFC 3031. – 2001. – [Чинний від 2001.01.01] – Internet Engineering Task Forces (IETF) – 61 с. – (Міжнародний стандарт).
- 4.6. Internet Engineering Task Forces (IETF) – BGP/MPLS VPNs: RFC 2547. – 1999. – [Чинний від 1999.03.01] – 25 с. – (Міжнародний стандарт).
- 4.7. Internet Engineering Task Forces (IETF) – LDP Specification: RFC5036 – [Чинний від 2007.10.01] – 135 с. – (Міжнародний стандарт).
- 4.8. Generalized Multi-Protocol Label Switching (GMPLS) – Architecture: RFC 3945 – [Чинний від 2004.10.01] – Internet Engineering Task Forces (IETF) – 69 с. – (Міжнародний стандарт).
- 4.9. IEEE Standard for Local and metropolitan area networks – Virtual Bridged Local Area Networks. Amendment 10: Provider Backbone Bridge Traffic Engineering: IEEE Std 802.1 Qay – 2009 – [Чинний від 2009.08.05] – IEEE Computer Society, 2009 – 131 с. – (Міжнародний стандарт).
- 4.10. SERIES G: TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA, DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS, Transmission media and optical systems characteristics – Characteristics of optical systems. Spectral grids for WDM applications: DWDM frequency grid: Recommendation ITU-T G.694.1 – [Чинний від 2012.02.01] – TELECOMMUNICATION STANDARDIZATION SECTOR OF ITU – 16 с. – (Міжнародний стандарт).
- 4.11. IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements Part 3: Carrier sense multiple access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications: IEEE Std 802.3-2008. – [Чинний від 2008.12.26] – IEEE Computer Society, 2008. – 597 с. – (Міжнародний стандарт).
- 4.12. Series G: Transmission systems and media, digital systems and networks. Digital terminal equipments – General. Series Y: Global information infrastructure, internet protocol aspects and next-generation networks. Internet protocol aspects – Transport. Network node interface for the synchronous digital hierarchy (SDH): ITU-T Recommendation G.707/Y.1322 – [Чинний від 2012.02.01] – Telecommunication standardization sector of ITU – 188 с. – (Міжнародний стандарт).
- 4.13. Series J: Cable networks and transmission of television, sound programme and other multimedia signals. Interactive systems for digital television distribution. Second-generation transmission systems for interactive cable television services – IP cable modems: Recommendation ITU-T J.122. – [Чинний від 2007.12.01] – Telecommunication standardization sector of ITU, 2007. – 506 с. – (Міжнародний стандарт).

4.14. Series G: Transmission systems and media, digital systems and networks. Digital transmission systems – Digital sections and digital line system – Access networks. Asymmetric digital subscriber line (ADSL) transceivers: ITU-T Recommendation G.992.1 – [Чинний від 1999.06.01] – Telecommunication standardization sector of ITU, 1999. – 242 с. – (Міжнародний стандарт).

4.15. Series G: Transmission systems and media, digital systems and networks. Digital sections and digital line system – Access networks. Single-pair high-speed digital subscriber line (SHDSL) transceivers: ITU-T Recommendation G.991.2. – [Чинний від 2005.02.01] – Telecommunication standardization sector of ITU, 2005. – 34 с. – (Міжнародний стандарт).

4.16. Series G: Transmission systems and media, digital systems and networks. Digital sections and digital line system – Access networks. Very high speed digital subscriber line transceivers: ITU-T Recommendation G.993.1 – [Чинний від 2004.06.01] – Telecommunication standardization sector of ITU, 2004. – 220 с. – (Міжнародний стандарт).

4.17. IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements Part 3: Carrier sense multiple access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications: IEEE Std 802.3-2008. – [Чинний від 2008.12.26] – IEEE Computer Society, 2008. – 597 с. – (Міжнародний стандарт).

4.18. IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements. Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications: IEEE Std 802.11 – 2007. – [Чинний від 2007.06.12] – IEEE Computer Society, 2007. – 1184 с. – (Міжнародний стандарт).

4.19. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение / Скляр Б.; пер. с англ. [2-е изд., испр.]. – М.: Вильямс, 2003. – 1104 с.

4.20. Operator Viewpoint: Spectrum Management for IMT 2G/3G/4G Networks (Telefonica presentation). [Електронний ресурс]. – 2012.05.28. – Режим доступу. – http://www.gsacom.com/downloads/pdf/UL_IMT-%20Spectrum_Moscow_March_2012.php4.

4.21. WiMAX™, HSPA+, and LTE: A Comparative Analysis. [Електронний ресурс]. – 2000.11. – Режим доступу: http://www.gsacom.com/downloads/pdf/UL_IMT%20Spectrum_MoscowMarch_2012.php4.

4.22. Шахнович И.В. Современные технологии беспроводной связи / Шахнович И.В. [изд. 2-е, испр. и доп.] – М.: Техносфера, 2006. – 288 с.

4.23. Овчинников А.М. Открытые стандарты цифровой транкинговой радиосвязи / Овчинников А.М., Воробьев С.В., Сергеев С.И. – М.: Связь и бизнес, 2000. – 166 с.

4.24. Соколов А.В., Андрианов В.И. Альтернатива сотовой связи: транкинговые системы / А.В. Соколов, В.И. Андрианов. – СПб.: БХВ-Петербург, Арлит, 2002. – 448 с.

4.25. Л.Я. Кантор. Справочник по спутниковой связи и вещанию / Л.Я. Кантор. – М.: Радио и связь, 1997. – 528 с.

4.26. Системы спутниковой связи: учебн. пособие для вузов / [А.М. Бонч-Бруевич, В.Л. Быков, Л.Я. Кантор и др. Под ред. Л.Я.Кантора]. – М.: Радио и связь, 1992. – 224 с.

4.27. Банкет В.Л., Дорофеев В.М. Цифровые методы в спутниковой связи / В.Л. Банкет, В.М. Дорофеев. – М.: Радио и связь, 1988. – 240 с.

4.28. ETSI EN 300 421 Digital Video Broadcasting (DVB) – Framing structure, channel coding and modulation for 11/12 GHz satellite services. – (Міжнародний стандарт).

4.29. ETSI EN 302 307 Digital Video Broadcasting (DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications. – (Міжнародний стандарт).

4.30. Організація цифрового мовлення другого покоління на базі технологій супутникових телекомунікацій / [А.М. Мельник, В.А. Голощапов, О.В. Півнюк, О.М. Богданов] – М.: Зв'язок, 2008. – № 5–6.

4.31. Системи електровз'язку: підруч. для вузів і фак. зв'язку: у 2 т. – Т. 2: Системи радіо-, телевізійного мовлення та документального електровз'язку / М.В. Захарченко, В.К. Стеклов, С.М. Скляренко та ін., за ред. М.В. Захарченко – К.: Техніка, 1998. – 288 с., рос.

4.32. Справочник по радиорелейной связи / Каменский Н.Н., Модель А.М., Надененко Б.С. и др., под ред. С.В. Бородича. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1981. – 416 с.

4.33. Закон України «Про телекомунікації»: за станом на 01.08.2013, [Електронний ресурс] / Відомості Верховної Ради України (ВВР). – 2004. – № 12, ст. 155. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1280-15>.

4.34. Наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 23 листопада 2006 р. № 1105 – «Національний план нумерації України», за станом на 01.08.2013, [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://search.ligazakon.ua/1_doc2.nsf/link1/RE13158.html.

4.35. Сети и системы телекоммуникаций / [Захарченко Н.В., Гайворонская Г.С., Никитюк Л.А. и др.]. – К.: Техника, 2000. – 304 с.

4.36. Гольдштейн Б.С. Сигнализация в сетях связи / Б.С. Гольдштейн. – М.: Радио и связь, 1997. – 423 с.

4.37. Сигналізація й синхронізація в телекомунікаційних системах / [Борщ В.І., Коршун Є.І., Туманов Ю.Г., Чумак М.О.]. – К.: Наукова думка, 2004. – 128 с.

УСТАТКУВАННЯ СУЧАСНИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ

Розділ 5

5.1. Електричні кабелі зв'язку

На мережах зв'язку багатьох країн світу широкого використання набувають електричні й оптичні напрямні системи. Проводовими НСЗ, у першу чергу, є кабелі. Нині нові транспортні мережі зв'язку багатьох країн будуються на базі волоконно-оптичних кабелів. Прокладені раніше електричні (проводові) кабелі зв'язку і тепер експлуатують. На мережах абонентського доступу ці кабелі ще і досить широко застосовуються. Тому в цьому розділі розглядаються конструкції та основні параметри передачі електричних кабелів, які найчастіше використовуються у мережах зв'язку.

Коаксіальні кабелі

Коаксіальні кабелі зв'язку класифікуються за такими типами: великі, середні, малогабаритні, мікрокоаксіальні, підводні та радіочастотні [5.1, 5.2]. Нині на території України та близького зарубіжжя найбільше застосування на кабельних магістралях різних відомств та міністерств (зв'язку, залізничного транспорту, паливно-енергетичного комплексу, силових структур, оборони та ін.) мають кабелі середнього (діаметр внутрішнього та внутрішній діаметр зовнішнього провідників коаксіальної пари 2,6/9,4 мм) та малогабаритного (1,2/4,6) типів. У деяких випадках використовуються комбіновані конструкції кабелів, що складаються з 4, 6, 8 коаксіальних пар середнього типу і 4, 6 малогабаритних пар. Середні коаксіальні пари призначені для організації багатоканального зв'язку і телебачення на великій відстані між кінцевими пунктами і великими вузлами зв'язку, а по малогабаритним парам організуються кабельні магістралі обмеженої протяжності, рокадні лінії між магістралями, пристрої глибоких уводів радіорелейних ліній та забезпечення обласних зв'язків [5.1].

Великі коаксіальні кабелі. Вони являють собою, як правило, одну пару великого розміру з діаметрами жил (7/27, 11/40 та ін.). Вони використовуються на двокабельних системах та призначені для організації великої кількості каналів на головних напрямках зв'язку. Такі кабелі передбачено використовувати для систем передачі на 50000 або 100000 телефонних каналів в діапазоні (300 і 600) МГц відповідно.

Середній (стандартизований) коаксіальний кабель. Наприклад, кабель марки КМБ-4 типу 2,6/9,4 [5.1, 5.2] містить чотири коаксіальні пари та п'ять симетричних четвірок (рис. 5.1). Конструкції кабелів, геометричні розміри їх елементів та параметри передачі приведені в [5.1, 5.2].

У чотирьохкоаксіальному кабелі перші дві діаметрально розташовані коаксіальні пари передбачено для багатоканального телефонного зв'язку, а другі дві пари – для телебачення. Парами, призначеними для багатоканального зв'язку, організуються 1920 каналів у спектрі (312...8500) кГц або 3600 каналів у спектрі до

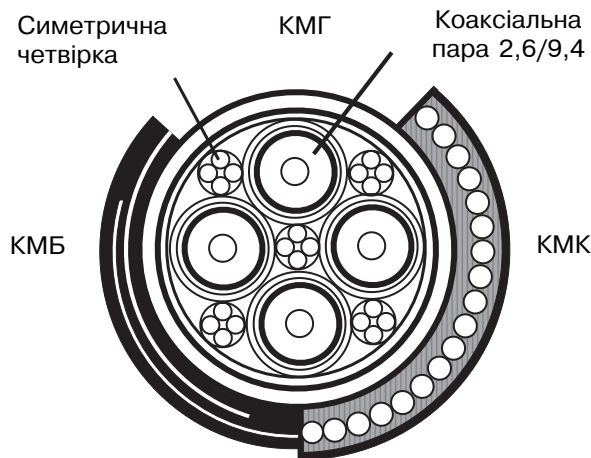


Рис. 5.1. Коаксіальний кабель КМ-4

белів МКТП-4, МКТСБ і МКТАБ-4 відповідно (24, 29, 34) мм, маси (748, 2180 і 1705) кг/км [5.1, 5.2].

Перевагою цих кабелів є простота конструкції, дешевизна і технологічність їх виготовлення.

На рис. 5.2 показано малогабаритний кабель типу МКТП-4. Конструкції кабелів, геометричні розміри їх елементів та параметри передачі приведені в [5.1, 5.2]: будівельна довжина – 500 м; розривна міцність кабелю – не менше 1260 Н; хвильовий опір кабелю – 75 Ом; коефіцієнт відбиття внутрішніх неоднорідностей – $(3...5) \cdot 10^{-3}$; коефіцієнт загасання на частоті 1 МГц дорівнює 5,33 дБ/км. Перехідне загасання на ближньому та дальньому кінцях будівельної довжини на частоті 60 кГц – не менше 104 дБ.

Однокоаксіальний кабель ВКП-1 типу 2,1/9,7. Кабель ВКП-1×1,2/9,7 призначений для організації обласного зв'язку. Кабель ущільнюється в діапазоні до 1,3 МГц апаратурою К-120 за двосмуговою системою: (60...552) кГц у прямому напрямі та (718...1320) кГц у зворотному напрямі. Конструкції кабелів, геометричні розміри їх елементів та параметри передачі приведені в [5.1, 5.2].

Мікрокоаксіальний кабель типу 0,7/2,9. Мікрокоаксіальні кабелі містять 4, 7, 19 і більше тонких коаксіальних пар типу (0,7/2,9) та використовуються для організації 300 частотних каналів у діапазоні частот до 1,3 МГц або (30...120) цифрових каналів за швидкістю передачі в діапазоні (2...8,5) Мбіт/с.

Підводний коаксіальний кабель КПК – 5/18. Підводні кабелі поділяються на річкові і морські (океанські). Морські кабелі, у свою чергу, поділяються на гли-

17 МГц. Парами, призначеними для телебачення, відає спектр частот до 6 МГц. Можливе також використання коаксіальної пари для організації 300 телефонних каналів у спектрі (312...1500) кГц і телевізійного каналу в спектрі (1,9...8,5) МГц.

Малогабаритні коаксіальні кабелі МКТП-4. Чотирьохкоаксіальний малогабаритний кабель [5.1, 5.2] виготовляється в пластмасовій (МКТП-4), свинцевій (МКТС-4) і алюмінієвій (МКТА-4) оболонках. Осердя кабелю у всіх випадках ідентичне. Діаметри ка-

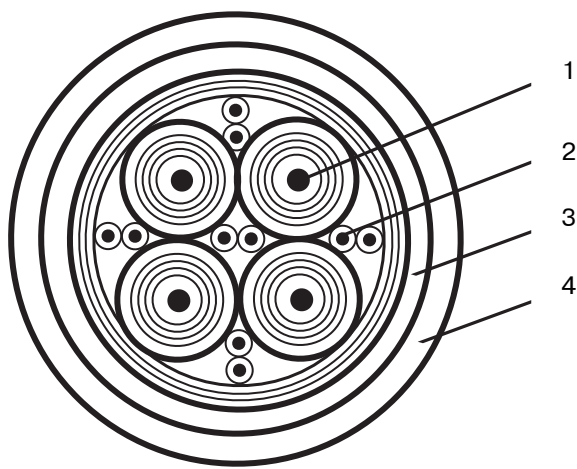


Рис. 5.2. Малогабаритний коаксіальний кабель МКТП-4: 1 – коаксіальна пара; 2 – симетрична пара; 3 – поліетиленова оболонка; 4 – полівінілхлоридний шланг

боководні та берегові, які відрізняються в основному конструкцією броні. Особливу посилену броню, яка складається з двох шарів круглого дроту, мають берегові кабелі. Цей броньовий покрив повинен протистояти дії берегових приливів-відливів і витримувати можливі удари берегових каменів, якорів, багрів та ін. Кабелі, як правило, мають однокоаксіальну конструкцію великого розміру – 5/18; 8,4/25,4 та ін. – і розраховані на передачу по 48, 60, 120, 300, 2700, 4200 і більше каналів зв'язку [5.1, 5.2].

Радіочастотні кабелі. Призначені для внутрішнього і зовнішнього прокладання в системах охоронної сигналізації та відеоспостереження, у системах ефірного та супутникового телебачення, для передачі радіочастотного сигналу від приймальної антени до телевізора, в системах колективного та кабельного телебачення, як з'єднувачі антенно-фідерних пристроїв з передавальною апаратурою транкінгового зв'язку та комутації дуже високочастотних пристроїв, з номінальною напругою 145 В змінного струму [5.3].

Симетричні кабелі

Високочастотні симетричні кабелі магістральних і зонових мереж.

Відповідно до основних положень Єдиної автоматизованої системи зв'язку колишнього СРСР магістральні та зонові мережі будувалися з використанням кабелів з кордельно-стирофлексною (типу МКС) і поліетиленовою (типу ЗКП) ізоляцією жил. Ці кабелі ущільнювалися в основному системами передачі з частотним розподілом каналів, наприклад, типу К-60, VLT-120, К-1020. Протягом кількох останніх десятиріч ці кабелі стали використовуватися для ущільнення цифровими системами передачі, наприклад ИКМ-120, ИКМ-480 (LS34S) [5.4].

Симетричні кабелі з кордельно-полістирольною ізоляцією жил. Для міжміського зв'язку застосовуються в основному 4×4 та 7×4 конструкції для внутрішньообласного зв'язку 1×4 конструкції цього кабелю. Кабелі призначено для використання при ущільненні аналоговими системами передачі в спектрі до 4636 кГц і цифровими зі швидкістю передачі 34368 кбіт/с.

Конструкції кабелів, геометричні розміри їх елементів та параметри передачі приведено в [5.1, 5.2].

Симетричні зонові кабелі з поліетиленовою ізоляцією жил. Кабель ЗКП-1×4 та його модифікації призначені для ліній внутрішньообласного зв'язку. Виготовляються з полівінілхлоридною, поліетиленовою та алюмінієвою оболонками. Осердя складається з четвірки жил [5.5].

Конструкції кабелів ЗКП-1×4, ЗКПАШп-1×4, геометричні розміри їх елементів та параметри передачі приведено в [5.1, 5.2]. Наприклад, зовнішній діаметр кабелю ЗКП-1×4 – 17,0 мм, маса – 260 кг/км, будівельна довжина – 1000 м.

Симетричні кабелі місцевого зв'язку. Для організації мереж місцевого зв'язку використовуються кабелі двох призначень:

⇒ сполучні, які з'єднують телефонні станції між собою, та телефонні станції з лінійним блоком концентратора або мультіплексора;

⇒ абонентські кабелі, які з'єднують телефонну станцію та абонентські пристрої.

Як кабелі першого призначення, наприклад, на сільських лініях міжстанційного зв'язку використовуються одно- та двочетвіркові кабелі марки КСПЗП. Для організації великих пучків сполучних ліній мають застосовуватись оптичні кабелі загального застосування.

Кабелі міських телефонних мереж. Основними критеріями можливості використання кабелів зв'язку є надійність і стабільність електричних характеристик кіл при тривалій експлуатації. З огляду на це впровадження пластмасових конструктивних елементів вимагало вирішення низки проблем, серед яких однією з центральних стала проблема захисту кабелю від проникнення вологи з навколишнього середовища. Нині з цією метою розробляються технології «реанімації» кабелів, у які потрапила волога, та приведення їх параметрів передачі до норм для збільшення терміну служби ліній [5.4]. Окреме місце сьогодні посідають кабелі, заповнені гідрофобним заповнювачем.

На мережах місцевого зв'язку застосовуються низькочастотні телефонні кабелі з мідними жилами з поліетиленовою ізоляцією без і з гідрофобним заповненням осердя (рис. 5.3). До таких кабелів можна віднести [5.4]: ТПП, ТПЭПЗ, ТППЗП та ін.

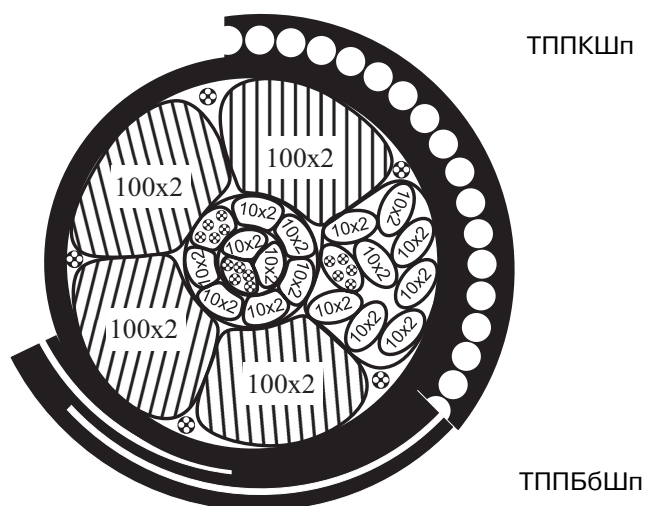


Рис. 5.3. Загальний вигляд поперечного перетину 600-парного кабелю з гідрофобним заповнювачем

систем ЦСП розроблено цілий комплекс кабелів, сконструйованих на базі основного елемента «скрученою пари» (табл. 5.1).

Конструкції кабелів ТПП, ТПЭПЗ, ТППЗП, геометричні розміри їх елементів та параметри передачі приведено в [5.1, 5.2].

Для прокладання в кабельній каналізації, колекторах та в ґрунтах усіх категорій, що не підлягають мерзлотним деформаціям, застосовують кабелі марок СТПАПП, СТПАППВ, СТПАППВГ, СТПав, СТПАПВП [5.1, 5.2].

Проблема використання абонентських ліній МТМ, так званої «останньої милі», є досить актуальною.

Для забезпечення можливості функціонування

Таблиця 5.1

Кабелі для застосування на абонентських лініях МТМ при використанні ЦСП і малоканалних цифрових систем передачі

Марка кабелю	Сфера застосування та умови прокладання
ТПВАД-1×2×0,5; 2×2×0,5; 3×2×0,5; 4×2×0,5; 5×2×0,5	Кабелі з циліндричним осердям для передачі сигналів до 200 кГц. Прокладання всередині будівель, внутрішньошафний монтаж
ТПВП АД-2×2×0,5; 4×2×0,5	Те саме, з плоским (стрічковим) виконанням
ТПВЭ АД-1×2×0,5; 2×2×0,5; 4×2×0,5	Кабелі з циліндричним екранованим осердям для прокладання в будівлях і за умов підвищених електромагнітних впливів та в діапазоні частот до 200 кГц
ТПВЭ АД-2 (1×2×0,5); 2 (2×2×0,5); 2 (4×2×0,5)	Кабелі з двома паралельно укладеними екранованими групами для передачі сигналів у діапазоні частот до 2048 кГц для прокладання всередині будівель

Сфера застосування кабелів – мережа абонентського доступу: неекрановані – до 200 кГц; екрановані – до 200 кГц; екрановані – до 2048 кГц.

Кабелі виконано у вигляді циліндричної або плоскої (стрічкової) форми. Осердя кабелів складається з однієї, двох, трьох, чотирьох і п'яти пар мідних жил діаметром 0,5 мм, ізольованих суцільним поліетиленом. Скрутка пар односпрямована з кроком (20...40) мм. Поверх скрученого осердя накладено оболонку з полівінілхлориду.

Електричні характеристики кабелів: опір постійному струму жил при температурі 20° С має бути не більше 90 Ом/км; робоча ємність пари – не більше 50 нФ/км; опір ізоляції між жилами кола не менше 5000 МОм·км; випробувальна напруга між жилами кола не менше 1000 В на частоті 50 Гц або 1500 В при постійному струмі.

Конструкція кабелів забезпечує перехідне загасання між колами на ближньому кінці в будівельній довжині на частотах (0,1; 100; 200) кГц – (90, 80, 70) дБ відповідно [5.4]. Вторинні параметри передачі наведено в *табл. 5.2*.

Таблиця 5.2

Параметри передачі кабелів для внутрішньодомового прокладання

Частота, кГц	1,0	100	200
α , дБ/км	1,25	7,2	8,6
$ Z_{XB} $, Ом	890	115	112

Кабелі сільського зв'язку з поліетиленовою ізоляцією жил марки КСПЗП.

Для організації малих пучків сполучних ліній (СЛ) застосовуються одночетвіркові кабелі з гідрофобним заповненням (та без нього) уніфікованої конструкції КСПП 4×4×0,9, КСПЗП 1×4×0,9; КСПЗПВ 1×4×0,9; КСПЗПт 1×4×0,9; КСПЗПК 1×4×0,9 [5.7], що забезпечують роботу ЦСП ИКМ-30С зі швидкістю 2048 кбіт/с, а також двучетвіркові кабелі з гідрофобним заповненням, з екранованими групами КСПЗПВ 2×4×0,9, які мають підвищені перехідні загасання між колами, що дозволяє функціонувати цифровим системам передачі ИКМ-30СУ і ИКМ-120 з підсилювальною здатністю до 60 дБ [5.2, 5.5].

Кабелі для підвіски на опорах повітряних ліній КСПЗПт 1×4×0,9 мають вбудований трос, а для прокладки через водні перешкоди КСПЗПК 1×4×0,9 – броню з круглого сталевого дроту, захищену поліетиленовим шлангом.

Параметри кіл кабелю з діаметром жил 0,9 мм на постійному струмі мають: опір жил постійному струму – не більше 56,8 Ом/км, асиметрію опору жил – не більше 0,5 Ом на будівельну довжину, робочу ємність пари – (38 ± 3) нФ/км, опір ізоляції кожної жили відносно інших, сполучених один з одним і екраном, не менше 15000 МОм·км.

Перехідне загасання між колами на ближньому кінці на будівельній довжині одночетвіркових кабелів КСПЗП-1×4×0,9 при цифровому впливаючому сигналі у вигляді псевдовипадкової послідовності (ПВП) в коді HDB3, при швидкості передачі 1024 кбіт/с не менше 64 дБ, захищеність на дальньому кінці – не менше 45 дБ. Перехідне загасання на ближньому кінці між колами кабелів КСПЗПВ 2×4×0,9, розміщених у різних екранованих групах, на частотах (1024 і 4224) кГц, – не менше (110 і 90) дБ відповідно [5.5, 5.7].

Упровадження цих кабелів дозволяє організувати високонадійні сільські абонентські мережі з можливістю застосування устаткування технології xDSL [5.5].

На внутрішньовиробничих сільських мережах і лініях до фермерських господарств також повинні застосовуватися перелічені малопарні кабелі з гідрофобним заповненням. Висока надійність їх конструкцій і стабільність електричних характеристик цілком забезпечать функціонування всіх видів зв'язку і перебіг технологічних процесів сільськогосподарського виробництва.

Можливість застосування низькочастотних кабелів для цифрових систем передачі визначається частотними характеристиками вторинних параметрів передачі і параметрами впливу в діапазоні частот використовуваного устаткування.

Малопарні кабелі марки КТПЗБШп. Малопарні кабелі для СТМ КТПЗБШп випускаються з мідними жилами діаметром 0,64 мм з поліетиленою ізоляцією, гідрофобним заповненням, з екструдованою поясною ізоляцією у вигляді трубки, броньовані сталеву гофрованою стрічкою з бітумним покриттям у поліетиленовому шлангу. Номенклатура кабелів КТПЗБШп: 3×2×0,64; 5×2×0,64; 10×2×0,64 [5.5, 5.8]. Конструкції кабелів, геометричні розміри їх елементів і параметри передачі та взаємних впливів приведено в [5.5].

Малопарні «цифрові» кабелі. Дальший розвиток абонентських ліній СТМ іде шляхом упровадження високонадійних «цифрових» кабелів з екранованими групами провідників (рис. 5.5), що мають високе перехідне загасання і створюють передумови розробки трактів ІКМ з підвищеною підсилювальною здатністю. Це дозволяє збільшити довжину регенераційної ділянки. Основним критерієм, що визначає можливість використання кабелів на ділянці абонентського доступу при його ущільненні устаткуванням технології xDSL, є електромагнітна сумісність кіл, по яких працюють пристрої з різними кодами – HDB-3, 2B1Q, TC-PAM та ін. [5.5]. Нарешті, головним чинником є оцінка кабелів з перехідного загасання між колами.

Останнім часом низка кабельних підприємств розробила конструкції високочастотних кабелів ємністю до 100 пар. Цим кабелям привласнена марка КВПШепЗ, КЦПШепЗ – кабель високочастотний з поліетиленою ізоляцією, з алюмінієвим екраном, заповнений гідрофобом, у поліетиленовій оболонці.

За своїми електричними характеристиками ці кабелі забезпечують ущільнення обладнанням xDSL з інформаційною швидкістю до 2048 кбіт/с і аналоговою апаратурою в діапазоні частот до 552 кГц при дистанційному живленні напругою до 225 В змінного та до 315 В постійного струму.

Конструктивно кабель має декілька модифікацій: для прокладання в телефонній каналізації та колекторах, по стінах будівель і на підвісках на опорах повітряних ліній зв'язку.

Передбачено конструкції кабелів для прокладання в ґрунт (КВПШепЗБШп), що забезпечує захист від пошкодження осердя гризунами. Тут застосована легка броня з гофрованої поздовжньої стрічки з антикорозійним покриттям. Для прокладки усередині будівель застосовують кабелі в оболонці з негорючих матеріалів.

Номенклатура кабелів: діаметр мідних жил – (0,5 і 0,64) мм; число пар в кабелі – 10...100.

Конструкції кабелів, геометричні розміри їх елементів та параметри передачі приведено в [5.5]. Термін служби кабелів – 25 років.

Окрім цих кабелів було впроваджено у виробництво малопарні кабелі з екранованими групами і гідрофобним заповненням марки КЦПЗБШп номенклатурою по 3, 5 і 10 пар.

Удосконалений високочастотний однопарний кабель. На лініях сільського зв'язку на абонентських ділянках великого поширення набули однопарні кабелі

типу ПРППМ з мідними жилами з поліетиленовою ізоляцією, поверх якої наклеєна оболонка зі світлостабілізуючого шлангового поліетилену.

Конструктивно цей кабель виконаний у вигляді «вісімки». У ньому жили розміщені паралельно (рис. 5.4). Кабель виготовляється з діаметром мідних жил (0,8; 1,19 і 1,2) мм [5.5].

За своїми технічними параметрами кабель призначено для використання на телефонних мережах у низькочастотному діапазоні.

Відповідно до норм довжина абонентської лінії визначається величиною робочого загасання на частоті 800 (1000) Гц – 4,5 дБ і не повинна перевищувати для кабелів ПРППМ з діаметром жил (1,2; 0,9 і 0,8) мм (7,2; 6,6 і 6,1) км відповідно.

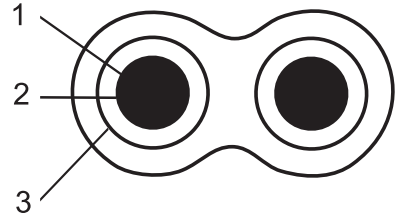


Рис. 5.4. Конструкція кабелю ПРППМ: 1 – жила; 2 – ізоляція; 3 – оболонка

Кабелі для структурованих мереж – «вита пара»

«Вита пара» (англ. twisted pair) – вид кабелю зв'язку, що являє собою одну або кілька пар ізольованих провідників, скручених між собою та вкритих пластичною оболонкою [5.5, 5.6, 5.7] (рис. 5.5).

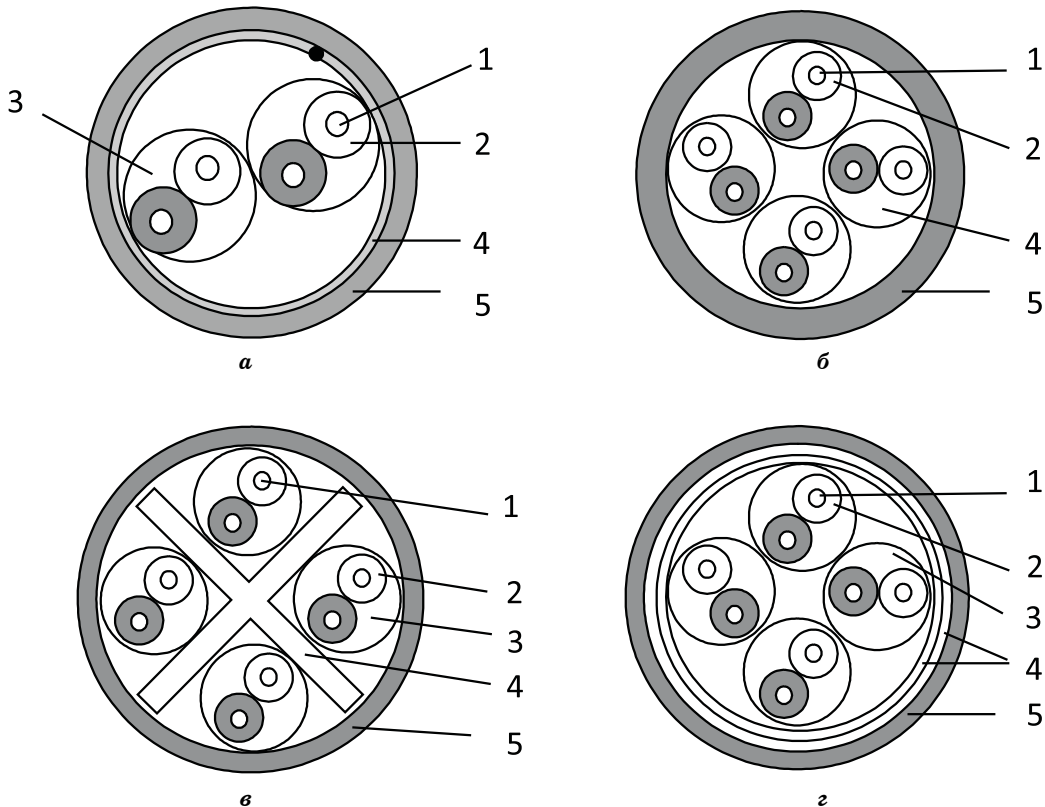


Рис. 5.5. Кабелі «вита пара»: а – КПВЭ-ВП (16) 2×2×0,51 FTP Cat.3; б – КПВ-ВП (250) 4×2×0,51 UTP Cat.5e; в – КПВ-ВП (350) 4×2×0,51 UTP Cat.6 г – КПВО-ВПЭ (600) 4×2×0,57 S-STP Cat.7

«Вита пара» є найпоширенішим компонентом при побудові структурованих кабельних систем (СКС) та мереж передачі даних: локальні (комп'ютерні) і телефонні мережі, системи безпеки і контролю доступу, системи відеоспостереження, системи автоматизації та диспетчеризації. Основні переваги такого кабелю – це низька ціна і легкість монтажу.

Звивання провідників «витої пари» проводиться з метою підвищення ступеня зв'язку між собою провідників однієї пари (електромагнітна завада однаково впливає на обидва провідники пари) та подальшого зменшення електромагнітних перешкод від зовнішніх джерел, а також взаємних наведень при передачі диференціальних сигналів [5.9, 5.10].

«Вита пара» класифікується за типом екранування [5.5, 5.6].

Екранування забезпечує кращий захист від зовнішніх та внутрішніх електромагнітних наведень. Екран по всій довжині сполучений з неізольованим дренажним дротом, який об'єднує екран у разі поділу на секції при зайвому згині або розтягуванні кабелю.

Існує кілька категорій кабелю «вита пара», які нумеруються від Cat.1 до Cat.7. Категорія кабелю визначає розрахункову швидкість передачі даних [5.5, 5.6].

Сьогодні для будівництва внутрішньооб'єктових локальних мереж знайшло використання устаткування класів *C* та *D*. Отримують розвиток СКМ класів *E* та *F* (кабелі 6 та 7 категорій) [5.5].

«Вита пара» складається з кількох скручених пар. Провідники в парах виготовлені з монолітного мідного дроту товщиною (0,4...0,6) мм. Крім метричної, застосовується американська система AWG, в якій ці величини складають 26AWG або 22AWG відповідно. У стандартних чотирипарних кабелях в основному використовуються провідники діаметром 0,51 мм (24AWG). Товщина ізоляції провідника – близько 0,2 мм, матеріал зазвичай полівінілхлорид (PVC), для більш якісних зразків 5-ї категорії – поліпропілен (PP), поліетилен (PE). Особливо високоякісні кабелі мають ізоляцію зі спіненого поліетилену, який забезпечує низькі діелектричні втрати, або тефлону, що забезпечує широкий робочий діапазон температур.

Також усередині кабелю виникає так звана «розривна нитка» (зазвичай – капрон).

Зовнішня оболонка чотирипарних кабелів має товщину (0,5...0,9) мм залежно від категорії кабелю і зазвичай виготовляється з полівінілхлориду з додаванням крейди, яка підвищує її крихкість. Це необхідно для точного обриву за місцем надрізу лезом відрізного інструменту. Крім цього, для виготовлення оболонки використовуються полімери, які не підтримують горіння і не виділяють при нагріванні галогени (такі кабелі маркуються як LSZH – Low Smoke Zero Halogen). Кабелі, що не підтримують горіння і не виділяють дим, дозволяється прокладати і використовувати в закритих областях, де можуть проходити повітряні потоки системи кондиціонування і вентиляції.

У загальному випадку кольори оболонки кабелю не позначають особливих властивостей, але їх застосування дозволяє легко відрізнити комунікації з різним функціональним призначенням – як при монтажі, так і при обслуговуванні. Найпоширеніший колір оболонки кабелів сірий. У зовнішніх кабелів зовнішня оболонка чорного кольору. Помаранчеве забарвлення, як правило, вказує на негорючий матеріал оболонки.

Нині виробляється широкий спектр конструкцій кабелів «вита пара». На прикладі розглянемо конструкції «витої пари» виробництва ПАТ «Одескабель».

На рис. 5.5 приведено поперечні розтини цих кабелів марки КПВ різних категорій.

5.2. Структуровані кабельні системи

Основні стандарти побудови СКС

Ринок структурованих кабельних систем цілком сформувався лише наприкінці 90-х років. Особливість технічного напрямку СКС полягає в тому, що принципово не існує двох абсолютно однакових СКС і неможливо у всьому обсязі використати переваги великосерійного виробництва за умов сучасного автоматизованого промислового підприємства на системному рівні. Компанія-інсталятор у загальному випадку може пропонувати лише типові рішення, орієнтоване на застосування у будівлях конкретної серії, так званих «будівлях офісного типу». Будівлею офісного типу є будь-який будинок або його частина, основна площа якого призначена для організації комп'ютеризованих робочих місць співробітників, які об'єднує локальна телекомунікаційна мережа. Типовими прикладами офісних будівель є бізнес-центри, державні та фінансові установи, навчальні заклади тощо. Наявність СКС істотно підвищує ринкову вартість таких об'єктів нерухомості.

СКС створюють на етапі будівництва або переобладнання об'єкта під будівлю офісного типу. Сучасна СКС є устаткуванням, що містить компоненти пасивного мережного обладнання, створеного на основі відповідних стандартів. Технічний рівень елементної бази, яку застосовують для побудови СКС, задається стандартом таким чином, щоб забезпечити тривалість експлуатації кабельної системи мінімально на 10 років.

Сьогодні у світі чинними є три основних стандарти СКС:

- ⇒ американський – EIA/TIA-568-A;
- ⇒ міжнародний – ISO/IEC 11801;
- ⇒ європейський – EN 50173.

Усі вони описують майже однакові кабельні системи. Розрізняють ці стандарти за термінологією та нормами на параметри СКС.

У зазначених стандартах СКС визначено як кабельну систему, принцип побудови якої відповідає трьом основним ознакам: структуризації, універсальності та надлишковості.

Структуризація припускає розбивку кабельної проводки та її аксесуарів на окремі підсистеми, кожна з яких виконує певні функції та забезпечена стандартизованим інтерфейсом для зв'язку з іншими підсистемами й активним комунікаційним устаткуванням. Кожна підсистема обов'язково складається з великого набору засобів перемикання, що забезпечує її високу гнучкість і можливість швидкої зміни конфігурації.

Універсальність кабельної системи полягає в тому, що її спочатку споруджують без прив'язки до будь-якої конкретної мережної технології та будують за принципами відкритої архітектури, набір основних технічних характеристик якої зафіксовано в стандартах. У нормативних документах визначено параметри як електричних і оптичних кабельних трас кожної з підсистем, так і їх інтерфейсів.

Для з'єднання підсистем СКС між собою, а також з активним устаткуванням передбачено обмежений набір шнурів з універсальними роз'ємами.

Можливість використання кабельної проводки СКС мережною апаратурою, яка не підтримує передавання по симетричному або волоконно-оптичному кабелю, забезпечено наявністю розвиненої номенклатури адаптерів і перехідників. Хоча ці

елементи формально не потрапляють у межі чинності стандартів, розробники створюють ці вироби з огляду на вимоги СКС.

Надлишковість припускає долучення до складу СКС додаткових інформаційних розеток, кількість і розміщення яких визначають площею та топологією робочих приміщень, а не планом розміщення обладнання робочих місць співробітників та офісних меблів. Оскільки тривалість експлуатації СКС у кілька разів перевищує аналогічний показник для інших компонентів інформаційної інфраструктури будівлі, цей принцип є особливо важливим.

Для створення ефективної СКС та її експлуатації необхідними є такі умови:

- наявність каталогу продукції;
- наявність чинних стандартів, які регламентують норми й методику проектування СКС;
- можливість адміністрування СКС відповідно до стандартних процедур;
- система підготовки кадрів та забезпечення гарантії виробника.

Структуризація кабельної системи залежить від особливостей структури будівлі. Будівля складається з поверхів, а кожен поверх – з певної кількості кімнат, з'єднаних коридорами. Ієрархічний підхід до процесу створення кабельної системи в будівлі дає підстави називати її структурованою.

На рис. 5.6 наведено схему структуризації кабельної системи масштабу кампусних мереж.

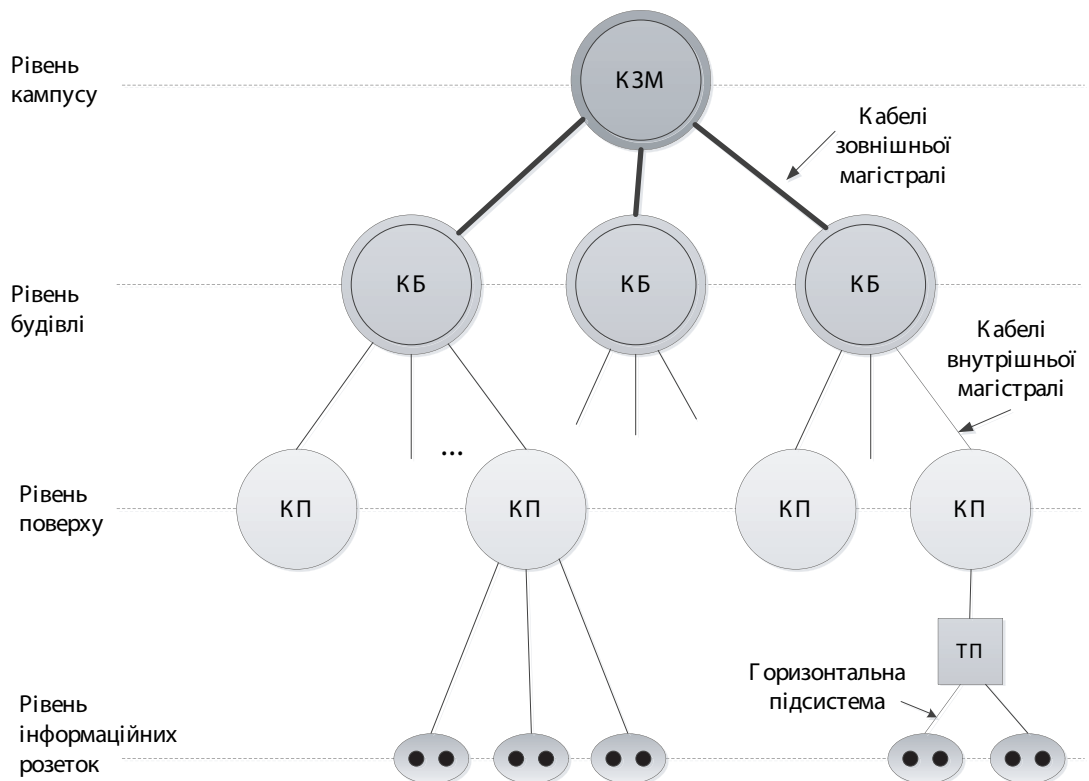


Рис. 5.6. Схема структуризації кабельної системи: КЗМ – крос зовнішніх магістралей; КБ – крос будівель; КП – крос поверхів; ТП – точки переходу (необов'язково)

В основу будь-якої СКС покладено фізичну топологію «дерево», яку називають *ієрархічною зіркою*. В її вузлових пунктах розміщують пасивне комутаційне устаткування, яке зазвичай розміщують у спеціальних технічних приміщеннях. Це пасивне комутаційне устаткування з'єднують між собою і з інформаційними розетками робочих місць користувачів електричними й оптичними кабелями. Усі кабелі, які входять у технічне приміщення, заводяться на комутаційне устаткування (кросові комутаційні панелі, комутаційні шафи, стійки та ін.). Тут здійснюють усі необхідні під'єднання (зокрема, до активного комунікаційного обладнання) на етапі інсталяції СКС і перемикання в процесі поточної експлуатації мережі. Це забезпечує велику гнучкість СКС і можливість організувати на зазначеній технічній платформі будь-яку топологію мережі, передбачену стандартами мережних технологій локальних сегментів (шина, кільце, зірка).

Мережні технології (Token Ring, Ethernet, FDDI, ATM), під які адаптується СКС, заведено називати *застосуваннями СКС*.

Відповідно до міжнародного стандарту ISO/IEC 11801 у сфері СКС усі види застосувань поділяють на класи. Для застосувань кожного класу визначають відповідний клас лінії зв'язку, який задає певні електричні характеристики лінії, необхідні для нормальної роботи застосувань відповідного й нижчого класу. Класи застосувань за стандартом ISO/IEC 11801 наведено у *табл. 5.3*.

Таблиця 5.3

Класи застосувань за стандартом ISO/IEC 11801

Клас застосувань і ліній	Максимальна частота сигналу	Тип застосування
A	до 100 кГц	Телефонія та низькочастотні дані
B	до 1 МГц	Застосування із середньою швидкістю обміну
C	до 16 МГц	Ethernet, Token Ring
D	до 100 МГц	Fast Ethernet
E	до 250 МГц	Передавання даних зі швидкістю 1 Гб/с (Gigabit Ethernet)
F	до 600 МГц	Кабельне TV (ATM)
G	до 1200 МГц	Відео в реальному масштабі часу (GE, 10GE)

Лінії електричного зв'язку СКС повинні бути зібрані з кабелів та інших компонентів, що забезпечує якісне передавання сигналів, які генерують застосування відповідного класу. Стандарт ISO/IEC 11801 додатково до класів ліній специфікує категорії кабелів і роз'ємів (*табл. 5.4*). Категорії визначено за максимальною частотою сигналу, на яку розраховано відповідні роз'єми та кабелі. Кабелі та роз'єми більш високих категорій підтримують усі програми, які розраховано на роботу кабелів нижчих категорій.

Таблиця 5.4

Категорії кабелів і роз'ємів

Категорія кабелю і роз'єму	Максимальна частота сигнал
Категорія 3	до 16 МГц
Категорія 4	до 20 МГц
Категорія 5	до 100 МГц
Категорія 6	до 250 МГц
Категорія 7	до 600 МГц
Категорія 8	до 1200 МГц

Усій СКС також присвоюється категорія, що відповідає категорії компонентів, з яких вона виконана. Якщо СКС зібрано з компонентів різних категорій, їй присвоюється остаточна категорія, яка визначається найнижчою категорією наявних компонентів.

На рис. 5.7 подано основні підсистеми та обмеження в кабельній підсистемі, що передбачено стандартами СКС.

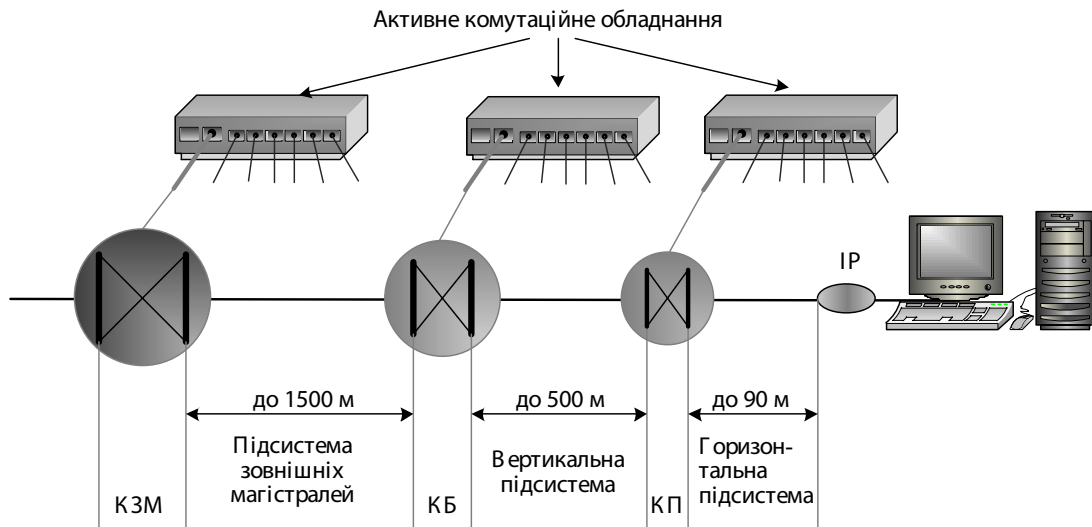


Рис. 5.7. Підсистеми СКС та обмеження на довжини кабелів

Відповідно до міжнародного стандарту ISO/IEC 11801 СКС містить три підсистеми.

Підсистема зовнішніх магістралей складається із зовнішніх магістральних кабелів між КЗМ і КБ, комутаційного устаткування в КЗМ і КБ, до якого під'єднано зовнішні магістральні кабелі, та комутаційних шнурів і перемичок в КЗМ. Підсистема зовнішніх магістралей є тією основою, яка поєднує в єдину мережу кампусу локальні мережі будинків, які стоять на невеликій відстані один від одного. Якщо СКС налаштовують тільки в одній будівлі, то підсистеми зовнішніх магістралей нема. У висотних будівлях підсистему зовнішніх магістралей складають також ті кабелі, які мають довжину понад 500 м, хоча вони фактично не виходять за межі будівлі.

Підсистема внутрішніх магістралей, яку ще називають вертикальною підсистемою, містить прокладені між КБ і КП внутрішні магістральні кабелі, під'єднане до них комутаційне устаткування в КБ та КП, а також частину комутаційних шнурів і перемичок в КБ. Кабелі розглянутої підсистеми фактично зв'язують між собою окремі поверхи будівлі та просторово рознесені приміщення в межах однієї будівлі. Якщо СКС обслуговує один поверх, то підсистеми внутрішніх магістралей може не бути.

Горизонтальна підсистема утворена горизонтальними кабелями між КП та інформаційними розетками (ІР), самими ІР, а також комутаційним устаткуванням у КП, до якого під'єднано горизонтальні кабелі. Горизонтальна підсистема складається також з багатьох комутаційних шнурів і перемичок в КП. У побудові горизонтальної проводки допускається використання однієї точки переходу (ТП)

на тракт, у якій відбувається зміна типу кабелю, який прокладають (наприклад, перехід на плоский кабель для прокладки під килимовим покриттям з еквівалентними передавальними характеристиками).

Поділ СКС на окремі підсистеми застосовують незалежно від призначення мережі: він буде однаковим, наприклад, для кабельної системи в офісній будівлі та виробничому комплексі.

Узагальнено-типова СКС, згідно з чинними рекомендаціями міжнародних нормативно-технічних документів, містить у собі такі компоненти:

- лінійно-кабельне устаткування підсистеми зовнішніх магістралей;
- комутаційне устаткування зовнішніх магістралей;
- лінійно-кабельне устаткування підсистеми внутрішніх магістралей;
- комутаційне устаткування внутрішніх магістралей;
- лінійно-кабельне устаткування горизонтальної підсистеми;
- комутаційне устаткування горизонтальної підсистеми;
- точки переходу;
- інформаційні розетки.

Використання структурованої кабельної системи замість хаотично прокладених кабелів забезпечує підприємству гарантовану якість циркульованого трафіка.

Обладнання СКС

СКС – це складний технічний об'єкт, який будується відповідно до жорстких вимог загальноприйнятих стандартів. Для побудови телекомунікаційних кабельних систем використовується пасивне мережне обладнання, яке на відміну від активного не має потреби в джерелах електроживлення, є набором компонентів і аксесуарів структурованих кабельних систем і складається з кабелів, телекомунікаційних роз'ємів та інформаційних розеток, монтажного обладнання, настінних коробів для прокладки кабелів горизонтальної розводки, закладні для прокладання кабелів вертикальної розводки та ін. Нижче наведено стислий опис аксесуарів СКС.

Кабелі є основними компонентами СКС, стандарти допускають використовувати два типи кабелів – мідна вита пара і оптоволоконний кабель.

З'єднувальний модуль RJ-45 (екранований і неекранований) – встановлюється в інформаційні розетки і в комутаційні панелі, призначений для підключення мідних кабелів.

Волоконно-оптичний адаптер – аналог з'єднувального модуля RJ-45, встановлюється так само в інформаційні розетки та оптичні комутаційні панелі. Існує кілька типів оптоволоконних адаптерів, наприклад SC, LC і SC-RJ. Останній тип призначений для установки в розетки для мідних кабелів на місце телекомунікаційних роз'ємів типу RJ-45.

Волоконно-оптичний конектор – призначені для окінцівування волоконного кабелю, у польових умовах без застосування зварювання, клейових компонентів. З'єднання здійснюється механічно з використанням тільки спеціальних інструментів.

Волоконно-оптичний пігтейл – призначений для окінцівування волоконно-оптичного кабелю. Пігтейл являє собою відрізок оптоволоконна, який закінчується з одного боку конектором певного типу. З'єднання пігтейла з кабелем здійснюється за допомогою зварювання.

Комутаційна панель (патч-панель) – пасивне обладнання, яке розміщують в кросових, призначене для встановлення з'єднувальних модулів RJ-45 і для ручного з'єднання комутаційними шнурами або перемичками різних сегментів СКС один з одним і з мережним обладнанням. Патч-панель являє собою блок з певною кількістю спеціальних роз'ємів. Роз'єми розміщуються на лицьовій стороні блоку, на тильній стороні розміщені контакти, призначені для з'єднання з кабелями. Роз'єми та контакти з'єднані між собою електрично. Якщо на панелі розміщені роз'єми одного типу (наприклад, роз'єми BNC, RCA, XLR на мультимедійних патч-панелях або роз'єми ST, SC, FC, MT-RJ, LC, MPO на волоконно-оптичних панелях), то йдеться про фіксовану патч-панель. У тому ж разі, коли на блоці є роз'єми декількох типів (коаксіальні, волоконно-оптичні), то ми маємо справу з гібридною комутаційною панеллю. Такі панелі називаються *складними*.

Комутаційні панелі відрізняються за кількістю встановлюваних модулів RJ-45 і за висотою в юнітах. Існують 24-портові комутаційні панелі висотою один юніт ($\text{Unit} = 44,45 \text{ мм}$), і 48-портові комутаційні панелі висотою три юніти. Для категорії 6 випускають новий вид комутаційної панелі висотою 3 юніти, але з числом модулів, що дорівнює 60.

Усі компоненти СКС в основному розміщуються в кросових і апаратних у відкритих стійках або комутаційних шафах. Кожне обладнання (відкриті стійки, комутаційні шафи) має певну висоту, в термінах СКС висоту робочої зони монтажних конструктивів, яку також заведено вимірювати в юнітах або в дюймах ($1 \text{ дюйм} = 2,54 \text{ см}$). *Юніт* – це умовна одиниця виміру висоти, яка дорівнює 1,75 дюйма. Ширина всіх елементів СКС стандартизована і вимірюється в дюймах, стандартна ширина становить 19 дюймів.

Підлогові серверні шафи 19-дюймові призначені для установки в них різноманітного пасивного (патч-панелі, органайзери) і активного (комутатори, сервери, UPS) мережного обладнання. Можлива установка як стандартного 19-дюймового rack mount обладнання, так і нестандартного з використанням полиць.

Монтажна стійка 19-дюймова призначена для установки стандартного навісного 19-дюймового мережевого, кросового і комутаційного обладнання. Спеціальні отвори в підставі конструкції дозволяють у разі потреби встановлювати її на регульовані опори, ролики або жорстко кріпити до підлоги. До того ж для стійок випускається низка аксесуарів, а для розміщення більш важкого обладнання використовують спеціальні полиці, що забезпечують його стійке розміщення.

Волоконно-оптична комутаційна панель – аналогічно комутаційній панелі встановлюється в кросових, але призначена для підключення оптичного кабелю. Її висота також вимірюється в юнітах. До складу волоконно-оптичних комутаційних панелей входять:

⇒ направляючі скоби (елементи) – забезпечують повільний вигин оптичного кабелю;

⇒ волоконно-оптичні касети – призначені для установки адаптерів і конекторів, або пігтейлів.

Органайзер призначено для укладання з'єднаних і комутаційних шнурів. Часто є складовою конструкції комутаційної панелі. Якщо він використовується як окремий пристрій, то його висота становить 1 юніт. Органайзери призначені для укладання надлишку довжини комутаційних шнурів, що дозволяє уникнути плутанини і петель, а також забезпечує добру видимість маркувальних смуг. Органайзери додатково охороняють комутаційні шнури від провисання під дією

власної ваги, що загрожує погіршенням електричних характеристик контактів у роз'ємах. Для побудови кабельних ліній категорії 5 застосування органайзерів кабелів є обов'язковою умовою. Ці елементи мають різну ємність і орієнтацію в робочому положенні.

Інформаційна розетка – це елемент, яким закінчується горизонтальна підсистема, призначена для установки модулів RJ-45 або оптичних конекторів. Розетки відрізняються за типом установки та чисельністю портів. Електричний модуль розетки є складовою горизонтальної підсистеми. Сама розетка конструктивно складається з корпусу і одного або декількох (максимум 12) розеткових модулів – восьмиконтактних модульних роз'ємів. Відповідно до стандарту ISO/IEC 11801, одна інформаційна розетка повинна обслуговувати приблизно 10 кв. метрів робочої площі. За типом установки розетки поділяються на приховані (призначені для прихованої установки в стіні) і настінні (призначені для установки на стіні). За кількістю встановлюваних модулів розетки діляться на однопортові, двопортові, чотирипортові, шестипортові та дванадцятипортові.

Система механічного захисту і кодування СКС призначена для колірної кодування і механічного захисту кабелів з'єднувальних шнурів СКС. До елементів маркування та захисту так само відносять: кольорові маркувальні кліпси; захисні кліпси; захисні рамки; заглушки.

У-розгалужувачі призначені для декількох сервісів на один порт телекомунікаційної розетки, встановлюються як з боку розетки, так і з боку патч-панелі в кросовій.

Телефонні кроси VS-Standard VS-Compact призначені для організації телекомунікаційних мереж передавання голосу і даних телефонними каналами. Складаються з:

- ♦ монтажних профілів, призначених для кріплення з'єднувальних модулів (плінтів);
- ♦ з'єднувальних модулів (плінтів), призначених для підключення і комутації кабелів.

Розрізняють нормально замкнений і нормально розімкнений модулі. Існує три типи з'єднувальних модулів: нормально замкнений (має світло-сірий колір); нормально розімкнений (біло-жовтий колір); заземлений (червоний колір).

Патч-корд являє собою оптоволоконний або електричний кабель, призначений для підключення електричних пристроїв і/або елементів пасивного обладнання передачі сигналу. На обох кінцях патч-корду розміщені конектори (спеціальні роз'єми).

Існує декілька різновидів комутаційного кабелю, а саме: патч-корди, призначені для мереж, створених на основі витой пари; патч-корди для мереж телефонного зв'язку; патч-корди на основі волоконно-оптичних кабелів. Патч-корди можуть бути різної довжини: від 0,5 до 20 м. Також вони відрізняються один від одного за кольором, кількістю жил, типом кабелю. Патч-корди виготовляють з неекранованого або екранованого кабелю з різною кількістю пар.

Оптичний патч-корд – це оптичний кабель. На кінцях патч-корду розташовані спеціальні роз'єми або конектори. Оптичні комутаційні шнури, як і оптичні кабелі, розрізняються за типами оптичного волокна (одномодові та багатомодові патч-корди). Оптичні патч-корди відрізняються також і за типом роз'ємів. За типами конектора розрізняють такі види оптичних патч-кордів: fc, sc, lc, st. Оптичні патч-корди можуть мати однакові роз'єми з двох сторін. У такому випадку

йдеться про з'єднувальні патч-корди або ж роз'єми різних типів. Такі патч-корди називаються перехідними.

Адаптери, як і з'єднувальні шнури, не є складовою СКС і використовуються для підключення мережного обладнання. Відповідно до стандарту TIA / EIA-568-A, в цю групу об'єднуються елементи, що виконують щонайменше одну з перелічених нижче функцій:

- підключають один до одного роз'єми несумісних розмірів або типів (перехідник);

- змінюють схему розводки провідників;

- розподіляють один багатопарний кабель на декілька кабелів з меншим числом пар (розгалужувач);

- з'єднують кабелі один з одним.

T-перехідники призначені для зміни схеми підключення модульного роз'єму, наприклад з T568A на USOC. Цей елемент зазвичай складається з короткого відрізка кабелю зі встановленою на ньому восьмиконтактною вилкою модульного роз'єму та корпусу з однією модульною розеткою. Відомі також варіанти у вигляді вставки типу «вилка-розетка».

Y-адаптери, двійники, сплітери (splitters) застосовуються для розгалуження пар кабелю, підключених до контактів однієї вилки модульного роз'єма на дві (три або чотири) інформаційні розетки. Основна маса Y-адаптерів містить восьмиконтактну вилку модульного роз'єму і корпус з двома модульними розетками.

Баланс (від англ. BALance-UNbalance – балансний-небалансний, симетричний-несиметричний) являє собою пристрій, призначений для забезпечення з'єднання витой пари і коаксіального або твинаксіального кабелю. Крім власне фізичного підключення, він здійснює перехід від несиметричної схеми передачі до симетричної й узгодження хвильових опорів різних середовищ передавання сигналів.

Сертифікація СКС

Сертифікація та надання гарантій на СКС – це важливий етап, який обговорюється ще при проектуванні СКС, і в кошторис капітальних витрат на побудову СКС обов'язково має заноситися пункт про сертифікацію. Сертифікація можлива, якщо СКС змонтована уповноваженим інсталятором або інтегратором. Тільки в цьому випадку на неї може поширюватися фірмова гарантія. Гарантійна програма допускає використовувати в СКС кабелі різних виробників.

Сертифікація СКС – це гарантія того, що мережа буде працювати протягом всього терміну гарантії. Це означає, що будь-яке обладнання та програмне забезпечення будуть гарантовано працювати в межах сертифікованої мережі, СКС буде забезпечувати необхідну швидкість передавання та інші характеристики для всіх підтримуваних протоколів. Сертифікація так само надає можливість дальшої співпраці з фірмою-інтегратором, негайне вирішення проблем, які виникають при експлуатації СКС. Компанія-інтегратор після інсталяції СКС виконує її тестування, і за результатами тестування фірма-виробник сертифікує СКС і надає відповідну гарантію.

Виробники СКС надають три види гарантійних зобов'язань:

- ❖ базова гарантія (ще називають «гарантія на компоненти»);
- ❖ системна гарантія (або розширена);
- ❖ гарантія роботи застосувань (додатків).

Гарантія на компоненти, або базова гарантія, означає, що жодний компонент кабельної системи не має виробничих дефектів і при використанні за призначенням відповідно до технічних умов усі вони прослужать певний термін з моменту покупки. Термін гарантії становить від 5 до 20 років залежно від виробника та виду продукції. Умовами отримання базової гарантії є придбання компонентів офіційними каналами (в офісах дилерів) у порядку, встановленому виробником обладнання.

Розширена, або системна, гарантія надається на СКС, яка спроектована й інстальована відповідно до вимог стандартів. Тобто характеристики СКС відповідають або перевищують вимоги стандартів. Для СКС, побудованих на базі компонентів категорії 5, термін цієї гарантії становить 15 років, для категорії 6 – 20 років. Основні принципи отримання цієї гарантії такі: застосування тільки компонентів, дозволених для використання в СКС певного типу; довжина кабельних трактів, каналів, шнурів має відповідати вимогам стандартів; система має бути спроектована та побудована тільки спеціалістами, які пройшли відповідне навчання. Усі наступні зміни повинні проводитися так само і тільки сертифікованим персоналом, за винятком перемикування кінцевих і комутаційних шнурів.

Гарантія роботи застосувань (додатків) – під цим видом гарантії розуміють здатність правильно змонтованої і встановленої СКС підтримувати роботу тих чи інших застосувань. Гарантії цього виду поділяються на дві категорії. Перша категорія заснована на списку застосувань, які СКС не підтримує. Друга категорія передбачає підтримку роботи будь-якої програми застосування, апаратура якого спроектована для роботи з СКС тієї чи іншої категорії.

Документом, що підтверджує наявність у СКС гарантії того чи іншого виду, є *сертифікат виробника*. До сертифіката додається пакет документів, які мають містити план СКС, структуру СКС, результати тестування тощо.

При сертифікації СКС визначається клас системи, при цьому діє загальний закон, що встановлюється стандартом, – *кабельна система класифікується відповідно до найгірших робочих характеристик компонентів системи*. Тобто якщо вся СКС побудована на базі обладнання категорії 5, але при цьому використовувався один патч-корд категорії 3, то врешті-решт при сертифікації всій системі буде присвоєно категорію 3 та видано відповідний сертифікат.

Сертифікат може видаватися як власне на СКС, установлену за конкретною адресою, так і власнику СКС (звичайно, що у цьому випадку вимагається переоформлення при зміні власника). До сертифіката додається реєстраційний документ з більш-менш розширеним описом системи, який може бути доповнений схематичним планом її структури, а також результатами її інструментального тестування (якщо ця процедура проводиться згідно з правилами інсталяції СКС).

Гарантійний ремонт зазвичай виконується компанією-інсталятором конкретної СКС. У тих випадках, коли ця компанія з деяких причин не може виконувати роботи, виробник доручає їх проведення іншому місцевому партнерові або ж виконує їх самостійно. Гарантійний ремонт не проводиться при неправильній експлуатації, перевищенні навантаження, механічних пошкодженнях і пошкодженнях у наслідок стихійних лих, застосуванні недозволених компонентів та в інших аналогічних випадках.

5.3. Волоконно-оптичні лінії зв'язку

Конструкція і сфери застосування оптичних волокон

Основним елементом оптичного кабелю (ОК) є оптичне волокно (ОВ), яке призначене для спрямованого передавання оптичного випромінювання. Оптичне волокно складається з осердя, однієї або кількох оболонок та одного або кількох захисних покриттів [5.17].

Осердя ОВ – це його центральна частина, через яку передається основна частина потужності оптичного сигналу. **Оболонка ОВ** – це шар, що оточує осердя, середнє значення показника заломлення (ПЗ) в якому менше, ніж ПЗ осердя. Діелектричним матеріалом для осердя та оболонки ОВ є кварцеве скло – SiO_2 , чи сте або з домішками хімічних елементів та їх з'єднань, невеликі пропорції яких належним чином сприяють зміні оптичних властивостей плавленого кварцу. Осердя та оболонка ОВ володіють різними оптичними характеристиками (показниками заломлення n_1 та n_2). Осердя призначено для передачі електромагнітної енергії, а оболонка – для створення кращих умов відбиття на межі розділу «осердя-оболонка», захисту осердя волокна від механічних пошкоджень, а також для захисту від випромінювання енергії в навколишнє середовище та поглинання небажаного випромінювання ззовні.

Оптичні волокна поділяються на дві групи: багатомодові та одномодові. Перші, у свою чергу, поділяються на східчасті та градієнтні (рис. 5.8). У східчастих ОВ показник заломлення в осерді постійний та наявний різкий перехід від значення n_1 осердя до n_2 оболонки. Градієнтні ОВ мають безперервну повільну зміну показника заломлення в осерді по радіусу світловода від центру до периферії.

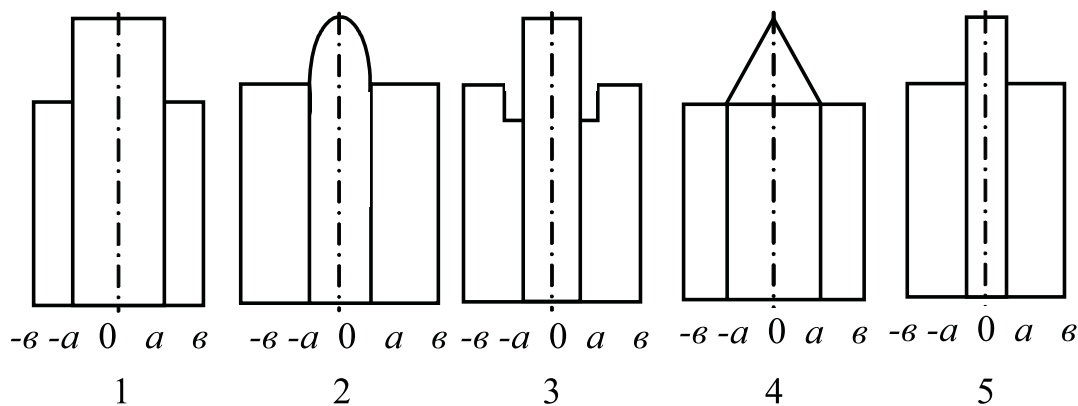


Рис. 5.8. Профілі показників заломлення різних світловодів:

1 – східчастий; 2 – градієнтний; 3 – типу W; 4 – трикутний; 5 – одномодовий східчастий

У конструктивному відношенні одномодові та багатомодові ОВ розрізняються за діаметром осердя. У одномодових оптичних волокнах (ООВ) діаметр осердя порівняний з довжиною хвилі ($d \approx \lambda$), і по ньому передається лише один тип хвилі (мода). У багатомодових оптичних волокнах (БОВ) діаметр осердя більший, ніж довжина хвилі ($d > \lambda$), і по ньому поширюється велика кількість хвиль.

Практично осердя ОВ, як правило, становить (6...8) мкм в одномодових та (50, 62,5) мкм у багатомодових світловодах, діаметр оболонки – 125 мкм, діаметр волокна по захисному покриттю – 250 мкм.

На рис. 5.9 представлені траєкторії поширення променів у світловодах з різними профілями показника заломлення. Як видно з цього рисунку, хід променів у різних світловодах різний. У східчастому багатомодовому світловоді промені різко відбиваються від межі «осердя–оболонка». При цьому траєкторії проходження різних променів різні, і тому вони приходять на кінець лінії зі зміщенням у часі. Це призводить до спотворення переданого сигналу (дисперсії).

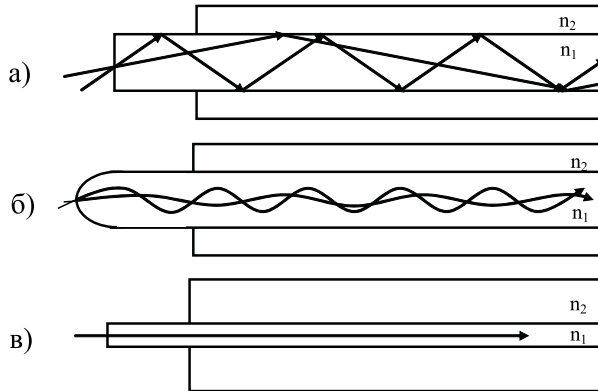


Рис. 5.9. Траєкторії поширення променів у світловодах:
 а – східчасті багатомодові; б – градієнтні багатомодові; в – одномодові

Градієнтні світловоди також є багатомодовими. Але тут промені поширюються за хвилеподібними траєкторіями з меншими спотвореннями.

Найкращі умови для передачі сигналів створюються в одномодових оптичних волокнах, оскільки в них поширюється лише одна фундаментальна мода 11 НЕ.

Математично профіль показника заломлення (ППЗ) ОВ може бути описаний так:

$$n_r = n_1 \left[1 - 2\Delta \left(\frac{r}{a} \right)^u \right]^{1/2}, \quad (5.1)$$

де n_1 – максимальне значення ПЗ на осі волокна, тобто при $r = 0$; a – радіус осердя, мкм; u – показник степеня, що показує зміну ППЗ; Δ – відносна різниця показників заломлення осердя та оболонки ОВ. У різних волокнах значення Δ змінюється від 0,003 до 0,01 [5.17, 5.18].

Показник степеня u для трикутного ППЗ дорівнює 1, параболічного – 2, а прямокутного (ступінчастого) – 3.

Сьогодні застосування БОВ, що працюють у першому і другому вікнах прозорості з номінальними довжинами хвиль 850 і 1300 нм, обмежено, як правило, локальними мережами і мережами зв'язку за технологією PON.

Наприклад, фірма Corning останніми роками для застосування у високошвидкісних протоколах локальних мереж (LAN), таких, як Gigabit Ethernet, випустила волокна InfiniCor 300, InfiniCor 600 і InfiniCor 1000. Ці волокна здатні передавати інформацію на відстані відповідно до 300, 600 і 1000 м. При використанні повільніших протоколів, таких, як Fast Ethernet, FDDI і 155 Мбіт/с,

АТМ, ці волокна можуть ефективно працювати і на відстанях, більших ніж 2000 м.

Потреба в збільшенні смуги пропускання та дальності передачі сигналу привела до необхідності застосування одномодового оптичного волокна. Стандартне одномодове волокно призначене для роботи в діапазоні довжин хвиль (1285...1330) нм, в якому величина хроматичної дисперсії в ОВ досягає мінімального значення. Можливе таке використання цього ОВ у спектральному діапазоні (1525...1565) мкм, загасання на цих довжинах хвиль дуже мале ($\approx 0,2$ дБ/км), а коефіцієнт хроматичної дисперсії становить (16...18) пс/(нм·км). Параметри стандартних одномодових та багатомодових ОВ регламентуються Рек. ІТУ-T G-651 – G-657 (табл. 5.5).

Таблиця 5.5

Характеристики багатомодових та одномодових ОВ

Характеристика	G.651	G.652.A	G.653.A	G.654.A	G.655.A	G.656.A	G.657.A
Довжина хвилі, <i>нм</i>	–	1310	1550	1550	1550	1550	1310
Діаметр осердя або модової плями, <i>мкм</i>	50±3	(8,6...9,5)±0,6	(7,8...8,5)±0,8	(9,5...10,5)±0,7	(8,0...11,0)±0,7	(7,0...11,0)±0,7	(8,6...9,5) ±0,4
Діаметр оболонки, <i>мкм</i>	125,0±2	125,0±1	125,0±1	125,0±1	125,0±1	125,0±1	125,0 ±0,7
Діаметр захисного покриття, <i>мкм</i>	250,0 ±15	250,0 ±15	250,0 ±15	250,0±15	250,0±15	250,0±15	250,0±15
Довжина хвилі нульової дисперсії, <i>нм</i>		від 1300 до 1324	від 1500 до 1600	–	–	–	–
Довжина хвилі відсікання кабеля, <i>нм</i>	1295 максимум	1260 максимум	1270 максимум	1530 максимум	1450 максимум	1450 максимум	1260 максимум
Коефіцієнт хроматичної дисперсії, <i>пс/нм·км</i> , не більше, на довжині хвилі	105/1300 104/1330	3,5 / (1285...1330) 18 / (1525...1575)	3,5 / (1525...1575)	20 / (1525...1575)	0,1-6 / (1460...1625)	2,0-8,0 / (1460...1625) 4-7 / (1530...1565)	3,5 / (1285...1330) 18 / (1525...1575)
Коефіцієнт загасання, <i>дБ/км</i> ; на довжині хвилі, <i>нм</i>	3,5 / 850 1,0 / 1300	0,5 / 1310 0,4 / 1550	0,35 / 1550	0,22 / 1550	0,35 / 1550	0,4 / 1460 0,35 / 1550 0,4 / 1625	0,4 / 1310 0,35 / 1383 0,3 / 1550
Коефіцієнт PMD, <i>пс/√км</i>	–	0,5	0,5	0,5	0,5	0,2	0,2

Оптичні параметри оптичних волокон

До основних оптичних параметрів ОВ належать числова апертура, нормована частота, кількість мод, діаметр модової плями, довжина хвилі відсікання.

Числова апертура – одна із основних характеристик, що визначає умови введення оптичних сигналів та процеси їх поширення в ОВ. Для ОВ із ступінчастим та градієнтним ППЗ вона відповідно визначається за виразом

$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \approx n_1 \sqrt{2\Delta} \text{ та } NA = \sqrt{n_1^2(r) - n_2^2/2}. \quad (5.2)$$

Нормована частота визначає кількість мод, які поширюються по ОВ. Якщо $0 < V < 2,405$, то режим роботи волокна із східчастим ППЗ одномодовий, якщо $V > 2,405$ – багатомодовий. Значення нормованої частоти визначається як

$$V = \frac{2\pi a}{\lambda} NA, \quad (5.3)$$

де λ – довжина хвилі, мкм.

Загальна кількість мод в БОВ з діаметром осердя $2a$, заданою числовою апертурою на робочій довжині хвилі λ визначається через нормовану частоту для ОВ зі ступінчастим та градієнтним ППЗ відповідно

$$M = \frac{V^2}{2}; \quad M = \frac{V^2}{4}. \quad (5.4)$$

Кількість мод може становити від однієї до тисячі.

Важливим інтегральним параметром ООВ є діаметр модового поля. Цей параметр використовується при аналізі одномодових волокон. Енергія власної моди в ООВ поширюється не тільки в осерді, але й частково в оболонці, захоплюючи її приграничну область. Тому $d_{\text{мп}}$ точніше оцінює розміри поперечного розподілу енергії власної моди. Величина $d_{\text{мп}}$ є важливою при стикуванні волокон між собою, а також при стикуванні джерела випромінювання з волокном.

Згідно з [5.17, 5.18] радіус поля моди W_0 у мікрометрах визначається при відомих значеннях V та a з таких співвідношень:

$$W_0 = a(0,65 + 1,619v^{-1,5} + 2,879v^{-6}), \quad W_0 = a(0,65 + 1,62v^{-3/2}). \quad (5.5)$$

Тоді шукане значення діаметра модового поля буде дорівнювати $d_{\text{мп}} = 2W_0$.

Мінімальна довжина хвилі, за якої ОВ підтримує тільки одну моду, що поширюється, називається довжиною хвилі відсікання. Цей параметр характерний для ООВ. Якщо робоча довжина хвилі λ_p менша, ніж довжина хвилі відсікання, то має місце багатомодовий режим поширення світла.

Розрізняють довжину хвилі відсікання у волокні $\lambda_{\text{ОВ}}$ і довжину хвилі відсікання в прокладеному кабелі λ_c . Перша – $\lambda_{\text{ОВ}}$ відповідає слабонапруженому волокну і для ступінчастого ООВ може визначатися як

$$\lambda_c = 2\pi a \frac{NA}{2,405}. \quad (5.6)$$

Друга – λ_c – відповідає напруженому ОВ. На практиці ОВ у прокладеному або підвішеному на опорах кабелі має велику кількість вигинів. Крім того, сильні викривлення має ОВ, укладене в касетах муфт та проміжних з'єднувачах. Усе це веде до придушення побічних мод та зсуву λ_c у бік коротких довжин хвиль. Відмінність між $\lambda_{\text{ОВ}}$ та λ_c можна оцінити тільки експериментальним шляхом.

Параметри передачі оптичних волокон

До основних параметрів передачі ОВ належать коефіцієнт загасання та дисперсія ООВ.

Коефіцієнт загасання в оптичному волокні – це міра послаблення оптичної потужності сигналу на якійсь-то довжині хвилі, яка поширюється вздовж ОВ між двома його поперечними перетинами, що розміщуються на відстані 1 км. Коефіцієнт загасання ОВ вимірюється в дБ/км.

Коефіцієнт загасання в ОВ обумовлений власними втратами волокна:

$$\alpha = \alpha_{pp} + \alpha_{nm} + \alpha_{ic} + \alpha_{dom}, \quad (5.7)$$

де α_{pp} , α_{nm} , α_{ic} , α_{dom} , – відповідно складові за рахунок релеевського розсіювання, поглинання в матеріалі волокна, інфрачервоного поглинання і поглинання домішками ОВ.

При практичних розрахунках цих складових зручно використовувати такі наближені вирази:

$$\begin{aligned} \alpha_{pp} &\approx (6,3 \cdot 10^{11} / \lambda^4) \cdot (1 + 215\Delta), \\ \alpha_{nm} &\approx 2,55 \cdot 10^{-3} \exp[4,63 \cdot 10^3 / \lambda], \\ \alpha_{ic} &\approx 7,81 \cdot 10^{11} \exp[-4,85 \cdot 10^4 / \lambda], \end{aligned}$$

де λ – довжина хвилі оптичного випромінювання, уведеного в ОВ, нм.

Із втрат на домішки у реальних ОВ, що випускаються відповідно до вимог Рек. ІТУ-Т G.652 та G.651, найсильніше виявляються втрати на гідроксильні залишки води – ОН (α_{dom}), значення яких при $\lambda = 850$ нм відповідає 0,1 дБ/км, при $\lambda = 1300$ нм та $\lambda = 1550$ нм – 0,05 і 0,03 дБ/км відповідно.

Разом з коефіцієнтом загасання найважливішим параметром ОВ є дисперсія, яка визначає його пропускну здатність. **Дисперсія** – це розсіювання в часі спектральних або модових складових оптичного сигналу, яке призводить до збільшення тривалості імпульсу оптичного випромінювання при поширенні його по ОВ (рис. 5.10) та чисельно визначається різницею квадратів тривалостей імпульсів на виході та вході ОВ:

$$\tau = \sqrt{\tau_{вих}^2 - \tau_{вх}^2},$$

де значення $\tau_{вих}$ і $\tau_{вх}$ визначаються на рівні половини амплітуди імпульсів. Дисперсія не лише обмежує частотний діапазон ОВ, але істотно знижує дальність передачі сигналів, оскільки чим довша лінія, тим більше збільшення тривалості імпульсів.

Дисперсія в загальному випадку визначається трьома основними факторами: різницею швидкостей поширення мод, спрямовувальними властивостями оптичного волокна та параметрами матеріалу, з якого воно виготовлене. У зв'язку з цими основними причинами виникнення дисперсії є, з одного боку, велика кількість мод в ОВ (міжмодова дисперсія), а з іншого – некогерентність джерела випромінювання, які реально працюють у спектрі довжин хвиль $\Delta\lambda$ (хроматична дисперсія).

Міжмодова дисперсія переважає в багатомодових ОВ. Вона обумовлена наявністю великої кількості мод, час поширення яких різний. Значення міжмодової дисперсії ОВ зі східчастим ПЗ може бути визначено за виразом [5.17]

$$\tau_{мод} = \frac{n_1 \Delta}{c} L, \quad (5.8)$$

де c – швидкість світла, км/с; L – довжина ОВ, км.

Із виразу випливає, що міжмодова дисперсія зростає зі збільшенням довжини волокна. Проте це справедливо тільки для ідеального волокна, в якому взаємодії між модами немає. За реальних умов наявність неоднорідностей, кручення та вигинів волокна приводить до постійних переходів енергії з одних мод в інші – взаємодії мод, у зв'язку з чим дисперсія стає пропорційною $-\sqrt{L}$. Цей вплив виявляється не відразу, а після певної відстані проходження світлової хвилі, яка має назву «довжина встановлення модового складу». Ця довжина має дорівнювати (5...7) км для східчастого волокна та (10...15) км для градієнтного. Вона визначається емпіричним шляхом.

У градієнтних багатомодових волокнах час поширення оптичних променів визначається законом зміни показника заломлення та за певних умов вирівнюється, що, звичайно, веде до зменшення дисперсії. Так, при параболічному профілі показника заломлення, коли показник степеня $u = 2$, величина $\tau_{\text{мод}}$ буде дорівнювати

$$\tau_{\text{мод}} = \frac{n_1 \Delta^2 L}{2c}. \quad (5.9)$$

В інженерних розрахунках при визначенні модової дисперсії слід мати на увазі, що до певної довжини лінії $L_{c(\text{км})}$ нема міжмодового зв'язку, а потім при $L > L_c$ відбувається взаємне перетворення мод та настає сталий режим. Тому, як видно з рис. 5.11, спочатку при $L < L_c$ дисперсія збільшується за лінійним, а потім при $L > L_c$ – за квадратичним законами. Таким чином, приведені формули розрахунку модової дисперсії правильні лише для довжини лінії $L > L_c$.

При довжинах лінії $L > L_c$ слід користуватися такими формулами:

$$\left. \begin{array}{l} \text{– для східчастого світловоду} \\ \text{– для градієнтного світловоду} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \tau_{\text{мод}} = \frac{\Delta n_1}{c} \sqrt{LL_c}; \\ \tau_{\text{мод}} = \frac{\Delta^2 n_1}{2c} \sqrt{LL_c}. \end{array} \quad (5.10)$$

У одномодових ступінчастих світловодах немає модової дисперсії, і дисперсія в цілому істотно менша. Тут виявляються хвилевидна та матеріальна дисперсії, і при довжині хвилі близько 1,3 мкм відбувається їх взаємна компенсація ($\tau_{\text{мат}} \approx \tau_{\text{хв}}$).

Хвилевидна (внутрішньомодова) дисперсія обумовлена процесами всередині моди. Вона характеризується спрямовувальними властивостями осердя ОВ, а саме – залежністю групової швидкості моди від довжини хвилі оптичного випромінювання, що призводить до відмінності швидкостей поширення частотних складових спектра, що випромінюється. Тому внутрішньо-

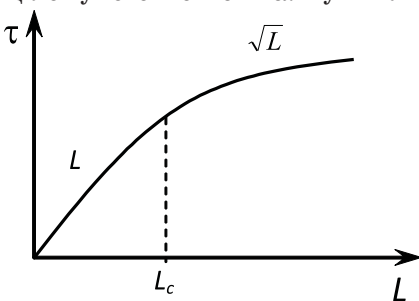


Рис. 5.11. Довжина взаємодії мод

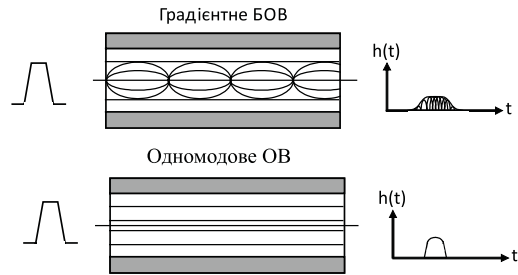


Рис. 5.10. Поширення випромінювання по градієнтному багатомодовому й одномодовому ОВ

модова дисперсія насамперед визначається профілем показника заломлення ОВ і пропорційна ширині спектру випромінювання джерела $\Delta\lambda$, тобто

$$\tau_{xe} = \Delta\lambda \cdot L \cdot B(\lambda),$$

де $B(\lambda)$ – питома внутрішньомодова дисперсія, пс/(км·нм).

За відсутності значень $B(\lambda)$ оцінка τ_{xe} може виконуватися за виразом

$$\tau_{xe} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \cdot \frac{2n_1^2 \Delta L}{c}, \quad (5.11)$$

де $\Delta\lambda$ – ширина спектральної лінії джерела випромінювання, що дорівнює, як правило, (0,1...3) нм для лазера та (20...40) нм для світлодіода; c – швидкість світла, м/с.

Матеріальна дисперсія в ОВ обумовлена залежністю показника заломлення від довжини хвилі $n = \psi(\lambda)$. У реальному ОВ поширення хвиль є дисперсійним, тобто швидкість поширення залежить від частоти (довжини хвилі).

Матеріальну дисперсію можна визначити через питому дисперсію $M(\lambda)$, пс/(км·нм), за виразом

$$\tau_{xe} = \Delta\lambda L M(\lambda). \quad (5.12)$$

Величина $M(\lambda)$ визначається експериментальним шляхом. За різних складів легуючих домішок в ОВ $M(\lambda)$ має різні значення залежно від λ . Тому при інженерних розрахунках для визначення τ_{mat} можна використовувати вираз [5.17]

$$\tau_{mat} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \cdot \frac{\lambda^2}{c} \cdot \frac{d^2 n_1}{d\lambda^2} L.$$

Для визначення $\frac{d^2 n_1}{d\lambda^2}$ можна користуватися формулою Селмейера для ПЗ кварцевого скла з використанням методу кінцевих різниць [5.17].

Поляризаційна модова дисперсія $\tau_{n\Delta}$ виникає внаслідок різної швидкості поширення двох взаємоортогональних поляризацій основної моди ОВ. Для оцінки цього виду дисперсії використовується вираз

$$\tau_{n\Delta} = K_{\text{пмд}} \sqrt{L}, \quad (5.13)$$

де $K_{\text{пмд}}$ – коефіцієнт питомої поляризаційної дисперсії, пс/ $\sqrt{\text{км}}$.

Поляризаційна модова дисперсія виявляється тільки в одномодових волокнах з нециркулярним (еліптичним) осердям та за визначених умов стає співмірною із хроматичною дисперсією. Ці умови виявляються тоді, коли використовується передача ширококутового сигналу зі швидкістю 2,4 Гбіт/с і більше з дуже вузькою спектральною смугою випромінювання 0,1 нм та менше.

Розглянуті різні види дисперсії виявляються по-різному в різних типах ОВ. Тому розглянемо всю дисперсію в ООВ та БОВ. У цілому результуюча дисперсія в одномодовому волокні повинна визначатися відповідно до виразу

$$\tau = \sqrt{(\tau_{xe} + \tau_{mat})^2 + \tau_{n\Delta}^2}. \quad (5.14)$$

У БОВ хвилевідна дисперсія мала за величиною, тому при визначенні всієї дисперсії нею зневажають.

У БОВ зі ступінчастим ППЗ τ_{mod} домінує над τ_{mat} , а з градієнтним ППЗ визначною стає матеріальна дисперсія. Останнє пов'язане з тим, що τ_{mod} в градієнтних

БОВ зменшується за рахунок вирівнювання часу поширення різних мод. Тому в загальному вигляді вся дисперсія в БОВ може бути подана виразом

$$\tau = \sqrt{(\tau_{\text{ев}} + \tau_{\text{мат}})^2}. \quad (5.15)$$

У цілому, порівнюючи дисперсійні характеристики різних волокон, можна зазначити, що найкращими показниками володіють одномодові ОВ, а найсильніше виявляється дисперсія в БОВ зі ступінчастим ППЗ.

Класифікація й основні конструкції оптичних кабелів

Особлива важливість та народногосподарське значення оптичних кабелів обумовлено тим, що запаси міді та свинцю у світовому балансі ресурсодобування дуже обмежені. Волокна оптичних кабелів, на відмінність від ширококовжливаних електричних кабелів з мідними жилами, виготовляються, як правило, із скла або полімерів. Перевагами оптичних кабелів порівняно з електричними є можливість передачі великого потоку інформації; мале загасання сигналу незалежно від його частоти в широкому діапазоні частот, висока захищеність від зовнішніх електромагнітних впливів.

Сьогодні ОК отримали застосування в різних галузях: зв'язок, радіоелектроніка, медицина, космос, машинобудування та ін. Вони, зокрема, ефективно використовуються у транспортних телекомунікаційних мережах та мережах абонентського доступу.

В ОК, крім ОВ, як правило, є такі складові: силові стержні, які приймають на себе поздовжні навантаження; заповнювачі у вигляді суцільних пластмасових стержнів; армуючі елементи, які підвищують стійкість кабелю при механічних впливах; зовнішні захисні оболонки, які запобігають проникненню вологи, пари, шкідливих речовин, зовнішніх механічних впливів та ін.

Провідними виробниками кабелювальної продукції у світі є такі фірми: Pirelli, Ericsson, Fujikura, LG, Alcatel, OFS, а серед виробників країн СНД слід виокремити ПАТ «Завод «Південкабель», «Москабель-Фуджікура», ТОВ «Севкавккабель», ТОВ «Оптен», ЗАТ «Самарська оптична кабелювна компанія» та ін.

Оптичні кабелі за призначенням можуть бути поділені на кабелі внутрішнього та зовнішнього прокладання, а також кабелі спеціального призначення.

Конструкції кабелів в основному визначаються призначенням і областю їх застосування, у зв'язку з цим є багато їх конструктивних варіантів. Нині в різних країнах розробляються та виготовляються багато типів кабелів. Проте всі їх можна поділити на чотири групи (рис. 5.12): модульної конструкції (рис. 5.12, а, б), кабелі з профільованим осердям (ПО) (рис. 5.12, в), кабелі стрічкового типу (рис. 5.12, г), мікрокабелі (рис. 5.12, д) і кабелі у щільному захисному покритті (рис. 5.12, е).

Оптичні кабелі модульної конструкції можуть містити в собі один (рис. 5.12, а) або кілька (рис. 5.12, б) оптичних модулів з оптичними волокнами (рис. 5.12 в). Оптичні волокна можуть розміщуватися джгутами в трубках модулів (рис. 5.12, б, в), у стрічках (рис. 5.12, а, г) або у щільному захисному покритті.

В одномодульних кабелях (рис. 5.12, а) модуль має 8, 10, 12, 16, 20, 24, 36, 48, 96 ОВ. При числі ОВ більше 12 вони групуються в пучки по 8, 10 або 12 ОВ, або у стрічках з 8, 12, 16 ОВ. Для ідентифікації ОВ у модулях або пучках передбачено 12 кольорів. Поверх трубки ОМ з гідрофобним заповненням, що поглинає гідроксильні групи, накладається оболонка з поліетилену високої щільності (низького тиску), підсилена двома або чотирма впресованими діелектричними стержнями. Захистом від гризунів слугує поліамідний шланг, що накладається поверх цієї оболонки.

У багатомодульних кабелях (рис. 5.12, б, в) центральний силовий елемент діелектричний – це склопластиковий стержень. Усі ОВ розміщені в цих конструкціях у полих трубках (loose tube), заповнених гідрофобним компаундом (рис. 5.12, б), або в модулях, що розміщені в пазах профільованого осердя (рис. 5.12, в). В одноповивних багатомодульних кабелях число ОВ від 12 до 144, в двоповивних – до 288. Захистом осердя кабелю від вологи слугує заповнення міжмодульного простору або паза компаундом або вологопоглинаючими нитками. Останні за наявності в кабелі вологи набухають і перешкоджають її повздовжньому поширенню. В ОК периферійний силовий елемент також діелектричний – це повиви арамідних ниток або склопластикових стержнів.

Для мікротраншейного прокладання використовуються мікрокабелі, що містять різну кількість ОВ. На рис. 5.12, д, як приклад, подано конструкцію мікрооптичного кабелю фірми Siemens типу MCS-Road. Цей кабель складається з мідної модульної трубки, що містить до 60 світловодів. Мідна трубка покривається поліетиленовою оболонкою. Компактний кабель MCS-Road має велику механічну міцність і морозостійкість. Кабель можна багато разів згинати і розгинати, не ризикуючи пошкодити його.

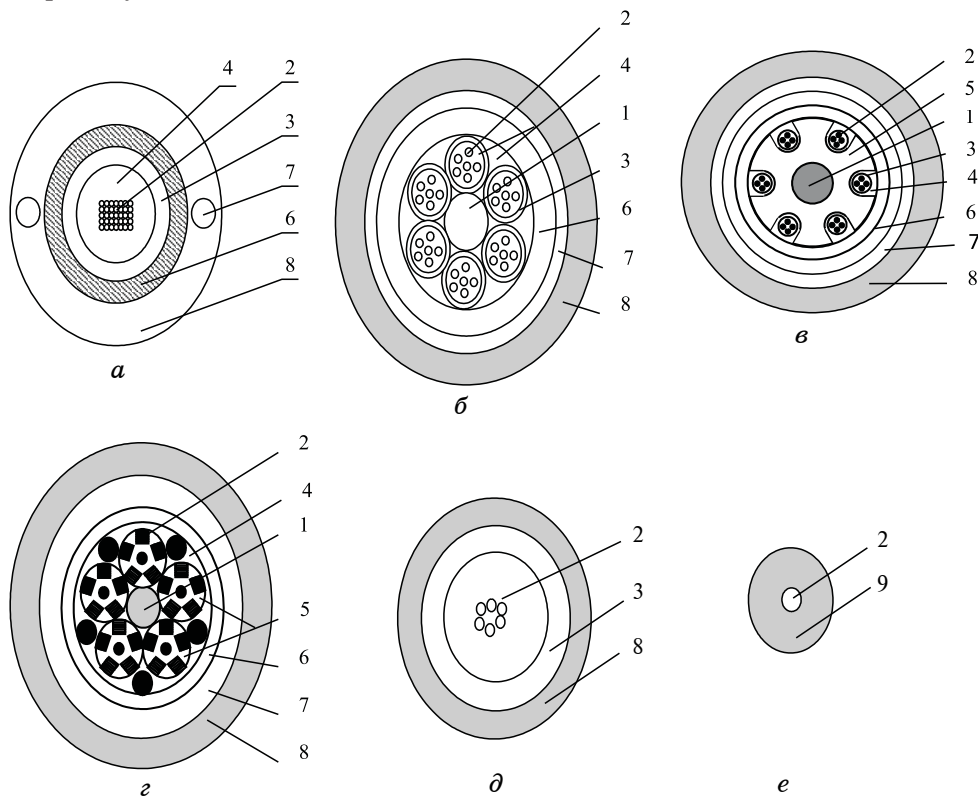


Рис. 5.12. Поперечні перетини типових конструкцій ОК:

a – з центральною модульною трубкою; *б* – багатомодульні повивні;

в – з профільованим осердям; *г* – зі стрічковим осердям;

д – мікрокабелі; *е* – кабелі у щільному захисному покритті;

1 – центральний силовий елемент; 2 – оптичне волокно (або стрічки з ОВ); 3 – трубка оптичного модуля; 4 – гідрофобний заповнювач; 5 – ПО; 6 – проміжна оболонка; 7 – периферійний силовий елемент; 8 – захисний шланг; 9 – щільне захисне покриття

Для полегшення ідентифікації в разі великої кількості ОВ групи з 12 різнобарвлених волокон об'єднуються в джгути, що скріплюють кольоровою пряжею. Це забезпечує швидку та надійну ідентифікацію світловодів для цілей зрощення.

Кабелі з профільованим осердям мають у центрі фігурне осердя з пазами, в яких розміщуються оптичні волокна (або модулі). Пази або модулі розміщуються по спіралі, тому не відчувають поздовжніх деформацій при розтягуванні. Якщо потрібен кабель великої ємності, то застосовують кілька таких первинних модулів.

Конструкції з багатьма профільованими осердями (рис. 5.12, з) зі стрічковою укладкою ОВ мають ОМ або ПО з блоками стрічок по 6, 12 елементів. Центральний силовий елемент – діелектричний. Число ОМ або ПО в повиві – 4, 5, 6. Загальне число ОВ у кабелі, наприклад, з модульною конструкцією становити від 288 ($4 \times 6 \times 12$) до 864 волокон ($6 \times 12 \times 12$). Між трубками модулів розміщені корделізаповнювачі (рис. 5.12, з). Внутрішньомодульне заповнення гідрофобом не використовується. Як міжмодульне заповнення є вологопоглинаючі волокна. Мінімальний радіус вигину багатомодульних кабелів 15-кратний зовнішньому діаметру кабелю. Зовнішній діаметр становить від 22,3 до 26,2 мм.

Багатомодульні конструкції ОК, що мають 600 та 1000 ОВ (рис. 5.12, з), застосовуються на місцевих мережах зв'язку. У таких кабелях поверх поясної скріплюючої обмотки накладені діелектричні ПСЕ та поліетиленова оболонка. Мінімальний радіус вигину кабелів із числом ОВ до 600 становить $15D_k$, а кабелів з 1000 ОВ – $20D_k$. Діапазон зовнішніх діаметрів цих СОКд становить від 10 до 40 мм.

Кабелі стрічкового типу містять стопки плоских пластмасових стрічок, в яких вмонтовано певну кількість оптичних волокон. Частіше всього в стрічці розміщується 12 волокон, а кількість стрічок становить 6, 8 або 12.

5.4. Широкозмугові системи передавання

Робастні властивості широкозмугових систем передавання

Поширення серед сучасних засобів зв'язку отримали системи передавання (СП), що використовують широкозмугові сигнали (ШСС) [5.20]. Традиційно до широкозмугових відносять сигнали на базі функцій Уолша і відповідно до широкозмугових СП (ШСП) – СП, які використовують ці сигнали, наприклад СП стандарту CDMA [5.21]. Рідше поняття «широкозмуговість» вживають щодо сигналів, що застосовуються в технологіях передавання, які використовують множину ортогональних гармонічних сигналів (ОГС), одночасно і незалежно модульованих інформаційними сигналами, що передаються [5.22]. Прикладом таких технологій є радіотехнології WiMAX, Wi-Fi, проводові – xDSL, PLC, DOCSIS та ін. Неважко підрахувати, що для СП стандарту ADSL2+ (різновиду технології xDSL) відоме співвідношення (база сигналів) WT – добуток ширини смуги частот каналу передавання на тривалість сигналу – становить величину близько 512 [5.23]. Це дає всі підстави віднести відповідні СП і системи ОГС до широкозмугових. Використовувані в СП з OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) широкозмугові сигнали є одним із видів широкого класу ОГС, які можуть бути використані для цілей передавання інформації. Оскільки ШСП, що використовують різні системи ортогональних двійкових функцій виду функцій Уолша, достатньо вичерпно вивчені й описані в спеціальній літературі, інтерес являють ШСП, що

використовують системи сигналів, кожний з яких охоплює лише частину смуги частот каналу передавання, іншими словами – сигнали системи передавання є вузькосмуговими сигналами щодо смуги частот каналу. ОГС у принципі не є такими, вони не обмежені за спектром, однак через високу концентрацію енергії в обмеженій частотній області каналу передавання їх можна практично віднести до таких. Загальною моделлю n -канальної ШСП, що використовує n вузькосмугових ортогональних сигналів, є система передавання з амплітудно-імпульсною модуляцією (АІМ), структурну схему якої наведено на **рис. 5.13**.

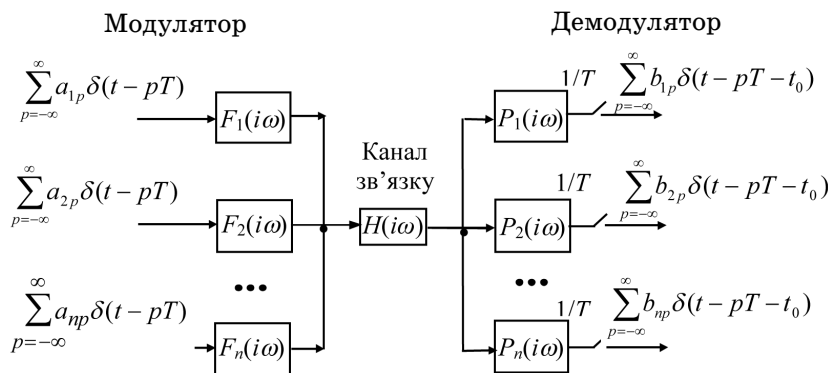


Рис. 5.13. Узагальнена структурна схема n -канальної ШСП

Канал зв'язку описується передатною функцією (ПФ) $H(i\omega)$, $-\Omega \leq \omega \leq \Omega$, де Ω – смуга пропускання каналу.

Модулятор ШСП містить n формуючих пристроїв – фільтрів з ПФ:

$$\{F_l(i\omega)\}_{l=1}^n, \quad -\Omega \leq \omega < \Omega, \quad (5.16)$$

що задовольняють умові ортонормованості:

$$\frac{1}{2\pi} \int_{-\Omega}^{\Omega} F_l(i\omega) e^{-i\omega p T} \bar{F}_m(i\omega) e^{i\omega q T} d\omega = \begin{cases} 1 & l = m, p = q, \\ 0 & \text{в інших випадках} \end{cases} \quad (5.17)$$

$$l, m = 1, 2, \dots, n; \quad p, q = 0, \pm 1, \pm 2, \dots,$$

де риска над функцією $\{F_m(i\omega)\}$ означає комплексно-спряжену функцію для комплексних функцій частоти.

Демодулятор ШСП у загальному випадку складається відповідно з n узгоджених із сигналами, що приймаються, фільтрів з ПФ:

$$\{P_l(i\omega)\}_{l=1}^n, \quad -\Omega \leq \omega < \Omega,$$

і ключів, стробуючих вихідні сигнали фільтрів у тактові моменти часу (t_0 – часова затримка, що внесена каналом зв'язку).

Пара – передавальний і приймальний фільтри – разом із каналом зв'язку утворюють один канал передавання ШСП.

Під час передавання формуючі фільтри модулятора одночасно і незалежно збуджуються передаваними сигналами:

$$a_l(pT) = \sum_{p=-\infty}^{\infty} a_{lp} \delta(t - pT), \quad l=1, 2, \dots, n, \quad (5.18)$$

де $\delta(t)$ – дельта-функція; a_{lp} – амплітуда сигналу, що збуджує l -й фільтр у p -й тактовий момент часу; T – тактовий інтервал надходження (передавання) передаваних сигналів, що задовольняє умові

$$T \geq \frac{\pi n}{\Omega}. \quad (5.19)$$

У разі виконання точної рівності в умові (5.19)

$$T = \frac{\pi n}{\Omega} \quad (5.20)$$

забезпечується максимально припустима швидкість передавання незалежних сигналів – 2 Бода (сигнала) на 1 Гц смуги частот смугообмеженим каналом зв'язку, за якої теоретично ще можуть бути відсутні інтерференційні впливи сигналів. Цю швидкість передавання сигналів прийнято називати Найквістовою швидкістю.

Сигнал на виході l -го фільтра модулятора описується формулою

$$s_l(t) = \sum_{p=-\infty}^{\infty} a_{lp} f_l(t - pT), \quad -\infty < t < \infty, \quad l = 1, 2, \dots, n, \quad (5.21)$$

а формований передавачем груповий сигнал – виразом

$$s(t) = \sum_{l=1}^n \sum_{p=-\infty}^{\infty} a_{lp} f_l(t - pT), \quad -\infty < t < \infty, \quad (5.22)$$

де $f_l(t)$ – імпульсна реакція l -го фільтра передавання.

На приймальному боці в результаті стробування (взяття відліків) вихідних сигналів фільтрів демодулятора з ПФ $P_l(\omega)$, $l = 1, 2, \dots, n$ формуються прийняті сигнали в кожному каналі:

$$b_l(pT) = \sum_{p=-\infty}^{\infty} b_{lp} \delta(t - pT - t_0), \quad l=1, 2, \dots, n, \quad (5.23)$$

де t_0 – часова затримка, що вноситься каналом зв'язку; b_{lp} – амплітуда відліку сигналу на виході l -го каналу в p -й момент часу, що в загальному випадку не дорівнює a_{lp} .

З умови ортогональності (5.17) випливає, що за відсутності спотворень сигналів-переносників $H(i\omega) = 1$, $-\Omega \leq \omega \leq \Omega$, із групового сигналу передавача (5.22) може бути виділений інформаційний параметр a_{lq} (при довільно вибраних значеннях індексів l , q і будь-яких величинах інформаційних параметрів з іншими індексами) за допомогою операції

$$a_{lq} = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) f_l(t - qT) dt,$$

що відповідає стробуванню в моменти qT , $q = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$, вихідних сигналів узгоджених фільтрів з ПФ $\{\bar{F}_l(i\omega)\}_{l=1}^n$.

Різниця $a_{lq} - b_{lq}$ становить величину інтерференційної завади при передаванні сигналу a_{lq} .

Нетривіальні приклади спектрів $\{\bar{F}_l(i\omega)\}_{l=1}^n$, що задовольняють умові (5.17) (умова (5.20) не накладалася), були вперше подані в роботах Р. Чанга [5.24] і Д. Шнідмена [5.25]. У згаданій роботі Д. Шнідмена наведено також іншу (еквівалентну 5.17) форму умови ортогональності:

$$\frac{1}{T} \sum_{p=-\infty}^{\infty} F_l(i\omega - ip \frac{2\pi}{T}) \bar{F}_m(i\omega - ip \frac{2\pi}{T}) = \begin{cases} 1, l = m; \\ 0, l \neq m, \end{cases} \quad (5.23)$$

названу *узагальненим критерієм Найквіста*.

Розвиток телекомунікацій затребував використання дедалі більш різноманітних каналів передавання і більш високих швидкостей передавання ними. Найбільш критичними для високошвидкісного передавання сигналів є радіоканали мобільного зв'язку. Крім поширених факторів традиційних каналів, що заважають, таких, як адитивний шум, зосереджені за спектром та імпульсні завади, невизначеність та стрибки фази несучої і коефіцієнта передавання, фазовий джитер, у радіоканалах, особливо в каналах мобільного зв'язку, основним фактором обмеження швидкості передавання є нестабільність їх частотних і часових характеристик. Під час руху об'єкта змінюються частотні характеристики радіоканалу, утвореного підсумовуванням множини відбитих від навколишніх об'єктів променів, змінюються характеристики радіозавад. Отже, має сенс говорити про системи передавання, здатні забезпечувати необхідну якість передавання інформації під час роботи у середовищах і каналах передавання з нестабільними частотними та завадовими характеристиками, а також про системи, здатні ефективно відновлювати працездатність при виникненні катастрофічних ситуацій, що призводять до переривання зв'язку. СП, що мають наведені властивості, будемо називати «робастними» (*robustness*).

Прикладом робастного метода передавання каналами зв'язку зі стрибками фази і рівня є метод фазорізнісної модуляції (ФРМ) [5.26]. У методі ФРМ інформація передається різністю фаз сигналів-переносників на двох сусідніх тактових інтервалах. Оцінка різності в приймачі не залежить від точності визначення модулів прийнятих сигналів, що знижує вимоги до стабільності коефіцієнта підсилення каналу. Стрибок фаз породжує лише невизначеність оцінки фази (похибку) на тактовому інтервалі, на якому стався стрибок. Від наступного тактового інтервалу після стрибка відновлюється вірне приймання сигналів. Інша картина спостерігається в СП, що використовують методи приймання, які містять адаптивну корекцію характеристик каналу зв'язку. Якщо не вжити спеціальних заходів щодо діагностики стрибка фази, то він сприймається як зміна частотних характеристик каналу, і адаптивний коректор починає його компенсувати. Процедура адаптації може тривати десятки і навіть сотні тактових інтервалів.

Вочевидь, що забезпечення робастних властивостей має здійснюватися на всіх рівнях побудови і функціонування СП. Метод передавання є найважливішою характеристикою СП, що визначає її робастні властивості. Розглянемо ШСП із каналами, які не перекриваються за частотою, з ПФ ідеальних смугових фільтрів (рис. 5.14) зі смугою пропускання Ω/n , де $\Omega = \omega_{\text{в}} - \omega_{\text{н}}$ – смуга пропускання каналу зв'язку ($\omega_{\text{в}}$ – верхня, $\omega_{\text{н}}$ – нижня границя смуги пропускання), n – число смугових фільтрів (каналів), $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$ – центральні частоти каналів.

Припустимо, що кількість каналів ШСП n збільшується і в принципі прагне до нескінченності. У цьому разі діапазон частот, який охоплює кожний канал СП, прагне до нуля. Але у вузькій смузі частот ПФ каналу передавання з високою точністю може бути апроксимована поліномом першого ступеня:

$$a_l \cdot e^{-i(\omega t_l + \phi_l)}, \omega_n + (l-1)\Omega/n \leq \omega < \omega_n + l\Omega/n, l=1,2,\dots,n,$$

де a_l – значення АЧХ $|H(i\omega)|$ на центральній частоті ω_l -го каналу; t_l – значення затримки сигналу l -го каналу; ϕ_l – плоска складова ФЧХ $\phi(\omega)$ l -го каналу.

Отже, за достатньо великого n довільна ПФ каналу зв'язку може бути апроксимована рядом:

$$\sum_{l=1}^n a_l e^{-i(\omega t_l + \phi_l)}, \omega_n + (l-1)\Omega/n \leq \omega < \omega_n + l\Omega/n, l=1,2,\dots,n,$$

де a_l, t_l, ϕ_l – константи.

Відтак, у СП з вузькосмуговими каналами (сигналами-переносниками) за наявності індивідуальних для кожного каналу систем автоматичного регулювання посилення (АРП), синхронізації несучої і тактової частот лінійні частотні спотворення сигналів, які передаються, можуть бути неістотно малими, а в результаті малими будуть і інтерференційні завади. При цьому необхідність в адаптивному коректорі відпадає.

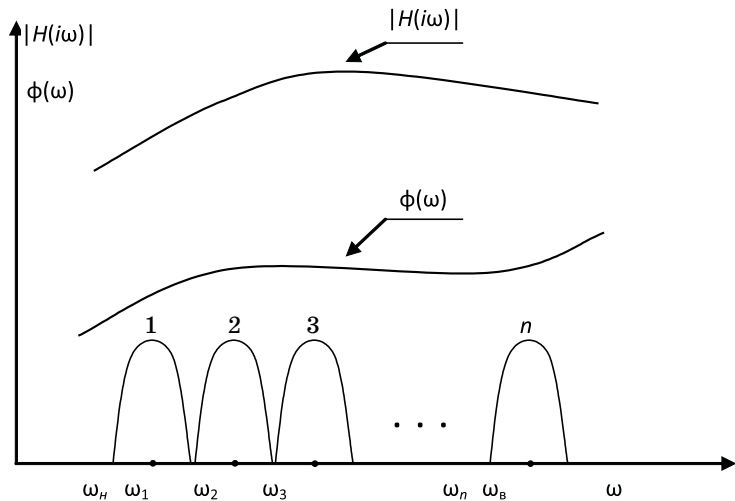


Рис. 5.14. Розміщення ПФ n -канальної ШСП у смузі каналу зв'язку ($\omega_n \div \omega_B$)

Відсутність адаптивного коректора частотних характеристик є істотним під час роботи по радіоканалах із селективними завмираннями по частоті. Селективні завмирання знижують відношення сигнал/шум у каналах, що збігаються за частотою з областю завмирань, не змінюючи його в решті каналів. За великого числа каналів навіть цілковите завмирання декількох каналів не погіршує якості роботи системи. породжені завмираннями помилки виправляються відповідними кодами.

Важливим результатом вузькосмуговості каналів СП є гнучкість у формуванні спектра сигналу, що передається. Якщо частотні характеристики каналу зв'язку достатньо стабільні в часі, то в приймачі СП виконується їх вимірювання та розподіл потужності передаваного сигналу та кількості інформації, яка передається каналами СП, з урахуванням результатів вимірювань. Це дозволяє, наприклад, не використовувати для передавання ті області частотної характеристики каналу зв'язку, в яких загасання сигналу або потужність завад великі.

Вузькосмуговість каналів ШСП дозволяє ефективно боротися з імпульсними завадами, тривалість яких порівняна з котельниківським інтервалом каналу зв'язку і, відтак, має широкий спектр, що перекриває спектр передаваного сигналу.

Припустимо, що груповий сигнал ШСП складається з n сигналів довжиною T із середньою енергією E_c . Сумарна середня енергія групового сигналу відповідно дорівнює nE_c , а середній рівень сигналу $-\sqrt{nE_c/T}$. Імпульсна завада характеризується довжиною T/n і розмахом, рівним середньому рівню групового сигналу. У цьому разі вся енергія імпульсної завади порівняна з енергією одного сигналу ШСП. Але спектр завади відповідно в n разів ширше спектра каналного сигналу, і в результаті тільки $1/n$ частина її енергії потрапляє в індивідуальні канали. Для одноканальних систем передавання (з послідовним передаванням сигналів) довжина імпульсної завади порівняна з довжиною тактового інтервалу, а її спектр перекриває спектр сигналу. Тому практично вся енергія завади потрапляє в приймач і визначає співвідношення сигнал/шум. Таким чином, відношення сигнал/імпульсна завада для індивідуальних сигналів n -канальної ШСП в \sqrt{n} разів більше, ніж для одноканальної СП.

Наведені характеристики ШСП із вузькосмуговими сигналами обумовили інтерес до них з боку розробників і їх поширення. Тепер можна сформулювати основні вимоги до СП, відповідність до яких забезпечує її робастність.

Робастна СП має:

⇒ швидко (практично за 2–3 такти) відновлювати працездатність каналу після впливу завад, що призвели до його руйнування;

⇒ здійснювати контроль характеристик середовища передавання (каналу зв'язку) і адаптивно перебудовувати свої характеристики разом із формою спектра сигналу, який передається, швидкість передавання;

⇒ використовувати метод передавання ортогональними вузькосмуговими сигналами;

⇒ використовувати коди, що виправляють помилки.

Системи широкосмугових ортогональних гармонічних сигналів

У зв'язку з викладеним становлять інтерес системи ортогональних сигналів, приймання яких не висуває жорсткі вимоги до синхронізації.

У теорії та техніці зв'язку велике значення має система експоненційних функцій часу:

$$\left\{ e^{il\omega_0 t} \right\}_{l=0}^{n-1}, 0 \leq t < \tau_0, \quad (5.24)$$

ортогональних на інтервалі часу $\tau_0 = 2\pi/\omega_0$ і періодичних з періодом τ_0 :

$$e^{il\omega_0 t} = e^{il\omega_0 (t-\tau_0)}.$$

Функції (5.24) зберігають ортогональність при довільному фазовому зсуві φ_0 :

$$\int_{-\tau_0/2}^{\tau_0/2} e^{i(l\omega_0 t + \varphi_0)} e^{-ik\omega_0 t} dt = \begin{cases} \tau e^{i\varphi_0}, & l = k, \\ 0, & l \neq k \end{cases},$$

і зв'язані співвідношенням Ейлера з тригонометричними функціями:

$$e^{il\omega_0 t} = \cos l\omega_0 t + i \sin l\omega_0 t.$$

Системи ортогональних сигналів, які описуються дійсними тригонометричними функціями:

$$\{\cos l\omega_0 t, \sin l\omega_0 t\}, l=0, 1, 2, \dots, N-1, \omega_0 = 2\pi F_0, \quad 0 \leq t < \tau_0, \quad (5.25)$$

ортогональними на інтервалі τ_0 , знайшли широке застосування в сучасних системах зв'язку. Нагадаємо, що сигнали, що задовольняють (5.25), $\cos l\omega_0 t$ і $\sin l\omega_0 t$, також ортогональні та називаються синфазною і квадратурною складовими, або квадратурними сигналами. Сигнали утворюють двомірну систему координат, що дозволяє реалізовувати різні види двомірних сузір'їв.

Спектри сигналів (5.25) з точністю до постійних множників на додатній піввісі частот описуються формулою (5.26):

$$S(\omega - l\omega_0) = \int_{-\tau_0/2}^{\tau_0/2} e^{il\omega_0 t} e^{-i\omega t} dt = \frac{\sin(\omega - l\omega_0) \tau_0 / 2}{(\omega - l\omega_0)}, \quad -\infty < \omega < \infty. \quad (5.26)$$

Графіки спектрів (5.26) для $l = 4, 5, 6, 22$, $\tau_0 = 10^{-3}$ с, $N = 512$ наведено на рис. 5.15.

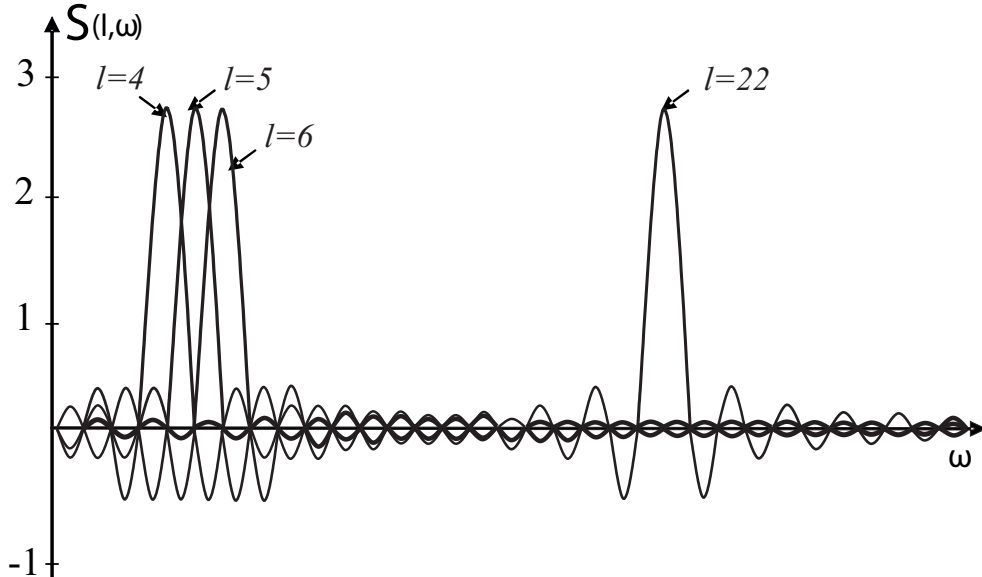


Рис. 5.15. Приклад огинаючих спектрів гармонічних сигналів тривалістю τ_0

Спектри теоретично нескінченні за частотою і спадають з частотою зі швидкістю, пропорційною $1/\omega$. При проходженні сигналів через смугообмежений канал зв'язку їх спектр обмежується смугою частот пропускання каналу, а довжина зростає. Внаслідок цього порушується ортогональність сигналів, які приймаються, що є причиною виникнення міжсимвольних і міжканалних інтерференційних завад. Проте на основі гармонічних сигналів (5.23) можна конструювати

ти системи ортогональних сигналів, які не втрачають ортогональності в результаті обмеження їх спектрів. Це досягається збільшенням довжини сигналів на так званий захисний інтервал, тривалість якого T_3 в загальному випадку визначається характеристиками каналу передавання, а саме довжиною його імпульсної реакції (ІР). У [5.22] обґрунтовано критерій вибору довжини захисного інтервалу

$$T_3 \geq \tau_p, \quad (5.27)$$

де τ_p – довжина імпульсної реакції каналу передавання.

Отже, якщо інтервал ортогональності τ_0 сигналів (5.25) обрати з умови

$$\tau_0 \leq T - \tau_p$$

або довжину сигналів-переносників обрати зі співвідношення

$$T \geq \tau_0 + \tau_p, \quad (5.28)$$

то ортогональність сигналів (5.25), що пройшли канал передавання, в інтервалі часу $\tau_p \leq t < T$ не порушується. У силу періодичності гармонічних сигналів із періодом τ_0 можна рівноправно створювати захисний інтервал, або періодично продовжуючи сигнали вліво на інтервалі T_3 (у цьому разі сигнал-продовження, за прийнятою зарубіжною термінологією, називають префіксом), або періодично продовжуючи сигнали вправо (суфікс), як показано на рис. 5.16. Довжина захисного інтервалу для визначеності обрана $T_3 = 0,375 \cdot 10^{-3} \text{ с}$, $\tau_0 = 10^{-3} \text{ с}$.

Якщо в приймачі СП правильно визначені межі інтервалу ортогональності (інтегрування) τ_0 , тоді можливе кореляційне приймання сигналів без виникнення інтерференційних завад за рахунок частотних лінійних спотворень. Очевидно також, що вимоги до точності тактової синхронізації визначаються співвідношенням T/τ_0 і можуть бути невисокими.

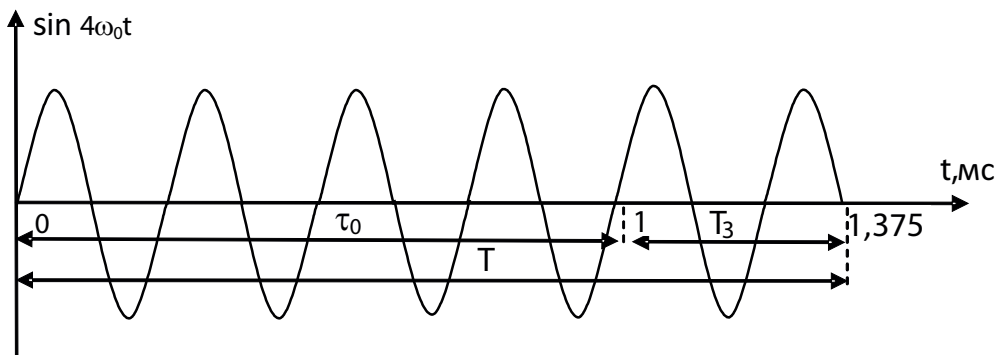


Рис. 5.16. Гармонічний імпульс $s(t) = \sin 4 \omega_0 t$
 $T = \tau_0 + T_3$

Таким чином, введення захисного інтервалу забезпечило малу чутливість СП з гармонічними сигналами (СП ОГС) до лінійних спотворень ПФ каналу зв'язку, що зумовило широке розповсюдження СП ОГС для передавання каналами зв'язку, характеристики яких досить швидко змінюються, через що непридатні традиційні методи приймання, які використовують корекцію. До таких належать, наприклад, як зазначалося вище, радіоканали з багатопроменим поширенням.

Поряд із цим система сигналів (5.23), у результаті концентрації основної енергії сигналів у діапазоні частот $2\omega_0$, практично зберегла переваги смугообмежених сигналів, про які йшлося вище.

Величина захисного інтервалу T_3 визначається довжиною ІР каналу зв'язку. Поняття довжини τ_p імпульсної реакції $h(t)$ потребує певного уточнення. Справді, з теоретичної точки зору довжина ІР смугообмеженого каналу зв'язку нескінченна. Однак практично є сенс говорити лише про довжину інтервалу часу, на якому зосереджена більша частина енергії ІР смугообмеженої системи. Тому в кожному конкретному випадку необхідно оговорювати частку повної енергії ІР, яку має містити результуюча ІР, і залежно від цього визначати її довжину.

Для забезпечення передавання «поганими» каналами необхідно збільшувати довжину захисного інтервалу i , щоб забезпечити прийнятне співвідношення довжини тактового і захисного інтервалів, число каналів СП ОГС. У принципі можливо обирати число каналів настільки велике, щоб довжина T_3 була необхідною, але такий підхід призводить до затримки передавання сигналу, яка, у свою чергу, для більшості систем зв'язку регламентується. Збільшення захисного інтервалу відносно довжини послілки призводить до зниження швидкості передавання, що також є небажаним. Таким чином, існують певні обмеження на вибір величини T_3 . Практично число каналів СП ОГС, а отже, і довжину тактового інтервалу, обирають таким чином, щоб частка захисного інтервалу становила близько 5–10 % від довжини імпульсу, що передається.

Інший підхід до виконання умови (5.27) полягає у зменшенні довжини ІР τ_p каналу передавання. Це досягається шляхом корекції ПФ каналу передавання. При цьому як критерій настроювання постає концентрація енергії ІР наскрізного каналу передавання в заданому інтервалі часу [5.22].

Розглянемо роль захисного інтервалу при передаванні групового сигналу СП ОГС каналами зв'язку з багатопроменевим поширенням сигналів. Для конкретності розглянемо двопробеневий канал, кожний із променів якого здійснює плоске (частотно незалежне) послаблення сигналу і його незалежну затримку:

$$H(i\omega) = H_1 e^{-i\omega\tau_1} + H_2 e^{-i\omega\tau_2},$$

де H_1, H_2 – коефіцієнти послаблення сигналів; τ_1, τ_2 – величини затримок сигналів.

Пройходження сигналу $s(t) = A_l \cos(l\omega_0 t + \varphi_l)$ каналом зв'язку з наведеною ПФ описується виразом:

$$s'(t) = A_l H_1 \cos(l\omega_0(t - \tau_1) + \varphi_l) + A_l H_2 \cos(l\omega_0(t - \tau_2) + \varphi_l).$$

$$s'(t) = A_l H_1 \cos(l\omega_0 t + \varphi_l + \varphi_{l1}) + A_l H_2 \cos(l\omega_0 t + \varphi_l + \varphi_{l2}),$$

де $\varphi_{l1} = -l\omega_0\tau_1, \varphi_{l2} = -l\omega_0\tau_2$.

$$s'(t) = A_l (H_1 \cos(l\omega_0 t + \varphi_l + \varphi_{l1}) + H_2 \cos(l\omega_0 t + \varphi_l + \varphi_{l2})).$$

Таким чином, сигнал, що приймається, становить суму косинусоїд з однаковими частотами. Сума двох косинусоїд з однаковими частотами, але різними амплітудами та фазами, також є косинусоїдою, тому останній вираз для $s'(t)$ можна переписати таким чином:

$$s'(t) = A' \cos(l\omega_0 t + \varphi'_l);$$

де $A'_l = \sqrt{A_l^2 (H_1^2 + H_2^2 + 2H_1 H_2 \cos(\varphi_{l2} - \varphi_{l1}))}$;

$$\varphi'_l = \arctg \frac{H_1 \sin(\varphi_l + \varphi_{l1}) + H_2 \sin(\varphi_l + \varphi_{l2})}{H_1 \cos(\varphi_l + \varphi_{l1}) + H_2 \cos(\varphi_l + \varphi_{l2})}.$$

Отже, якщо параметри променів залишаються постійними протягом приймання посылки, то результатом складання сигналів є сигнал з певною фазою і амплітудою, які можуть бути оцінені приймачем, а в результаті будуть виділені інформаційні параметри.

Очевидно, що наведені міркування справедливі й для каналів зв'язку з більшою кількістю променів. Тому якщо довжина захисного інтервалу τ_s перевищує максимальну різницю в затримках групового сигналу в багатопроменевому каналі зв'язку, то сумарний сигнал, отриманий в результаті складання сигналів різних променів на приймальному боці (в антені приймача), може бути демодульований у приймачі без інтерференційних завад. Цією властивістю сигналів ОГС визначається їх широке використання в СП по радіоканалах.

Ефективна технічна реалізація СП ОГС стала можливою в результаті застосування алгоритмів швидкого перетворення Фур'є (ШПФ) для виконання операцій модуляції і демодуляції. Модуляція сигналів несучих у передавачі математично описується алгоритмом, викладеним нижче.

Сформовані сигнали, що підлягають передаванню на p -му тактовому інтервалі, у вигляді двох послідовностей a_{np} і b_{np} : $a_{1p}, b_{1p}, a_{2p}, b_{2p}, \dots, a_{np}, b_{np}$, $-\infty < p < \infty$, з тактовою частотою, що дорівнює $1/T$, надходять на входи амплітудних модуляторів і модулюють амплітуди квадратурних несучих сигналів:

$$\left\{ \begin{array}{l} \cos l\omega_0(t-pT) \\ \sin l\omega_0(t-pT) \end{array} \right\}_{l=l_1}^{l_2}, \quad l_2 - l_1 + 1 = n, \quad \omega_0 = \frac{2\pi}{\tau_0}, \quad (5.29)$$

де l_1 і l_2 – номери першої і останньої несучих СП, розраховані як номери гармонік частоти ω_0 .

Груповий сигнал на виході передавача є сумою модульованих несучих (5.29):

$$s(t) = \sum_{p=-\infty}^{\infty} \sum_{l=l_1}^{l_2} a_{lp} \cos l\omega_0(t-pT) + b_{lp} \sin l\omega_0(t-pT). \quad (5.30)$$

На приймальному боці відбувається розділення сигналів і виокремлення інформаційних сигналів за допомогою кореляційної обробки:

$$\begin{aligned} \tilde{a}_{lp} &= \frac{2}{\tau_0} \int_{t_1}^{t_1+\tau_0} \tilde{s}(t) \cos l\omega_0(t-pT) dt, \\ \tilde{b}_{lp} &= \frac{2}{\tau_0} \int_{t_1}^{t_1+\tau_0} \tilde{s}(t) \sin l\omega_0(t-pT) dt, \quad l = l_1, l_1 + 1, \dots, l_2, \end{aligned}$$

де $\tilde{s}(t)$ – груповий сигнал на вході приймача, що пройшов через канал зв'язку; t_1 – момент початку інтегрування, який задається системою тактової синхронізації приймача СП.

Груповий сигнал СП ОГС (5.30) при дискретизації гармонічних сигналів-переносників і при виконанні умови $\tau_0 = N \cdot \tau$ описується дискретною функцією:

$$\begin{aligned} s(k\tau) &= \sum_{l=l_1}^{l_2} a_l \cos \frac{2\pi}{N \cdot \tau} lk\tau + b_l \sin \frac{2\pi}{N \cdot \tau} lk\tau, \\ s(k) &= \sum_{l=l_1}^{l_2} a_l \cos \frac{2\pi}{N} lk + b_l \sin \frac{2\pi}{N} lk, \quad k = 0, 1, 2, \dots, N-1. \end{aligned} \quad (5.31)$$

Перетворення Фур'є сигналу (5.31) визначає його спектр:

$$S(m) = \sum_{k=0}^{N-1} s(k) e^{-i \frac{2\pi}{N} mk} = \sum_{l=l_1}^{l_2} (a_l - ib_l)_{l=m} + (a_l + ib_l)_{m=N-l}, \quad m = 0, 1, 2, \dots, N-1. \quad (5.32)$$

Спектр (5.32) можна переписати таким чином:

$$\begin{aligned} S(m) &= a_m - ib_m, \quad m = 0, 1, 2, \dots, N-1, \\ a_m &= a_l, \quad b_m = b_l, \quad m = l_1, l_1 + 1, l_1 + 2, \dots, l_2, \\ a_m &= a_l, \quad b_m = -b_l, \quad m = N - l_2, N - l_2 + 1, \dots, N - l_1, \\ a_m &= b_m = 0 \quad \text{— в усіх інших випадках.} \end{aligned} \quad (5.33)$$

Очевидно, справедливо і зворотнє ДПФ

$$s(k) = \frac{1}{N} \sum_{m=0}^{N-1} s(m) e^{i \frac{2\pi}{N} mk}, \quad k = 0, 1, 2, \dots, N-1.$$

Отже, якщо сформулювати на боці передавача сигнал $S(m)$ згідно з умовами (5.33), то його зворотнє ДПФ дає сигнал $s(k)$, $k = 0, 1, 2, \dots, N-1$. Оскільки в результаті ДПФ ми отримуємо відліки сигналу на інтервалі довжиною τ_0 , то для формування групового сигналу на інтервалі послідовки T необхідно отриманий сигнал періодично продовжити на число відліків на захисному інтервалі.

Системи широкосмугових сигналів на основі гармонічного базису

Необмеженість по смузі частот сигналів (5.25) породжує інтерференційні завади в результаті обмеження їх спектрів і частотних спотворень при проходженні через смугообмежений канал передавання. З цієї причини канали СП ОГС розміщують у смузі частот каналу зв'язку на певній відстані за частотою від меж смуги пропускання, створюючи тим самим деякі захисні інтервали по частоті. Це призводить до зниження ефективності використання смуги частот. Іншим негативним виявом широкосмуговості гармонічних сигналів є зниження захищеності від зосереджених за спектром і імпульсних завад. Постає завдання синтезу ортогональних фінітних у часі сигналів, енергія яких максимально сконцентрована в частотній області. Таким чином, йдеться про синтез сигналів, оптимально об'єднуючих переваги смугообмежених з перевагами фінітних сигналів.

Слід зазначити специфіку поставленого завдання, оскільки в загальній постановці завдання знаходження сигналів скінченної тривалості, енергія яких максимально сконцентрована в заданій смузі частот, відома і вирішена [5.27]. Вирішенням завдання є серія хвильових сфероїдальних функцій. Однак цей результат малопридатний для нашого завдання, оскільки бажана система функцій, разом з високою концентрацією в частотній області, має задовольняти також узагальненому критерію Найквіста. Система хвильових сфероїдальних функцій останній вимозі не задовольняє.

Отже, має сенс завдання синтезу широкого класу ОГС на основі гармонічного базису і дослідження їх характеристик.

Сформулюємо таку задачу: визначити умови, за яких система функцій (сигналів)

$$\left\{ \sqrt{u(t)} e^{il\omega_0 t} \right\}_{l=0}^{n-1}, \quad -T/2 \leq t < T/2, \quad \omega_0 = 2\pi f_0, \quad (5.34)$$

де f_0 – рознесення між частотами сусідніх гармонічних функцій, що входять до складу функцій (5.34), ортогональна:

$$\int_{-T/2}^{T/2} \sqrt{u(t)} e^{il\omega_0 t} \sqrt{u(t)} e^{-ik\omega_0 t} dt = \begin{cases} 1, & l = k \\ 0, & l \neq k \end{cases}, \quad (5.35)$$

де n – число функцій; T – тривалість функцій; $u(t)$ – огибаюча.

На підставі рівності Парсеваля–Планшереля і фільтруючої властивості δ – функції умову (5.35) можна переписати таким чином:

$$\begin{aligned} \int_{-T/2}^{T/2} \sqrt{u(t)} e^{il\omega_0 t} \sqrt{u(t)} e^{-ik\omega_0 t} dt &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} U(i\omega) 2\pi\delta[\omega - (k-l)\omega_0] d\omega = \\ &= U[(k-l)\omega_0] = \begin{cases} 1, & l = k \\ 0, & l \neq k \end{cases} \end{aligned} \quad (5.36)$$

де $U(\omega)$ – перетворення Фур'є (спектр) огибаючої $u(t)$; $2\pi\delta[\omega - (k-l)\omega_0]$ – спектр експоненційної функції.

Отже, для виконання умови ортогональності (5.35) дискретна функція (5.36) має дорівнювати 1 при $k-l=0$ і 0 при $k-l=\pm 1; \pm 2; \dots$. Таким чином, ми визначили вимоги до спектра огибаючої $u(t)$, $0 \leq t < T$. Визначимо критерій вибору функції $u(t)$, яка має необхідний дискретний спектр.

Для дискретної функції частоти (5.35) справедливе перетворення Фур'є:

$$U(k\omega_0) = \int_{-\infty}^{\infty} u(t) e^{-ik\omega_0 t} dt = \begin{cases} 1, & k = 0, \\ 0, & k \neq 0. \end{cases}$$

Перетворимо останній вираз, увівши параметри T і τ_0 , вважаючи, що функція $u(t)$ періодична з періодом $\tau_0 = 2\pi/\omega_0$ (це впливає з дискретності її спектра):

$$U(k\omega_0) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \int_{-T/2+n\tau_0}^{T/2+n\tau_0} u(t-n\tau_0) e^{-ik\omega_0 t} dt. \quad (5.37)$$

Зробимо заміну змінних ($\tau = t - n\tau_0$):

$$U(k\omega_0) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \int_{-T/2}^{T/2} u(\tau) e^{-ik\omega_0(\tau+n\tau_0)} d\tau = \sum_{n=-\infty}^{\infty} e^{-ik\omega_0 n\tau_0} \int_{-T/2}^{T/2} u(\tau) e^{-ik\omega_0 \tau} d\tau. \quad (5.38)$$

Під знаком суми – добуток спектра функції $u(\tau)$ на експоненту, що відповідає спектру затриманої на $n\tau_0$ функції:

$$U(k\omega_0) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \int_{-T/2}^{T/2} u(\tau - n\tau_0) e^{-ik\omega_0 \tau} d\tau = \int_{-T/2}^{T/2} \sum_{n=-\infty}^{\infty} u(\tau - n\tau_0) e^{-ik\omega_0 \tau} d\tau = \begin{cases} 1, & k = 0 \\ 0, & k \neq 0. \end{cases} \quad (5.39)$$

Спектр, що містить лише постійну складову, відповідає функції, постійній в часі. Отже:

$$\sum_{n=-\infty}^{\infty} u(\tau - n\tau_0) = const. \quad (5.40)$$

Таким чином, доведено таке твердження. Для того щоб система функцій (5.34) була ортогональною, необхідно, щоб сума зсувів її огинаючої на $n\tau_0$, $n = \pm 0, \pm 1, \pm 2, \dots$, була величиною постійною.

Умові (5.40) задовольняють, наприклад, функції з кососиметричними фронтами (трапецеїдальні функції) (рис. 5.17). На рис. 5.17 пунктиром показано функції $u(t)$, зміщені на τ_0 .

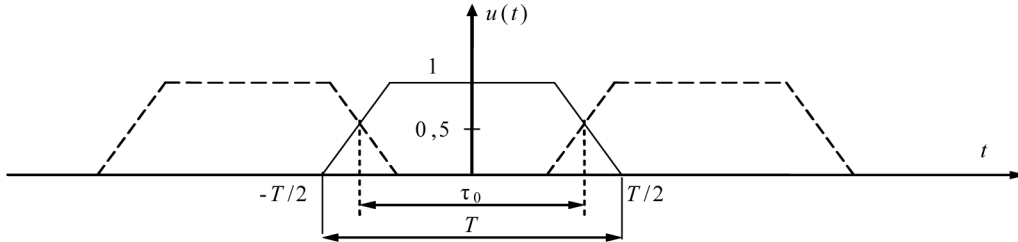


Рис. 5.17. Приклад графіка огинаючої $u(t)$

Ортогональність функцій $u(t)$, зміщених на pT , $p = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$, де p — номер тактового інтервалу передавання, також виконується, оскільки їх довжина обмежена інтервалом T . Таким чином, функції (5.34) і зсунуті на pT , $p = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$, функції утворюють нескінченну систему ортогональних функцій, які можуть бути використані як сигнали-переносники СП. Співвідношення (5.40) слід розглядати як узагальнений критерій Найквіста для системи ОГС.

Задаючи форму огинаючих сигналів $u(t)$, отримаємо різні системи ОГС, що задовольняють умові (5.35). Укажемо метод синтезу потрібних сигналів $u(t)$, який полягає в такому. Сигнал $u(t)$ подається у вигляді згортки сигналу $p(t) = 1$, $-\tau_0/2 \leq t < \tau_0/2$, прямокутної форми і симетричного відносно середини сигналу $\varphi(t)$, $-\tau/2 \leq t < \tau/2$, де $\tau = T - \tau_0$. Результуючий сигнал, як легко переконатися, має симетричні відносно меж інтервалу $[-\tau_0/2, \tau_0/2]$ фронти і задовольняє умові (5.85). При такому представленні $u(t)$ його спектр дорівнює добутку спектрів $P(i\omega)$ і $\Phi(i\omega)$ сигналів $p(t)$ і $\varphi(t)$:

$$U(i\omega) = P(i\omega)\Phi(i\omega), \quad (5.41)$$

і очевидно, що частотні характеристики синтезованих сигналів визначаються спектром $\Phi(i\omega)$.

Пропонований метод синтезу ортогональних сигналів у вигляді згортки сигналу $p(t)$, $-\tau_0/2 \leq t < \tau_0/2$, із симетричним відносно середини сигналом $\varphi(t)$, $-\tau/2 \leq t < \tau/2$, проілюструємо на прикладі синтезу сигналів з кососиметричними фронтами (рис. 5.18).

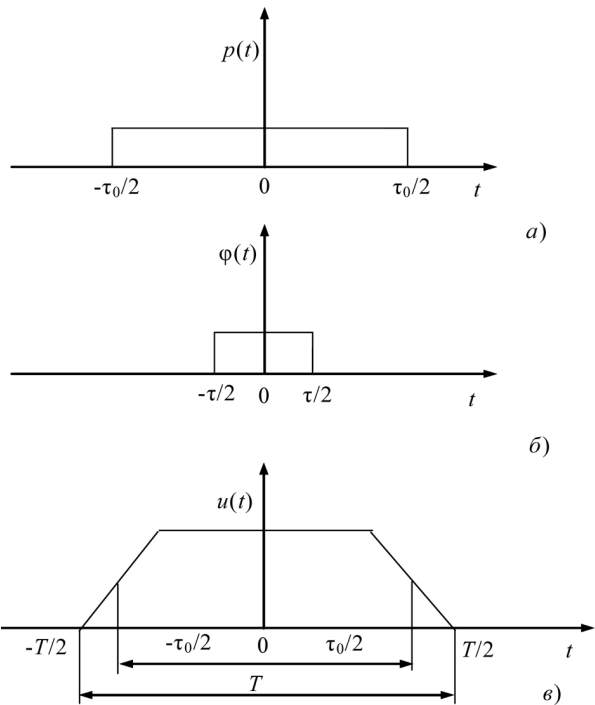


Рис. 5.18. Синтез сигналу огинаючої $u(t)$ системи ортогональних сигналів

Задаючи різні значення співвідношення $\alpha = \tau/\tau_0$, $0 \leq \alpha < 1$, можна отримати при $\varphi(t) = 1$ широкий спектр сигналів $u(t)$, починаючи від прямокутного і закінчуючи трикутним.

Якщо як сигнал $\varphi(t)$ обрати симетричний сигнал форми рівнобедреного трикутника, то в результаті його згортки із сигналом $p(t)$, як легко перевірити, отримаємо сигнали $u(t)$ з квадратичними фронтами.

Розглянемо задачу вибору форми сигналу $u(t)$, що забезпечує максимальну концентрацію енергії k -го гармонічного сигналу в діапазоні частот $(k-1)\omega_0 \leq \omega < (k+1)\omega_0$.

Задача, згідно із запропонованим методом, зводиться до знаходження сигналу $\varphi(t)$, $-\tau/2 \leq t < \tau/2$, максимально сконцентрованого в частотній області. Задачі такого роду, як зазначалося вище, розглядалися в низці робіт [5.27].

Скористаємося результатом рішення оптимізаційної задачі знаходження імпульсу заданої довжини, який має мінімальну ефективну ширину спектра [5.28]. Імпульс довжиною τ , що має мінімальну ефективну ширину спектра, описується функцією

$$\varphi(t) = \sqrt{\frac{2}{\tau}} \sin \frac{\pi}{\tau} t, \quad 0 \leq t < \tau, \quad (5.42)$$

а його спектр – функцією

$$\Phi(i\omega) = \sqrt{\frac{2}{\tau}} \int_0^{\tau} \sin \frac{\pi}{\tau} t e^{-i\omega t} dt = 2\pi\sqrt{2\tau} \frac{\cos \frac{\omega\tau}{2}}{\pi^2 - \omega^2\tau^2} e^{-i\omega\frac{\tau}{2}}, \quad -\infty < \omega < \infty. \quad (5.43)$$

Згортка імпульсу $\varphi(t)$ (5.42) з прямокутним сигналом $p(t)$ породжує сигнал тривалістю $\tau_0 + \tau$ з фронтами, що визначаються функцією

$$\int_0^t \varphi(t) dt = \sqrt{\frac{2}{\tau}} \int_0^t \sin \frac{\pi}{\tau} t dt = 2\sqrt{\frac{\tau}{\pi^2}} \sin^2 \frac{\pi}{2\tau} t. \quad (5.44)$$

З огляду на відповідне нормування, бажана оптимальна функція $u(t)$ описується такою формулою:

$$u(t) = \begin{cases} 1, & \text{при } |t| \leq (1-\alpha)\tau_0/2, \\ \cos^2 \left[\frac{\pi f_0 |t|}{2\alpha} - \frac{\pi(1-\alpha)}{4\alpha} \right], & \text{при } (1-\alpha)\tau_0/2 \leq |t| < (1+\alpha)\tau_0/2, \\ 0 & \text{– в усіх інших випадках,} \end{cases} \quad (5.45)$$

де $f_0 = 1/\tau_0$.

Графік функції $u(t)$ (5.45) при значеннях $\alpha_1 = 0$; $\alpha_2 = 0,0625$; $\alpha_3 = 0,125$; $\alpha_4 = 0,25$; $\alpha_5 = 0,5$; $\alpha_6 = 1$, $\tau_0 = 1$ наведений на **рис. 5.19**.

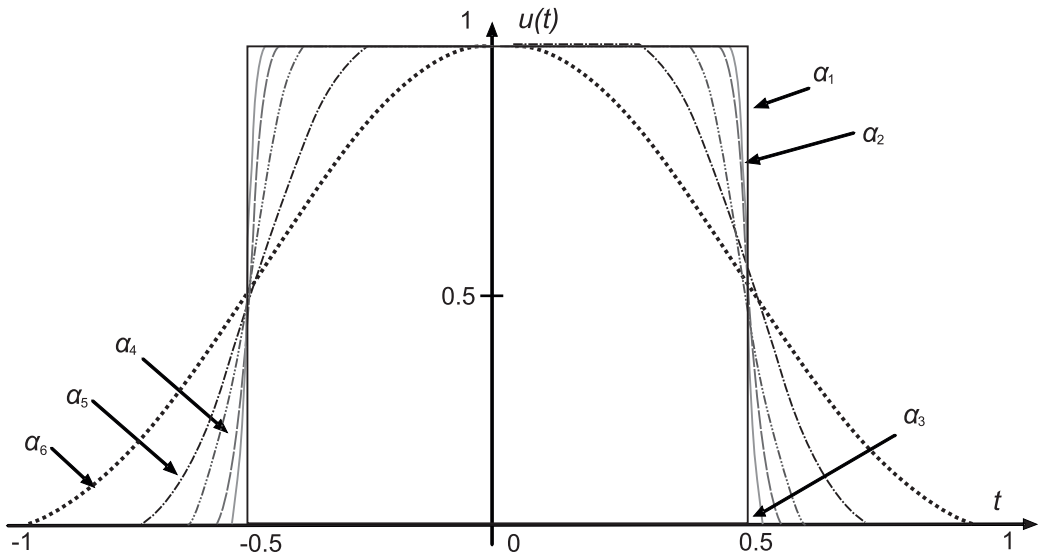
Спектри сигналів (5.45) мають вигляд

$$|U(f)| = \frac{2}{\pi} \sqrt{2\alpha\tau_0} \frac{1}{1-4\alpha^2\tau_0^2 f^2} \cos \pi f \alpha \tau_0 \cdot \frac{\sin \pi f \tau_0}{\pi f \tau_0}. \quad (5.46)$$

Для зручності порівняння енергетичних спектрів різних систем ОГС уведемо функцію:

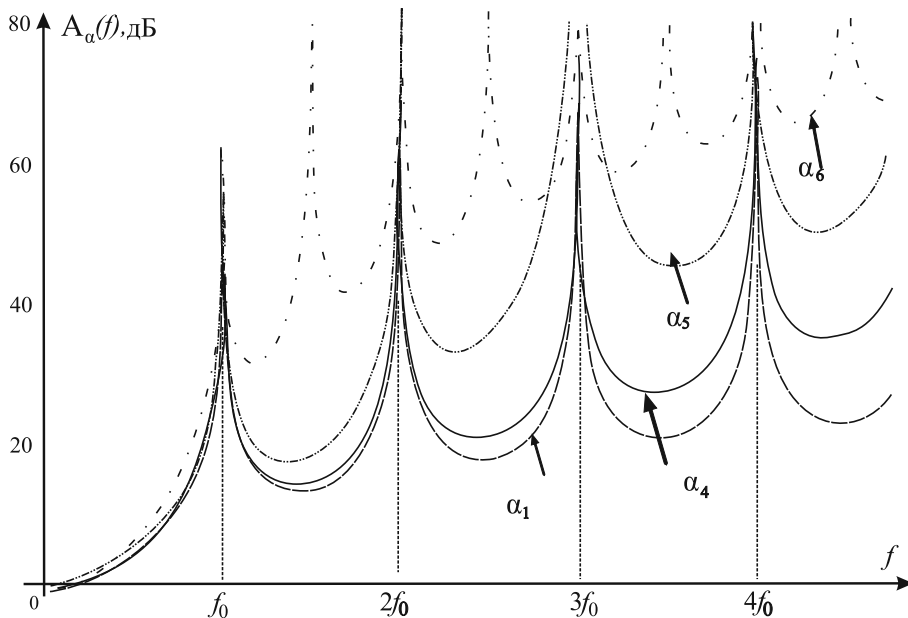
$$A_\alpha(f) = 10 \lg \frac{U_0^2(f)}{U_\alpha^2(f)}, \quad \text{дБ}, \quad (5.47)$$

де $U_0(f)$ – спектр сигналу $u(t)$ при $\alpha = 0$; $U_\alpha(f)$ – при $\alpha = \alpha$.

Рис. 5.19. Функція $u(t)$ з косинусквадратичними фронтами

Графіки функції (5.47) для сигналів (5.45) при $\alpha_1, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6$ наведено на рис. 5.20. Графіки ілюструють виграш у концентрації енергії спектрів сигналів, що забезпечується оптимальними огинаючими за різної величини α .

Аналіз графіків рис. 5.20 дозволяє зробити висновок, що при $\alpha = 1$ виграш у концентрації енергії сигналів у частотній області перевищує 20 дБ для сигналів, рознесених за частотою на $2f_0$, і далі зростає зі збільшенням частоти.

Рис. 5.20. Характеристики спектрів сигналів із косинусквадратичними фронтами при різних значеннях α

На графіках **рис. 5.21** побудовані значення функції $A_\alpha(f)$, $\alpha = 1$ для чотирьох систем ОГС з різними огинаючими сигналами $u(t)$:

A_1 – огинаюча з прямокутними фронтами (функція Котельникова);

A_2 – з косинусквадратичними фронтами;

A_3 – з кососиметричними фронтами;

A_4 – огинаюча з квадратичними фронтами.

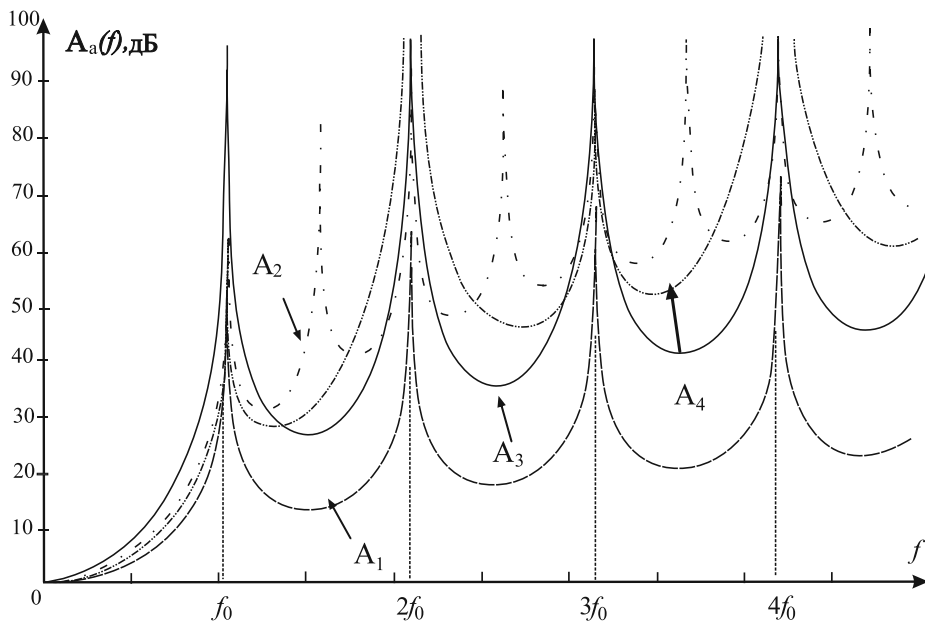


Рис. 5.21. Характеристики спектрів різних сигналів при $\alpha = 1$

Із **рис. 5.21** видно, що найбільшу концентрацію енергії в частотній області мають сигнали з огинаючою $u(t)$, що має косинусквадратичні фронти.

Неважко зрозуміти, що наведені результати при заміні змінної часу t на змінну частоти ω ідентичні відомим співвідношенням для смугообмежених функцій, задовольняючих критерію Найквіста.

Таким чином, запропоновано метод синтезу систем ортогональних гармонічних сигналів для широкосмугових систем передавання. Сигнали, використувані в технологіях передавання з OFDM, є представниками цього класу сигналів. Змінюючи параметри τ_0 , T і форму огинаючої гармонічних сигналів, можна досягнути високої концентрації їх енергії в частотній області. Результатом цього буде зниження при демодуляції потужності інтерференційних завад, викликаних лінійними спотвореннями передатних функцій каналів передавання і частотно-селективними завмираннями сигналів у результаті багатопроменевого поширення, а також підвищення захищеності сигналів від зосереджених за спектром завад.

Оцінка потужності інтерференційних завад в ШСП

У зв'язку з поширенням ШСП виникає природне питання: яка із систем ШПС є оптимальною? Також очевидно, що дати відповідь на поставлене питання з огляду на всі можливі фактори, які впливають на кінцеву оцінку якості передавання – ймовірність помилки на приймальному боці, – практично неможливо. За-

лишається шлях порівняння різних систем ШПС за умов впливу обмеженого числа факторів. До основних факторів, які впливають на якість передавання, належать частотні спотворення сигналів, що передаються, причиною яких є частотні характеристики ПФ каналів передавання.

Отже, питання, сформульоване вище, конкретизується таким чином: яка із систем ШПС найменш чутлива до частотних спотворень ПФ каналу передавання? Або більш конкретно: при використанні якої системи ШПС інтерференційні завади, породжувані лінійними спотвореннями ПФ каналу передавання, мінімальні? Очевидно, при цьому вважається, що при виконанні зазначеної умови ймовірність помилки буде мінімальною. Також очевидно, що порівнювати системи сигналів має сенс лише за умови однакової швидкості передавання інформації.

З метою аналізу чутливості ШПС до лінійних спотворень ПФ каналу передавання виведемо оцінку потужності інтерференційних завад, породжуваних спотвореннями групового сигналу при проходженні каналу зв'язку.

Розглянемо n -канальну ШСП (рис. 5.13), передавач якої містить n формуючих фільтрів з передавальними функціями:

$$\{\Psi_l(i\omega)\}_{l=1}^n, \quad -\Omega \leq \omega < \Omega,$$

де Ω – верхня частота смуги пропускання каналу зв'язку.

Приймальні фільтри передбачаються узгодженими з передатними і, отже, мають комплексно-спряжені характеристики $\{\bar{\Psi}_l(i\omega)\}_{l=1}^n$. Ця умова передбачає, що в ШСП відсутній коректор.

Також вважаємо, що функції

$$\Psi_l(i\omega)e^{-i\omega p T}, \quad l = 1, 2, \dots, n; \quad p = 0, \pm 1; \pm 2, \dots \quad (5.48)$$

задовольняють умові ортогональності (5.17), а параметр T – умові (5.20). Останнє означає, що ШПС порівнюються за умов найквістової швидкості передавання. Наведена система функцій (5.48) також має такі властивості:

- система функцій є повною в $L_2(-\Omega, \Omega)$;
- для функцій $\{\Psi_l(i\omega)\}_{l=1}^n$ справедливе співвідношення

$$\sum_{l=1}^n |\Psi_l(i\omega)|^2 = T \quad (5.49)$$

майже всюди на інтервалі $(-\Omega, \Omega)$ [5.29].

Спектр сигналу на виході l -го фільтра на передавальному боці описується формулою

$$\Psi_l(i\omega) \sum_{p=-\infty}^{\infty} a_{lp} e^{-i\omega p T},$$

а спектр групового сигналу СП ОС:

$$F(i\omega) = \sum_{l=1}^n \Psi_l(i\omega) \sum_{p=-\infty}^{\infty} a_{lp} e^{-i\omega p T}. \quad (5.50)$$

Після проходження через канал зв'язку з передатною функцією $H(i\omega)$, $-\Omega \leq \omega < \Omega$, груповий сигнал надходить на фільтри демодулятора з передатними функціями $\{\bar{\Psi}_l(i\omega)\}_{l=1}^n$, відліки сигналів на виході яких у загальному випадку описуються функціоналом

$$b_{lq} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\Omega}^{\Omega} F(i\omega) H(i\omega) \bar{\Psi}_l(i\omega) e^{i\omega q T} d\omega. \quad (5.51)$$

Різниця

$$a_{lq} - b_{lq}, \quad (5.52)$$

як раніше було визначено, становить величину інтерференційної завади при передаванні сигналу a_{lq} .

При $H(i\omega) = 1$, $\omega \in (-\Omega, \Omega)$, $a_{lq} = b_{lq}$. Іншими словами, в разі неспотворювального каналу в СП ОС, що задовольняє умовам (5.17) і (5.20), відсутні міжканальна і міжсимвольна завади.

Інтенсивність інтерференційної завади (5.52) будемо характеризувати математичним очікуванням її миттєвої потужності

$$P_l = M(a_{lq} - b_{lq})^2, \quad l = 1, 2, K, n, \quad -\infty < p < \infty. \quad (5.53)$$

Позначимо як d^2 математичне очікування сумарної (за всіма каналами ШСП і всіма моментами часу, відповідними взяттю відліків на виходах приймальних фільтрів) енергії інтерференційної завади:

$$d^2 = \sum_{l=1}^n \sum_{p=-\infty}^{\infty} M(a_{lp} - b_{lp})^2. \quad (5.54)$$

Зробимо такі два спрощувальні припущення:

1. Передавання триває скінчений час, так що всі a_{lp} при $p > N$ дорівнюють нулю. Це припущення, природне з практичної точки зору, забезпечує існування скінченної величини d^2 .

$$2. \quad M(a_{lp} a_{mq}) = \begin{cases} B(p - q), & l = m \\ 0, & l \neq m. \end{cases} \quad (5.55)$$

Співвідношення (5.55) відповідає ситуації, що має місце в СП ОС телефонних сигналів. Телефонні сигнали (мовлення) в окремих каналах є незалежними, але мають однакові функції автокореляції. При передаванні потоку взаємно незалежних символів умова (5.55) виконується в більш сильній формі:

$$M(a_{lp} a_{mq}) = \begin{cases} B(0), & \text{при } l = m, p = q, \\ 0, & \text{в усіх інших випадках} \end{cases} \quad (5.56)$$

На підставі першого припущення в другій сумі виразу (5.50) для спектра групового сигналу нескінченні межі мають бути замінені скінченими. Цей спектр тепер має вигляд:

$$F_N(i\omega) = \sum_{l=1}^n \Psi_l(i\omega) \sum_{p=-N}^N a_{lp} e^{-i\omega p T}.$$

На виході каналу зв'язку отримаємо

$$G(i\omega) = H(i\omega) F_N(i\omega) = H(i\omega) \sum_{l=1}^n \Psi_l(i\omega) \sum_{p=-N}^N a_{lp} e^{-i\omega p T}.$$

З огляду на повноту в просторі L_2 системи функцій (сигналів) (5.48) співвідношення (5.54) може бути записано таким чином:

$$\begin{aligned} \sum_{l=1}^n \sum_{p=-\infty}^{\infty} (a_{lp} - b_{lp})^2 &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\Omega}^{\Omega} |F_N(i\omega) - G(i\omega)|^2 d\omega = \\ &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\Omega}^{\Omega} \left| \sum_{l=1}^n \sum_{p=-N}^N a_{lp} \Psi_l(i\omega) e^{-i\omega p T} \right|^2 |1 - H(i\omega)|^2 d\omega, \end{aligned}$$

звідки випливає:

$$d^2 = \frac{1}{2\pi} \int_{-\Omega}^{\Omega} \sum_{l=1}^n \sum_{p=-N}^N \sum_{m=1}^n \sum_{q=-N}^N M(a_{lp} a_{mq}) \Psi_l(i\omega) \bar{\Psi}_m(i\omega) e^{-i\omega p T} e^{i\omega q T} |1 - H(i\omega)|^2 d\omega.$$

На підставі другого припущення (40) знаходимо:

$$d^2 = \frac{1}{2\pi} \int_{-\Omega}^{\Omega} \sum_{p=-N}^N \sum_{q=-N}^N e^{-i\omega(p-q)T} B(p-q) \sum_{l=1}^n |\Psi_l(i\omega)|^2 |1 - H(i\omega)|^2 d\omega. \quad (5.57)$$

Оскільки сума $\sum_{l=1}^n |\Psi_l(i\omega)|^2$ є постійною величиною, яка дорівнює T , то всі ШСП,

що використовують різні системи ШПС, які задовольняють умовам (5.17) і (5.20), виявляються рівноцінними з точки зору величини повної енергії інтерференційної завади.

Формула (5.57) може бути використана для безпосереднього підрахунку енергії інтерференційної завади. З цією метою надамо їй більш зручного вигляду. Для цього віднесемо енергію сумарної завади d^2 до числа переданих елементів сигналу $n(2N + 1)$ і, спрямувавши N до нескінченності, отримаємо «питому енергію»:

$$\hat{d}^2 = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{d^2}{n(2N + 1)} = \frac{T}{2\pi n} \int_{-\Omega}^{\Omega} S(i\omega) |1 - H(i\omega)|^2 d\omega, \quad (5.58)$$

де $S(i\omega) = \sum_{p=-\infty}^{\infty} e^{-i\omega p T} B(p)$ – енергетичний спектр послідовності відліків будь-якого з

вхідних сигналів СП ОС.

Припустимо, що ІР каналу зв'язку відмінна від нуля в кінцевому числі відлікових моментів часу. Це припущення приблизно виконується, якщо $H(i\omega) \in L_2(-\Omega, \Omega)$ (належить простору функцій з обмеженою енергією). Тоді при $N \rightarrow \infty$ відношення числа переданих елементів сигналу $n(2N + 1)$ до числа відмінних від нуля відліків сигналу на виходах фільтрів демодулятора СП ОС прагне до одиниці. Тому «основна» доля енергії інтерференційної завади зосереджена при великих N в $n(2N + 1)$ відлікових значеннях прийнятих сигналів. Звідси випливає, що «питома» енергія завади дорівнює межі середньої енергії на всіх каналах і у всіх моментах існування напруги інтерференційної завади.

З огляду на незалежність сигналів, що передаються різними каналами ШСП, енергія заважаючих впливів сигналів власного каналу (міжсимвольна завада) і енергія впливів сигналів інших каналів (міжканальна завада) в результаті складання дають енергію інтерференційної завади. Звідси випливає, що варіація функцій $\{\Psi_l(i\omega)\}_{l=1}^n$, через незалежність величин d^2 і \hat{d}^2 від виду функцій, може призводити лише до перерозподілу енергії між міжсимвольною і міжканальною завадами.

5.5. Мікрохвильові розподільні системи

Призначення та загальні характеристики мікрохвильових розподільних систем і мереж на їх основі

Мікрохвильові розподільні системи є в деякій мірі альтернативою, а іноді й доповненням існуючих систем традиційного ефірного телемовлення в діапазонах метрових та дециметрових хвиль, систем кабельного телебачення і систем супут-

никового безпосереднього телевізійного мовлення. Їх основне призначення – надання абонентам усього набору телекомунікаційних послуг на основі широкосмугового радіодоступу.

До мікрохвильових розподільних систем належать:

- мережі розподілу програм ТВ-мовлення;
- MMDS (Multichannel Microwave Distribution System) – мікрохвильова багатоточкова розподільна система;
- MVDS (Multipoint Video Distribution System) – багатоточкова відеорозподільна система;
- LMDS (Local Miltipoint Distribution System) – локальна багатоточкова розподільна служба, що забезпечує, зокрема, високошвидкісний доступ в Інтернет;
- MWS (Multimedia Wireless System) – мультисервісні мережі (наприклад, на основі мікрохвильової інтегрованої телерадіоінформаційної системи мультисервісного радіодоступу – (MITPIC) [5.30–5.32].

На теперішній час у світі впроваджені десятки систем MMDS, MVDS, LMDS та MWS, які реалізують доступ до Інтернету, надають послуги інтерактивного телебачення та інші широкосмугові послуги з технології безпроводового доступу.

Системи MMDS, MVDS, LMDS та MWS часто будуються за стільниковим принципом, тому такі системи називаються стільниковими системами телемовлення (системи Cellular Vision). Радіус зони обслуговування одного стільника визначається висотою підвісу передавальної антени, потужністю передавача, кількістю передавальних каналів, втратами в антенно-фідерному тракті, коефіцієнтами посилення передавальної та приймальної антен і становить у середньому 10 км (за умови використання спрямованих антен на абонентських станціях радіус зони обслуговування може становити 25...30 км).

Відповідно до Регламенту МСЕ для радіосистем типу MMDS, MVDS, LMDS та MWS виділені такі смуги частот: 2,1...2,7 ГГц; 30,8...33,4 ГГц; 27,5...29,5 ГГц; 40,5...42,5 ГГц; 42,5...43,5 ГГц. Можливий розподіл для цих систем додаткових смуг частот, зокрема 51,4...52,6 ГГц; 55,78...59 ГГц; 64...66 ГГц [5.30, 5.33, 5.34].

Запрошені користувачами дані транслюються низхідними потоками в цифрових каналах, що використовують модуляцію QPSK, 16-, 32-, 64-, 128- або 256-QAM. При цьому, залежно від ширини каналу і вибраної схеми модуляції сигналу, в одному ТВ-каналі шириною до 8 МГц забезпечується швидкість передачі даних до 56 Мбіт/с. Користувачі отримують дані з Інтернету зі швидкістю всього каналу, який використовується в режимі розділення часу, що в 1000...1500 разів швидше, ніж дозволяє аналоговий телефонний модем (33,6 Кбіт/с), у 200...400 разів швидше, ніж по лінії ISDN (64 та 128 Кбіт/с), і в 20...30 разів швидше, ніж по виділеному каналу E1 або по RadioEthernet (2 Мбіт/с) [5.33].

Сьогодні на основі MMDS, MVDS, LMDS та MWS систем можлива побудова екологічно безпечної безпроводової мережі інтегрального обслуговування на базі оптимального поєднання можливостей мікрохвильових, кабельних і проводових розподільних мереж. Таке поєднання дозволяє забезпечити надання користувачам усього комплексу телекомунікаційних послуг [5.31]:

- багатоканальне аналогове (цифрове), зокрема інтерактивне, телебачення;
- організація абонентської мережі DirectPC;
- цифровий телефонний зв'язок як проводовими лініями, так і з використанням систем безпроводового доступу;
- доступ до мереж передачі даних та Інтернету;

- організація локальних мереж передачі даних для виділених робочих груп (адміністративні органи та органи місцевого самоврядування, органи МВС, установи освіти, медичні установи, промислові підприємства);
- конференц-зв'язок, у тому числі відеоконференц-зв'язок;
- диспетчеризація інженерного устаткування будівель;
- електронні платежі і торгівля;
- охоронна та протипожежна сигналізація.

Застосування таких систем має низку незаперечних переваг перед кабельними мережами:

⇒ побудова систем MMDS, MVDS, LMDS та MWS вимагає менших капітальних витрат;

⇒ системи MMDS, MVDS, LMDS та MWS порівняно з кабельною мережею компактніші та мобільніші, не вимагають утримання великого штату співробітників для експлуатації та ремонту мережі;

⇒ порівняно невеликий час розгортання мережі;

⇒ висока якість сигналів через порівняно низький рівень перешкод у виділених для цих систем діапазонах частот;

⇒ системи MMDS, MVDS, LMDS та MWS дозволяють усунути так звані «мертві зони» у великих містах з багатоповерховою забудовою шляхом застосування ретрансляторів.

Недоліки систем MMDS, MVDS, LMDS та MWS:

⇒ необхідність розміщення передавальної та приймальної антен в межах прямої видимості;

⇒ втрати енергії радіосигналу в гідрометеорах і атмосферних газах;

⇒ необхідність установки ретрансляторів для унеможливлення «мертвих зон».

Мікрохвильова розподільна система МІТРІС

Структуру безпроводової мережі інтегрального обслуговування на основі системи МІТРІС зображено на **рис. 5.22** [5.22]. У складі системи можна виділити три підсистеми, які можуть працювати як сумісно, так і незалежно одна від одної:

- ❖ багатоканальне аналогове (цифрове), зокрема інтерактивне, телебачення;
- ❖ передача даних, у тому числі доступ в Інтернет;
- ❖ цифровий телефонний зв'язок.

Базовим устаткуванням системи є: центральна станція, до якої входять багатоканальний мікрохвильовий приймач з пристроєм об'єднання частотних каналів, антена з круговою діаграмою спрямованості в горизонтальній площині, система гарантованого електроживлення; абонентські приймальні станції, разом з антеною та конвертором; ретранслятори сигналів центральної станції до абонентських станцій для розширення зони покриття.

При організації підсистеми телерадіомовлення до центральної станції підключаються телепорт для прийому програм супутникового та ефірного телебачення, телерадіостудійне устаткування, радіорелейні станції виділених напрямів для зв'язку з видаленими телерадіостудіями, система кодування і обліку абонентів. До абонентської станції індивідуального користування підключається тюнер, а колективного – дільник потужності та індивідуальні абонентські тюнери.

При організації підсистеми передачі даних до центральної станції підключаються вузол комутації потоків даних і вузол управління мережею. До абонентської станції підключається цифровий приймач і мультиплексор/демультиплексор, що підтримує необхідні протоколи передачі даних.

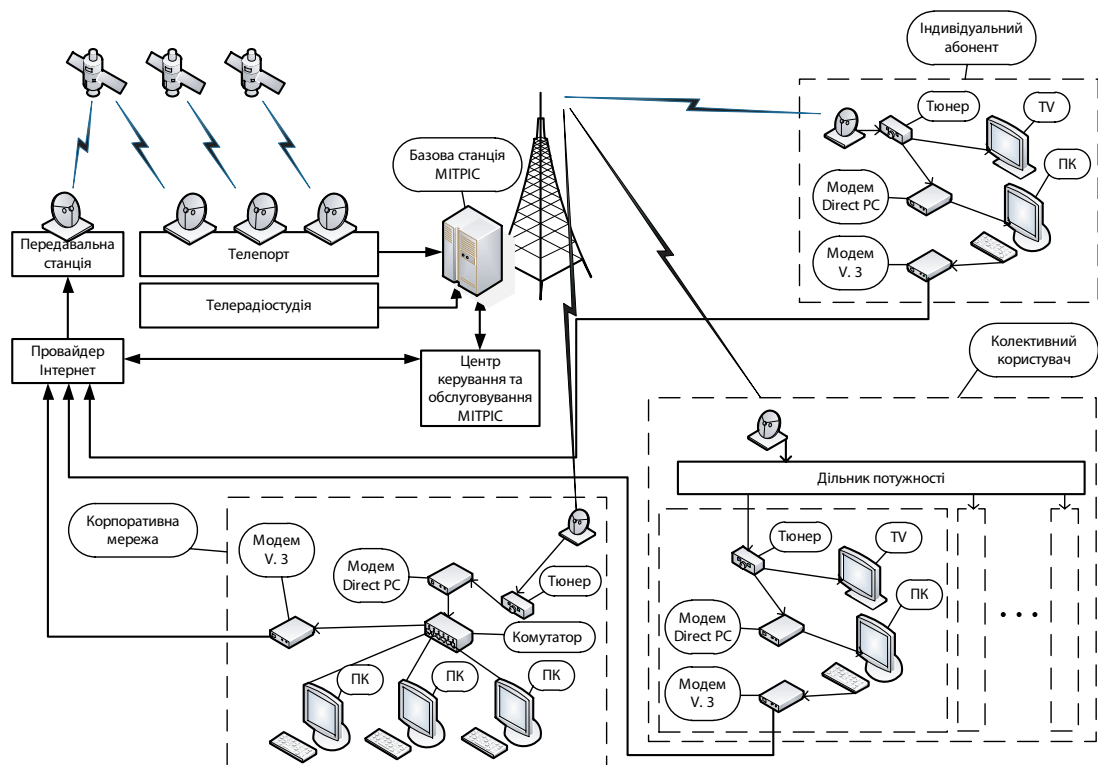


Рис. 5.22. Структура безпроводової мережі інтегрального обслуговування на основі системи МПТРС

При організації підсистеми цифрового телефонного зв'язку до центральної станції підключаються вузол комутації потоків (як вузол може бути використана місцева цифрова АТС), вузол управління мережею зв'язку і, за необхідності, контролер базової станції системи безпроводового доступу. До абонентської станції підключається цифровий приймач, мультиплексор/демультиплексор, що підтримує необхідні протоколи передачі даних, до якого підключені абонентський концентратор для проводових абонентів і, за необхідності, базова станція системи безпроводового доступу для безпроводових абонентів.

Система будується за зоновим принципом з радіусом зони покриття до 40 км (з урахуванням можливостей ретрансляторів). Для запобігання впливу перешкод від систем, що працюють у сусідніх зонах, застосовується просторово-частотне розділення.

Центральна станція, приймаючи сигнали телерадіопрограм декількох супутників через телепорт, сигнали місцевих студій та ефірних телевізійних передавачів, групові сигнали цифрової телефонії та даних, об'єднує їх за спектром. Результуючий сигнал формується і випромінюється в сантиметровому або міліметровому діапазонах хвиль.

Діаграма спрямованості передавальної антени центральної станції, що розміщується на спеціальній опорі або висотній будівлі, – кругова (можливе застосування секторних антен) у горизонтальній та вузька (ширина не більш 4...5°) у вертикальній площинах.

Користувачі (абоненти), що перебувають у зоні прямої видимості центральної станції, можуть приймати сигнали як на індивідуальні абонентські приймальні станції, так і на колективні. За відсутності прямої видимості прийом здійснюється через ретранслятори.

Характеристики і конфігурація системи визначаються відповідно до необхідного переліку і обсягу послуг, що надаються. Крім того, можлива поетапна установка системи.

При організації цифрових каналів зв'язку використовується комбінований метод багатостанційного доступу: у напрямку від базової станції – часове розділення каналів, у напрямку до базової станції – частотно-часове розділення. Такий метод доступу дозволяє проводити мультиплексування потоків даних, які передаються з різними швидкостями.

Послуги організації локальних мереж передачі даних, диспетчеризації інженерного устаткування будівель, електронних платежів і торгівлі, охоронної та протипожежної сигналізації забезпечуються підсистемою передачі даних. У разі потреби можлива організація цих послуг в підсистемі цифрової телефонії за рахунок організації виділених каналів зв'язку.

Забезпечення доступу в Інтернет можливе трьома способами:

1) з використанням підсистеми передачі даних, що забезпечує швидкість обміну до 144 кбит/с;

2) на основі абонентської мережі DirectPC, що забезпечує швидкість приймання даних до 10 Мбіт/с, при цьому до центральної станції підключається станція приймання DirectPC, до абонентської станції підключається модем DirectPC, а зворотний канал організовується по існуючій телефонній мережі або з використанням підсистеми цифрового телефонного зв'язку;

3) традиційними методами з використанням підсистеми цифрового телефонного зв'язку, що забезпечує швидкість обміну до 56 кбит/с.

Діапазон робочих частот системи МІТРІС сильно впливає на її роботу. Перевагою сантиметрового діапазону над метровим і дециметровим є те, що в сантиметровому діапазоні можуть використовуватися ширші смуги частот каналів, що, у свою чергу, може сприяти досягненню великої пропускної здатності. Проте є і недоліки, наприклад втрати в дощах і атмосферних газах, які на частотах вище 10 ГГц швидко збільшуються зі зростанням частоти. Зазначений чинник обмежує вибір частотного діапазону зверху, особливо якщо система призначена для використання в регіоні, що характеризується випаданням інтенсивних опадів.

Таким чином, оптимальний діапазон робочих частот для систем МІТРІС перебуває в області 10 ГГц, наприклад, у Великобританії та Російській Федерації для зазначених систем виділено той самий ліцензійований діапазон 10,15...10,6 ГГц.

Радіус стільника системи МІТРІС залежить від типу антен абонентських станцій та використовуваної в системі модуляційної схеми. З метою оптимального використання частотного спектра для передачі низхідних даних використовується модуляція 64QAM. Для цієї модуляції за будь-яких умов експлуатації має забезпечуватися радіус зони обслуговування (радіус стільника), який дорівнює 10 км. При цьому на абонентських станціях використовується інтегрована панельна антена. Для того щоб забезпечити радіус зони обслуговування 25 км, необхідно використовувати абонентські станції з параболічною антеною, у якої істотно більший коефіцієнт посилення. У висхідному напрямі можуть використовуватися типи модуляції 16QAM і QPSK для досягнення дальності відповідно 10 та 25 км.

Основний параметр, який визначає якість системи МІТРС, з погляду користувача, – це висока пропускна здатність радіомережі. У сучасних стандартах МІТРС ВС може реалізувати пропускну здатність 840 Мбіт/с в низхідному напрямі та принаймні 260 Мбіт/с – у висхідному напрямі. Забезпечуючи доступ для великого числа користувачів, при цьому ВС може підтримувати швидкість корисних даних 480 Мбіт/с в низхідному напрямі і 208 Мбіт/с – у висхідному напрямі. Пропускна здатність у висхідному напрямі розрахована з умов застосування у зворотному каналі модуляції QPSK. При використанні модуляції 16QAM пропускна здатність для зворотного каналу подвоюється, але одночасно удвічі зменшується радіус зони обслуговування.

5.6. Обладнання мереж з комутацією каналів

Цифрові системи комутації

Цифрові системи комутації (ЦСК) характеризуються:

- ⇒ ємністю від 50 до 900 тисяч номерів;
- ⇒ наявністю великої номенклатури типів та ємностей ВАР і повноцінних, з можливостями транзитних з'єднань і замикання, внутрішніх викликів ВКМ;
- ⇒ широкою номенклатурою абонентських і лінійних стиків і способів сигнального обміну, зокрема наявністю спільноканальної сигналізації СКС-7;
- ⇒ централізованою технічною експлуатацією і можливістю взаємодії з мережею керування електрозв'язком *TMN (Telecommunication Management Network)* і можливостями взаємодії з моніторинг-центрами;
- ⇒ можливостями широкосмугової пакетної комутації і взаємодії з пакетними мережами *IP*, асинхронного режиму перенесення інформації *ATM (Asynchronous Transfer Mode)*, транслявання кадрів *FR (Frame Relay)*, *Ethernet*; і комутацією за вимогою каналів *B, H₀, H₁* (відповідно 64, 384 і 1920 кбіт/с);
- ⇒ великою номенклатурою послуг, разом з мультисервісними послугами і послугами інтелектуальної мережі *IN (Intelligent Network)*.

ЦСК у використанні універсальна. ЦСК може одночасно функціонувати як:

- опорна (ОПС) або опорно-транзитна станція (ОПТС);
- автоматична міжміська телефонна станція (АМТС);
- міжнародний центр комутації (МЦК);
- вузол спецслужб (ВСС) або центр обробки викликів (*Call-center*);
- центр комутації стільникової мережі рухомого зв'язку *MSC (Mobile Switching Center)*;
- пункт присутності *Internet IPOP (Internet Point Presence)*;
- шлюз з пакетними мережами *IP, ATM, FR, Ethernet*;
- пункт комутації інтелектуальних послуг *SSP (Service Switching Point)*.

ЦСК – це єдиний територіально-розподілений комплекс апаратно-програмних засобів, що виконує функції цифрової комутації, керування з'єднаннями і централізації технічної експлуатації й обслуговування системи. Він складається з опорного обладнання (ОПО), комутаційних модулів (КМ) і абонентських модулів (АМ). КМ та АМ можуть бути як локальними, так і виносними (ВКМ та ВАР відповідно). У такому разі вони з'єднуються з ОПО цифровими внутрішньосистемними з'єднувальними лініями (рис. 5.23). Внутрішньосистемні ЗЛ можуть мати специфічні для ЦСК лінійні стики і протоколи сигнального обміну.

ВКМ – це автономна частина обладнання ЦСК, здатна незалежно функціонувати на мережі як окрема станція і лише в процедурах технічної експлуатації і керування залежати від ОпО.

ВАМ – це винесена від ОпО або ВКМ частина обладнання системи, що цілком керується від ОпО або ВКМ і призначена для вмикання абонентських ліній (АЛ) за допомогою абонентських концентраторів або мультиплексорів.

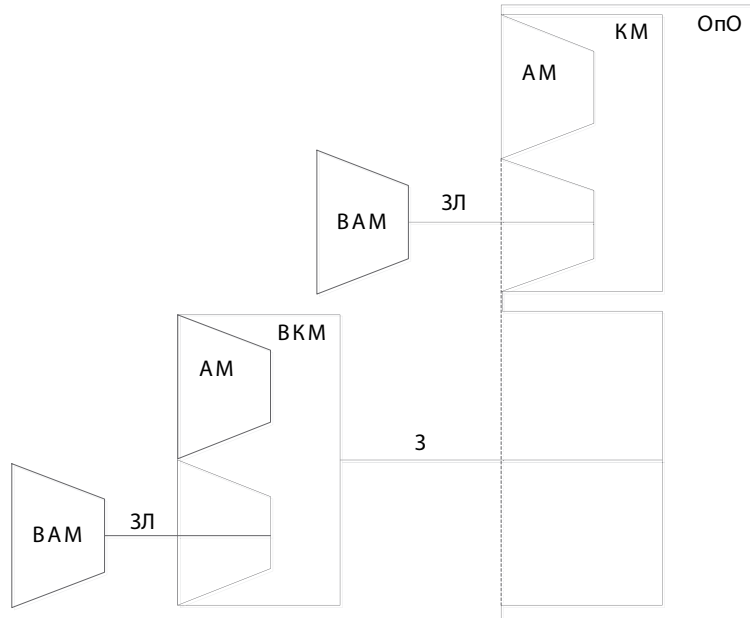


Рис. 5.23. Структура ЦСК

Архітектура ЦСК. Опорне обладнання містить центральне комутаційне поле (ЦКП) системи, до якого підключаються локальні абонентські модулі (АМ), комплекти цифрових з'єднувальних ліній (ЦЗЛ), модуль спільного каналу сигналізації (СКС-7), модуль синхронізації СКС, контролер базових станцій (КБС) підсистеми *DECT*, модулі пакетної комутації – АТМ, взаємодії з мережею *Internet IPOP*, інтелектуальною мережею *IN*. Керує роботою ОпО і всіма територіально розподіленими ЦСК центральний пристрій керування (ЦПК).

ВАМ забезпечують стик типу *Z* з аналоговою абонентською лінією або стик типу *U* з цифровою. ВАМ встановлюються для зменшення витрат на абонентську мережу але не дозволяють замикати внутрішнє навантаження. Тому ВАМ не можуть функціонувати автономно і керуються від ОпО або ВКМ.

ВКМ містять комутаційне поле (КП) і абонентські модулі – локальні та виносні. Обладнання ВКМ зв'язане з ОпО внутрісистемним протоколом сигналізації. Установлення з'єднань і керування від ЦКП ОпО, зокрема, адміністративно-експлуатаційних функцій, хоча ВКМ здатне автономно обслуговувати з'єднання між своїми абонентами. Наявність у ВКМ комутаційного поля з деяким числом напрямків зв'язку дозволяє організовувати опорні станції і з'єднувати ВКМ між собою кільцевою транспортною мережею.

Винесні абонентські та комутаційні модулі включаються в комутаційний модуль ОпО цифровими лініями зв'язку – внутрішньосистемними ЗЛ за допомогою протоколу $V_{5.2}$. В узагальненому вигляді архітектуру ЦСК зображено на рис. 5.24.

Протокол $V_{5.2}$ містить від 1 до 16 трактів Е1, з окремим сигнальним каналом у кожному тракті. Для сигналізації використовується КІ-16, але додатково сигнальними також може бути будь-який КІ, крім КІ-0. Протокол $V_{5.2}$ виконує всі основні та допоміжні функції керування викликами, а також функції мережної

взаємодії. Забезпечує концентрацію навантаження та динамічне призначення КІ, підтримує первинний доступ до ISDN. Завдяки наявності протоколу керування трактами і протоколу захисту забезпечує резервування при відмовленні тракту шляхом перемикавання на інший трас.

Окрім того, по $V_{5.2}$ передається пакет службових протоколів (керування сигнальними і розмовними каналами, а також трактами $E1$). У нульовому тракті організовується фізичний С-канал (набір необхідних протоколів). У будь-якому іншому тракті організовується резервний фізичний С-канал (у КІ-16).

Цифрова система комутації має функціональні підсистеми різного призначення, що реалізуються апаратно-програмними засобами.

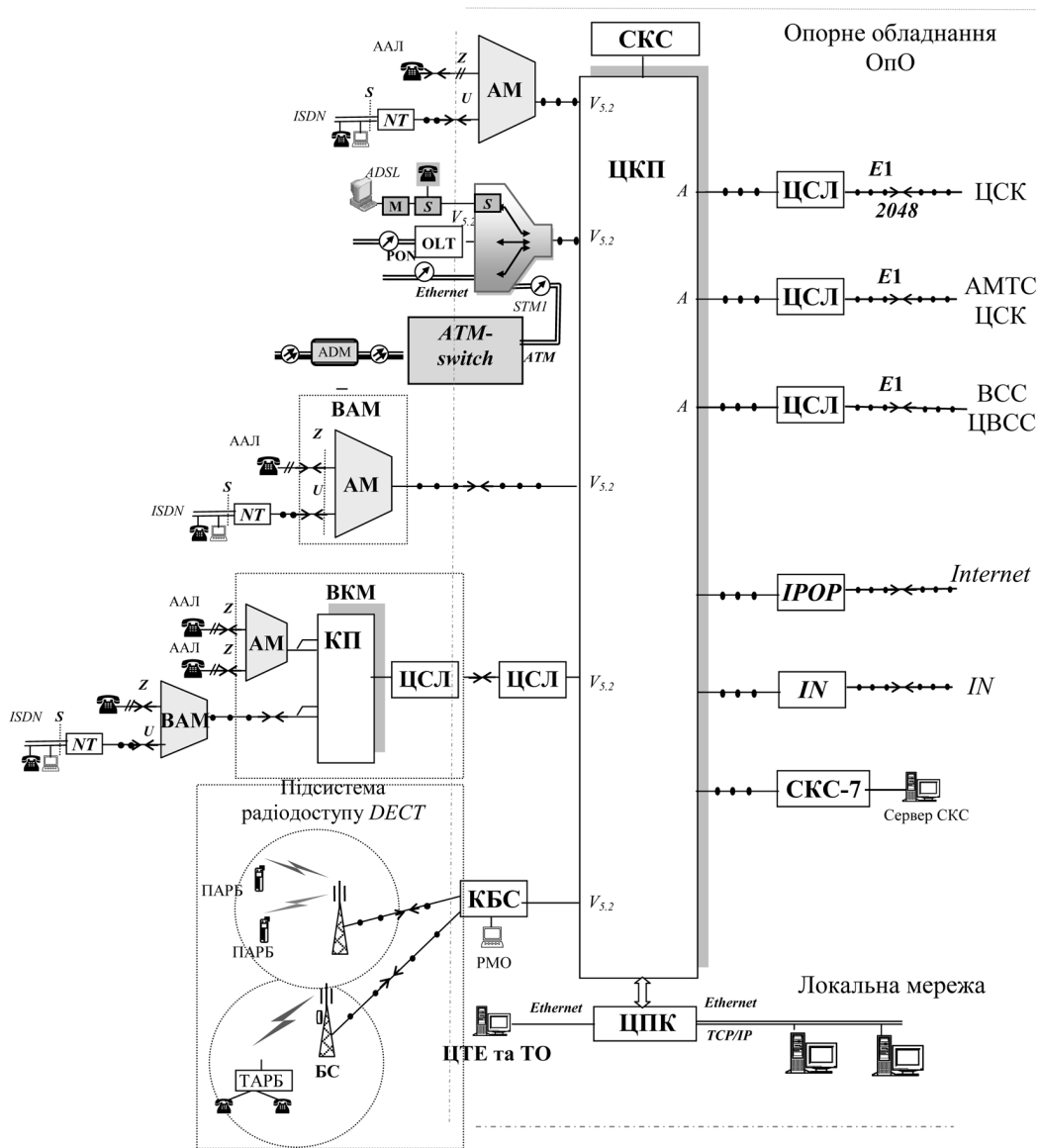


Рис. 5.24. Узагальнена архітектура ЦСК

Функціональні підсистеми ЦСК. Обов'язковими функціональними підсистемами (П/с), що реалізовані апаратно-програмними засобами, є такі [5.35]:

- ♦ *П/с вузькосмугового абонентського доступу* забезпечує стик з абонентськими лініями (АЛ), тобто узгодження з їх електричними параметрами, аналого-цифрове перетворення мовних сигналів аналогової АЛ (ААЛ), організацію цифрових каналів цифрової АЛ (ЦАЛ), сигналізацію по АЛ та концентрацію абонентського навантаження. Для аналогових АЛ використовується двоохтонова багаточасотна сигналізація DTMF, для цифрових АЛ – сигналізація типу EDSS1. Апаратно підсистема реалізована аналоговими абонентськими комплектами (ААК) і пристроями мережного *NT (Network Termination)* і лінійного *LT (Line Termination)* закінчення ЦАЛ доступу до *ISDN* базового доступу *2B+D (Basic Rate Access)*.

- ♦ *П/с широкосмугового абонентського доступу* призначена для стику з високошвидкісними ЦАЛ (симетричними *SDSL* і асиметричними *ADSL*), що використовують технологію *xDSL*, симетричних ліній зі стиком $V_{5.2}$ до оптичного лінійного закінчення *OLT – PON* пасивної оптичної мережі абонентського доступу, оптичних ліній стику з обладнанням синхронної цифрової ієрархії *SDH* для передачі комірок *ATM* на рівні транспортного модуля *STM-1*, оптичних чи мідних симетричних ліній стику з комп'ютерною мережею *Ethernet*. Наявність цієї підсистеми в ЦСК припускає наявність підсистеми широкосмугової комутації *ATM/Ethernet-Switch*.

- ♦ *П/с лінійного доступу*, яка забезпечує стик зі з'єднувальними лініями (ЗЛ), тобто узгодження внутрішніх трактів, що включаються в підсистему із зовнішніми з'єднувальними лініями зв'язку, та утворена лінійними комплектами цифрових з'єднувальних ліній (ЦЗЛ). Стик із ЦЗЛ (типу *A* чи A_1), з аналоговими ЗЛ – стик типу C_2 – дво- або трипровідні ФЗЛ, стик типу C_1 з каналами з частотним поділом).

- ♦ *П/с вузькосмугової комутації*, призначена для комутації, підтримки і порушення з'єднань каналів 64 кбіт/с і груп каналів 64 кбіт/с (відповідно 64, 384 і 1920 кбіт/с). Вона утворена головним цифровим комутаційним полем опорного обладнання та комутаційними пристроями ВКМ і абонентських модулів.

- ♦ *П/с широкосмугової комутації пакетів* (на базі *ATM-Switch* чи *Ethernet-Switch*), на базі асинхронного режиму перенесення інформації чи швидкої комутації пакетів *FPS*, чи комутації кадрів *Ethernet* забезпечує, комутацію різношвидкісних цифрових потоків (від 2 Мбіт/с, 622 Мбіт/с до 1 Гбіт/с) і використовується для обслуговування широкосмугових абонентських модулів, до яких підключені широкосмугові АЛ (мідні на технологіях *xDSL* і оптичні *PON*), забезпечує концентрацію широкосмугового навантаження і стик із транспортною мережею *ATM/Ethernet*.

- ♦ *П/с сигналізації*, призначена для обміну лінійними і керівними сигналами (ЛКС) у зовнішніх і внутрішньосистемних напрямках зв'язку, а також для абонентської сигналізації. Вона утворена пристроями сигналізації, інтегрованими в абонентських і мережних блоках і модулях. Забезпечує такі види сигналізації: абонентську (виклик станції, набирання номера, відповідь, відбій); внутрішньосистемну і міжстанційну (на вимогу зустрічної станції), забезпечується модулями стику із ЗЛ. Для взаємодії з АТСК-У використовуються БЧК (лінійні сигнали в КІ-16, сигнали керування в розмовному тракті), із ЦСК – СКС-7 – спільний канал сигналізації, що організовується для групи інформаційних каналів, може обслуговувати до 2000 інформаційних каналів.

- *П/с керування*, яка керує функціонуванням системи і складається з центрального пристрою керування (ЦПК) і взаємодіючих процесорів, наявних у кожному блоці чи модулі ЦСК.

- *П/с технічної експлуатації і адміністративного керування*, яка містить модулі: тарифікації, адміністративного керування та технічної експлуатації й обслуговування з відповідним периферійним обладнанням. Вона завантажує і зберігає програмне забезпечення та системні дані, тарифікує з'єднання, збирає й аналізує дані аварійної сигналізації, автоматично відмикає пошкоджене обладнання і вмикає резервне (реконфігурує систему), діагностує пошкоджені блоки і відповідно інформує персонал, а також забезпечує інтерфейс людина/машина для контролю й керування системою з боку персоналу. Оператор може за її допомогою детально діагностувати обладнання, вимірювати електричні параметри ліній і внутрішньостанційних трактів передачі (ВСТП), вимірювати параметри навантаження та вирішувати різноманітні адміністративні завдання (ввід нових АЛ і напрямків зв'язку; зміни кодів напрямків, способів сигналізації, тарифів, абонентських номерів, переліку послуг, які надаються, тощо). Забезпечує зв'язок операторів з центром технічної експлуатації (ЦТЕ) для контролю і керування. У мінімальній комплектації ЦТЕ містить комп'ютер технічної експлуатації з відповідною периферією (принтер, дисковод) і систему робочих місць персоналу. ЦТЕ має стик з мережею керування електровз'язком *TMN*.

- *П/с синхронізації* забезпечує як циклову, так і надциклову синхронізацію цифрових потоків.

- *П/с електроживлення* складається з первинного (60 або 48 В) і вторинного електроживлення (5, 12 В та ін.).

- *П/с бездротового абонентського радіодоступу* призначена для підключення фіксованих абонентів з обмеженою мобільністю і рухомістю абонентів (технології DECT) з метою організації радіолінії на абонентській ділянці. До складу підсистеми входить контролер базових станцій (КБС), базові станції (БС), мультиплектори базових станцій (МБС), портативні та термінальні абонентські радіоблоки (ПАРВ і ТАРВ). КБС забезпечує організацію та керування мережею радіодоступу DECT. Базові станції організують радіоканали і забезпечують доступ абонентських радіоблоків до підсистеми. МБС призначений для роз'єднання/об'єднання і перетворення тракту *E1* від КБС, а також для керування декількома БС. ПАРВ використовуються для забезпечення обмеженої мобільності користувачів при радіодоступі до БС (у радіусі 300–600 м).

У ЦСК висока надійність критично важливого обладнання (ЦКП, пристрої керування, електроживлення) досягається його дублюванням.

Основним для ЦСК є синхронне комутаційне поле (КП), що комутує канали, навіть при передачі ними пакетів. До КП підключаються чотирипроводові цифрові лінії. Кожна лінія має два двопроводові тракти: передавання та приймання.

Комутаційні поля (КП) цифрових систем комутації (ЦСК) із синхронним режимом переносу інформації (*STM – Synchronous Transfer Mode*) базуються на технології *мультиплексування з поділом за часом (TDM)*. Вони складаються з каскадів часової (типу Ч) та просторової (типу П) комутації цифрових сигналів. Кількість і послідовність включення таких каскадів може бути різною. У КП ЦСК широко застосовуються і каскади часової комутації з вторинним ущільненням каналів, у яких одночасно виконується часова й просторова комутація і називаються вони каскадами часової комутації з просторовою селекцією (типу Чп). Каскади

такого типу застосовуються при побудові синхронного КРП як самостійно, так і в сполученні з каскадами типу П.

Каскади типу Ч и Чп складаються з керуючої (КрП) та інформаційної (ІП) пам'яті, а каскад типу П – з керуючої пам'яті та мультиплексорів. У всіх цих каскадах для створення точки комутації необхідно здійснити запис певного коду в певну клітину керуючої пам'яті (у деяких джерелах називається «чарункою» або «коміркою»). Записуваний код і адреса клітини КрП залежать від координати необхідного з'єднання [5.36].

Часова комутація цифрових каналів полягає в переносі інформації з одного часового каналу в інший. Часова комутація реалізується за допомогою *часового комутатора*, що складається з клітин інформаційної (ІП) і керуючої (КрП) пам'яті (рис. 5.25).

Відліки кожного вхідного каналу записуються у відповідні клітини інформаційної пам'яті ІП у моменти часу вхідного часового каналу, а зчитуються ці відліки в моменти часу необхідних вихідних часових каналів. Оскільки запис і зчитування інформації відбуваються в різні моменти часу, то в схемі комутатора неминуче виникає затримка (зсув у часі) інформації, що передається. Ця затримка не перевищує тривалості циклу або періоду доступу джерела до лінії. При частоті дискретизації 8 КГц тривалість циклу становить 125 мкс, і за тих самих умов при 32 часових каналах тривалість кожного часового каналу становить 3,91 мкс.

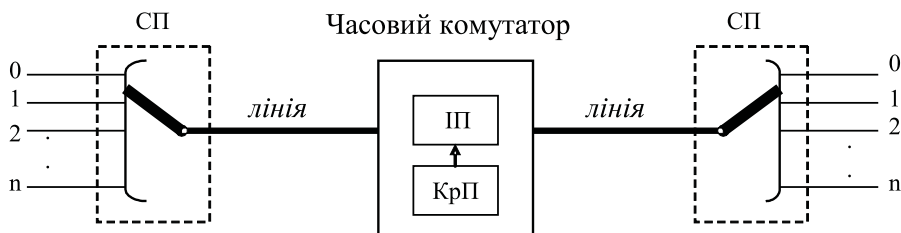


Рис. 5.25. Схема підключення часового комутатора

Часова комутація каналів придатна тільки для комутації сигналів, представлених у цифровій формі. Кожна з клітин інформаційної пам'яті еквівалентна одній точці комутації.

Комутатор призначений для приймання інформації з певного вхідного часового каналу (ЧК) вхідної цифрової лінії (ВхЛ) і передавання її (перенесення, комутації) у певний вихідний часовий канал вихідної цифрової лінії (ВихЛ). Інформація в лініях передається у вигляді кодових слів (відліків) у каналних інтервалах (КІ), що відповідають певним часовим каналам ЧК.

Реалізація часової комутації полягає в тому, що кодове слово, яке надходить із вхідного каналу, вводиться в буферну пам'ять, звідки потім зчитується у вихідний канал. Перенесення в часі інформації з каналного інтервалу вхідного ЧК в каналний інтервал вихідного ЧК виконується завдяки тому, що запис здійснюється в один момент часу, а зчитування – в інший.

У БЧК використовуються два типи пристроїв, здатних запам'ятовувати – інформаційна (ІП) і керуюча пам'ять (КрП). Інформаційна пам'ять ІП призначена для запису і зчитування *кодових слів* (відліків) з КІ, а керуюча пам'ять містить *адреси запису* або *зчитування клітин* інформаційної пам'яті. Ці адреси записуються в КрП керуючим пристроєм комутатора.

Інформаційна пам'ять часового комутатора може працювати в двох еквівалентних за результатом комутації режимах (назви режимів умовні):

➤ *Режим 1* – запис кодів слів із вхідної лінії в ІІ при довільному доступі до клітин за адресами, отримуваними з КрІІ, і впорядковане зчитування цих кодів слів із ІІ у вихідній лінії при послідовному доступі до клітин;

➤ *Режим 2* – впорядкований запис кодів слів із вхідної лінії в ІІ при послідовному доступі до клітин і зчитування цих кодів слів із ІІ у вихідну лінію при довільному доступі до цих клітин за адресами, отримуваними з КрІІ.

Послідовний доступ до клітин ІІ забезпечується, як правило, лічильником, а довільний – адресами, отримуваними з КрІІ.

Кількість клітин ІІ часового комутатора визначається кількістю КІ в лінії, тому що кодовим словам кожного КІ надана одна клітина ІІ. Розрядність цих клітин визначається розрядністю кодового слова. У КрІІ записуються адреси клітин ІІ, і тому для забезпечення можливості комутації усіх вхідних КІ потрібно стільки ж клітин КрІІ, скільки є КІ або клітин ІІ. Розрядність клітин КрІІ вибирається такою, щоб можна було записати в двійковому коді номер будь-якої клітини ІІ (він же номер часового каналу) і ще один або декілька бітів синхронізації.

Кожне кодове слово окремого КІ повинно бути записано в ІІ (або зчитано) протягом одного циклу. Отже, чим більше часових каналів, тим вищою повинна бути швидкість роботи ІІ. Крім цього, біти кодового слова, що надходять послідовно, потребують ще більшої швидкодії ІІ для запису кожного біта. Для підвищення кількості обслуговуваних каналів за тієї самої швидкодії ІІ запис і зчитування кодів слів здійснюється в паралельному коді. З боку входу комутатора встановлено буферний регістр, який перетворює інформацію, що надходить, з послідовного виду в паралельний, а з боку виходу комутатора – регістр, що здійснює зворотне перетворення.

Просторова комутація цифрових каналів. З метою зменшення загальної кількості точок комутації комутаційне поле цифрової системи комутації може бути багатокаскадним. Для збільшення ємності поля між каскадами часової комутації (типу Ч або Чп) включається один або кілька каскадів просторової комутації цифрових каналів типу П. До входів і виходів такого каскаду підключаються ущільнені за часом цифрові лінії ЦЛ. Загальна кількість входів (виходів) БПК, що обчислюється в каналах, дорівнює кількості вхідних (вихідних) ліній, помноженій на кількість часових каналів (ЧК) у кожній з них (рис. 5.26).

Комутаційним завданням БПК є встановлення з'єднання між входом і виходом, тобто передавання інформації з будь-якого каналу будь-якої вхідної лінії в однойменний канал будь-якої вихідної лінії. У БПК вхід і вихід з'єднуються через одну точку комутації і в ньому здійснюється просторова комутація каналів.

Просторова комутація цифрових каналів – це циклічне передавання інформації з однієї вхідної лінії до будь-якої іншої вихідної лінії під час одного каналного інтервалу (за час кожного каналного інтервалу передається один відлік цифрового сигналу).

Структурну схему БПК наведено на рис. 5.26, а. У точках перетинання вхідних ліній з вихідними встановлені електронні ключі, що можуть замикатися на тривалість одного каналного інтервалу. В результаті такого замикання відбувається фізичне з'єднання входу з виходом і кодове слово ЧК вхідної лінії передається в такий самий ЧК вихідної лінії.

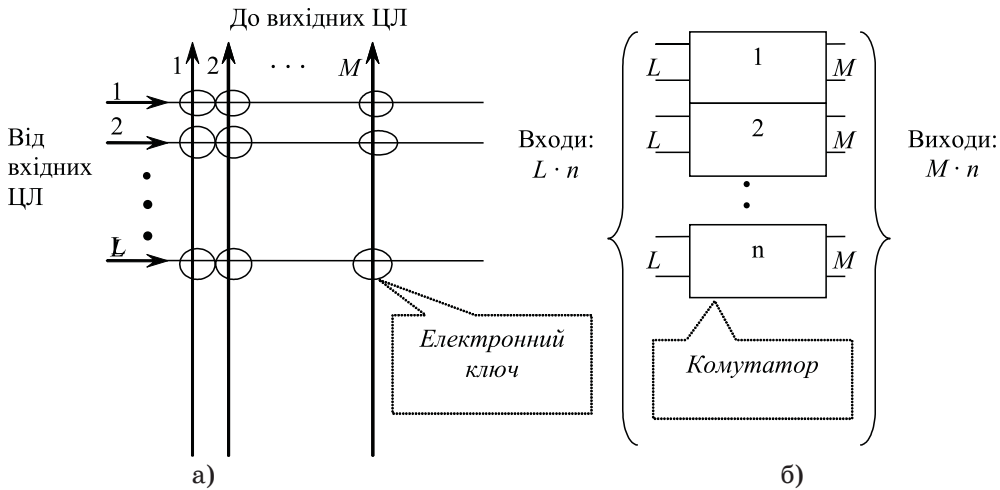


Рис. 5.26. Структурна схема БПК (а) і її просторовий еквівалент (б)

Із комутаційного завдання та визначення просторової комутації виходить, що просторовий еквівалент БПК типу П містить n комутаторів, де n – кількість часових каналів у ЦЛ. У кожному комутаторі з параметрами L на M (кількість вхідних і вихідних ЦЛ відповідно) можна здійснити низку своїх з'єднань будь-яких вхідних з будь-якими вихідними лініями в будь-яких комбінаціях. Тобто схема БПК за період одного циклу «повторюється» у часі стільки разів, скільки є ЧК. Структурну схему просторового еквівалента БПК показано на рис. 5.26, б.

Зі схеми просторового еквівалента (рис. 5.26, б) видно, що схема БПК щодо загальної кількості входів, обчислювальної в ЧК, є неповнодоступною. Будь-який вхід, заповнений певним ЧК вхідної лінії, можна з'єднати тільки з тими виходами, які заповнює такий самий ЧК будь-якої вихідної лінії. Отже, не всі виходи БПК доступні входу – недоступні ті виходи, що заповнюють інші ЧК незалежно від номера вихідної лінії. Схема щодо ЦЛ є повнодоступна (рис. 5.26, а).

У підключених до БПК цифрових лініях інформація може передаватися послідовним способом (почергова передача розрядів кодового слова), або паралельним (одночасна передача всіх біт кодового слова). Перший спосіб доцільний при великій відстані передавання. При другому способі лінія є багатопроводовою, де кількість проводів дорівнює розрядності кодового слова в каналі. Цей спосіб доцільний при використанні в комутаційному полі блоків просторової комутації разом із блоками часової комутації, у яких виконується відповідне перетворення способу передачі. У цьому випадку провідність самого БПК (провідність електронних ключів на схемі рис. 5.26, а) повинна відповідати провідності лінії. При цьому за рахунок підвищення швидкодії схеми БПК досягається більша швидкість передавання в комутаційному полі.

Просторово-часова комутація цифрових каналів полягає в переносі інформації з будь-якого каналу будь-якої вхідної цифрової лінії у певний канал певної вихідної цифрової лінії.

Блок просторово-часової комутації (ВПЧК) призначений для приймання інформації з вхідних ліній (ВхЛ) і переносу її у вихідні лінії (ВихЛ) відповідно до замовленого напрямку з'єднання. Оскільки в цифрових вхідних і вихідних лініях

реалізовано мультиплексування інформації з поділом за часом, то кожне з'єднання обслуговується своїм часовим каналом (ЧК). У всіх ЧК інформація (мовлення або дані) циклічно передається у вигляді *кодкових слів*. У разі передавання мови кодкові слова є елементарними відліками аналого-цифрового перетворення.

Часова комутація реалізується за допомогою двох типів запам'ятовуючих пристроїв – інформаційної (ІП) і керуючої (КрП) пам'яті. У клітинах ІП записуються і зчитуються кодкові слова тих ЧК, що комутуються, а в клітинах КрП розміщено адреси клітин ІП. Просторова комутація реалізується за допомогою комутаційної матриці, що побудована на мультиплексорах (або демультіплексорах) МХ та аналогічної до попередньої КрП. У просторовому комутаторі певна ВхЛ фізично з'єднується з певною ВихЛ упродовж одного ЧК в кожному циклі. При цьому в клітинах КрП розміщено номери тих ВхЛ (або ВихЛ), що комутуються.

Блок БПЧК, виконуючи часову та просторову комутацію, не є послідовним з'єднанням двох окремих каскадів комутації – часової та просторової. Цей блок, залишаючись однокаскадним, виконує просторово-часову комутацію за рахунок збільшення внутрішньої швидкості переносу кодкових слів методом *вторинного ущільнення*, або *суперущільнення*. Спосіб вторинного ущільнення полягає в тому, що запис (читання) кодкових слів однакових ЧК виконується послідовно для всіх ВхЛ і ВихЛ упродовж одного ЧК. При цьому швидкість роботи схеми збільшується у стільки разів, скільки є цифрових ліній, а кожен ЧК розбивається на стільки ж вторинних інтервалів. Комутацію у такий спосіб називають часовою комутацією зі вторинним ущільненням або з просторовою селекцією і позначають $Ч_{\text{ц}}$, а схема відповідного блока комутації є комбінацією з ІП, КрП та МХ.

Блок типу $Ч_{\text{ц}}$ побудовано як симетричну повнодоступну схему без внутрішніх блокувань, де кількість ВхЛ дорівнює кількості ВихЛ. При цьому кожна з ВхЛ (або ВихЛ) обслуговується окремим модулем ІП, а ємність (кількість клітин) одного модуля ІП дорівнює кількості ЧК у лінії. Розрядність клітин ІП дорівнює розрядності кодкових слів. Ємність КрП становить стільки ж клітин, скільки клітин містять усі модулі ІП. Розрядність клітин КрП вибирається такою, щоб можна було записати у двійковому коді номер ЧК, номер ВхЛ або ВихЛ і ще декілька додаткових біт синхронізації.

У цифрових лініях біти кодкових слів (інформація) передаються послідовно, а у блоці БПЧК запис і зчитування кодкових слів виконується в паралельному коді. Тому на вході блока встановлено регістри, що перетворюють інформацію з послідовного виду в паралельний, а на виході блока – регістри, що виконують зворотне перетворення.

Програмні комутатори

У конвергентних мережах зв'язку взаємодія ТМЗК з пакетною мережею відбувається на основі спільної сигнальної мережі, яка забезпечує незалежне керування передаванням інформації в різних сегментах конвергентної мережі. Спільна сигнальна мережа дозволяє надавати послуги, властиві ТМЗК, але з гнучкістю та ефективністю, властивими пакетним мережам зв'язку [5.37].

Інфраструктура спільної сигнальної мережі має розподілену архітектуру, яка базується на технології Softswitch – програмний комутатор. Модель програмного комутатора наведено на **рис. 5.27**.

Функції комутатора каналів ТМЗК розділяються та розподіляються в мережі ІР за допомогою програмного комутатора. Інформаційні інтерфейси комутатора

каналів та з'єднувальних ліній замінюються медіа-шлюзами доступу, які перетворюють потоки з мультиплексуванням за часом (TDM) в потоки пакетів IP. Контролер комутатора каналів, що комутує телефонні канали ТМЗК, замінюється програмним комутатором, який на основі сигнальної інформації, що отримується

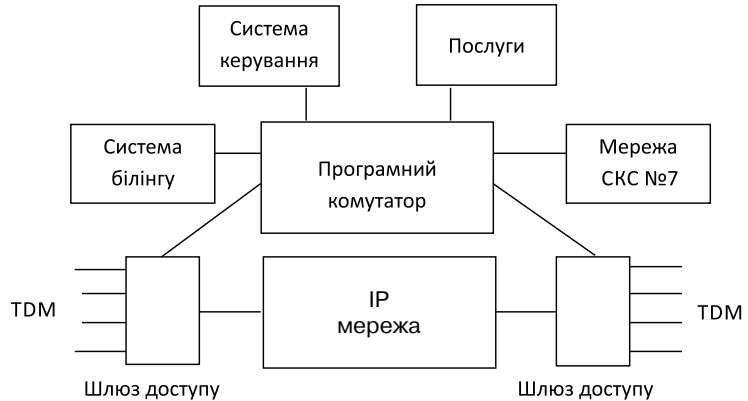


Рис. 5.27. Модель програмного комутатора

з ТМЗК, керує комутацією та маршрутизацією інформаційних і сигнальних пакетів поміж шлюзами пакетної мережі. Тому іноді програмний комутатор називають контролером медіа-шлюзів (Media Gateway Controller, MGC). Обробка викликів ТМЗК виконується в програмному комутаторі, а шлюзи доступу тільки пропускають медіа-потоки під керуванням програмного комутатора.

Програмний комутатор є водночас пристроєм керування і ТМЗК, і пакетної мережі. Однак якщо в ТМЗК програмний комутатор буде одночасно пунктом сигналізації СКС № 7 (SP або STP) і транзитним комутатором, що підтримує й інші системи сигналізації ТМЗК (E-DSS1, 2BCK, R2), то для пакетної мережі це вже пристрій керування транспортними шлюзами MGC і контролер сигналізації з функціями реалізації протоколу H.323 та сервера HSIP. Функції перетворення інформації покладаються на медіа-шлюзи, а обробка викликів – на контролери цих шлюзів, тобто на програмні комутатори. При цьому застосовується єдиний програмний підхід для обробки викликів для мереж різних типів (ТМЗК, пакетних, конвергентних) з різними форматами мовних пакетів і різними транспортними технологіями.

Технологія Softswitch (програмний комутатор) забезпечує взаємодію двох комутаційних технологій – комутації каналів і комутації пакетів.

5.7. Обладнання мереж з комутацією пакетів

Класифікація обладнання з комутацією пакетів

Обладнання мереж з комутацією пакетів формується з низки програмно-апаратних систем різних виробників обладнання, що, у свою чергу, можуть відрізнятися за низкою фізичних і логічних параметрів. Серед найбільш критичних для вибору обладнання параметрів є пропускна спроможність обладнання, підтримка додаткових мережних служб, щільність фізичних портів тощо. При виборі обладнання з комутацією пакетів залежно від поставлених цілей може бути критичним один або декілька із зазначених параметрів, тоді, як інші параметри можуть не мати такої важливості.

Все обладнання мереж з комутацією пакетів можна розділити на два великих класи: комутатори і маршрутизатори. По-перше, історично ці два класи пристроїв

працювали на різних рівнях мережі – комутатори формували взаємодію між комп'ютерним обладнанням усередині локальної мережі, а маршрутизатори забезпечували взаємодію між різними комп'ютерними мережами. По-друге, ці пристрої працювали на різних рівнях семирівневої моделі відкритих систем OSI/ISO – вибір дальшого шляху проходження даних проводився комутаторами на основі MAC-адрес – адрес каналного рівня, тоді як маршрутизатори проводили вибір подальшого шляху проходження даних на основі адрес мережного рівня моделі OSI/ISO – наприклад, IP адрес.

Однак з появою комутаторів третього рівня (тобто комутаторів, що можуть проводити маршрутизацію інформації між різними комп'ютерними мережами) жорсткі рамки розподілу мережного обладнання на комутатори і маршрутизатори стали руйнуватися. Основним критерієм, що залишився для чіткого визначення, до якого класу пристроїв належить обладнання, залишається лише можливість використання додаткових типів фізичних інтерфейсів каналного рівня: якщо пристрій може використовувати лише інтерфейси Ethernet, то його слід віднести до комутаторів; якщо пристрій може використовувати, крім інтерфейсів Ethernet, інші типи інтерфейсів (наприклад: serial інтерфейси або інтерфейси Wi-Fi), то такий пристрій слід віднести до маршрутизаторів. Надалі будемо використовувати саме цей критерій для розподілу обладнання між класами комутаторів і маршрутизаторів.

Останнім часом більшість виробників телекомунікаційного обладнання розпочали випуск пристроїв-платформ, які можуть використовуватися практично для будь-якого рівня завдань, що залежить від апаратних плат розширення, з яких складено пристрій. Таким чином, одна платформа може бути використана як високошвидкісний комутатор рівня ядра або як мультиплексор транспортної мережі, або як обладнання абонентського доступу (наприклад DSLAM). Саме тому виробники обладнання уникають слів «комутатор» або «маршрутизатор» у назвах таких пристроїв, а використовують загальний термін «платформа». Яскравим прикладом такого обладнання може бути платформа виробника Cisco Systems «ASR-5000» [5.39].

Також слід відзначити як окремих клас спеціалізоване обладнання доступу, що використовується для стику між абонентськими мережами доступу і мережами передавання даних. Залежно від виробника можуть являти собою як окремі спеціалізовані пристрої, так і пристрої, сформовані із спеціалізованих плат розширення на базі типового шасі, платформи виробника.

Комутатори

Всі комутатори можна поділити за рівнями використання в ієрархічній моделі побудови локальних мереж: рівень доступу, агрегації або ядра локальної корпоративної мережі. Однак залежно від розміру корпоративної мережі однакова модель комутатора може бути розміщена на різних рівнях ієрархії локальної корпоративної мережі.

До інших важливих критеріїв, що використовуються для порівняння і вибору обладнання з комутацією пакетів, що виконує роль комутаторів, слід віднести такі:

- ⊕ формфактор;
- ⊕ фіксованість конфігурації;
- ⊕ модульність;
- ⊕ можливість формування стека;

- ⇒ щільність портів;
- ⇒ швидкість обробки даних;
- ⇒ підтримка маршрутизації;
- ⇒ підтримка технології Power-over-Ethernet.

Розглянемо більш детально кожний із цих критеріїв.

Формфактор. Формфактор – це критерій, що вказує на фізичні розміри обладнання. Основною одиницею виміру розмірів телекомунікаційного обладнання заведено вважати 1 юніт (1 unit), що дорівнює 44,45 мм. Ця одиниця вказує на висоту відповідного обладнання [5.40]. Формфактор є критичним, тому що розміри телекомунікаційних шаф теж вимірюються в юнітах, тому при проектуванні нових телекомунікаційних мереж або модернізації існуючих мереж слід приділяти увагу можливості встановлення відповідного телекомунікаційного обладнання в місцях, призначених для його монтажу.

Комутатори фіксованої конфігурації. Комутатори, що не можуть змінювати кількість фізичних інтерфейсів, називають комутаторами фіксованої конфігурації. Якщо пристрій являє собою комутатор фіксованої конфігурації, то кількість та тип наявних у нього фізичних Ethernet інтерфейсів є одним з його основних параметрів. Існує пряма залежність між кількістю фізичних інтерфейсів комутатора та необхідною загальною швидкістю обробки даних, які слід забезпечити на комутаторі. Тому зазвичай чим більшою є кількість інтерфейсів на комутаторі, тим вища його ринкова вартість (наприклад, комутатор із 48 портами Ethernet зазвичай коштує дорожче, ніж комутатор із 24 портами Ethernet).

Модульні комутатори. Комутатори, які на відміну від комутаторів фіксованої конфігурації можуть змінювати кількість фізичних інтерфейсів, залежно від того, які плати розширення були встановлені в шасі, називають модульними комутаторами. Зазвичай сучасні модульні комутатори складаються з таких компонентів:

- шасі, що являє собою ємність для розміщення і взаємодії компонентів модульного комутатора;
- модуль керування, який розміщується в шасі та є незмінним, забезпечує загальне керування комутатором, зберігає та завантажує під час включення операційну систему і конфігурацію комутатора, забезпечує взаємодію із системним адміністратором, що дозволяє провести зміни в поточній конфігурації комутатора;
- модуль комутації (комутаційна фабрика) – зазвичай один, іноді два таких модулі є незмінними, забезпечують формування таблиці комутації і високу швидкість передавання даних між фізичними інтерфейсами;
- лінійні модулі (модулі інтерфейсів) – модулі, що реалізують фізичні інтерфейси комутатора; кожен з таких модулів може відрізнятися кількістю встановлених фізичних інтерфейсів (4, 8, 16, 24 або 48 інтерфейсів), швидкістю передавання даних кожного інтерфейсу (100 Мбіт, 1 Гбіт/с, 10 Гбіт/с тощо), типом фізичного підключення (мідний або оптичний кабель).

Залежно від серії виробника комутатора, загальної швидкості комутації, а також формфактора шасі в одному багатомодульному комутаторі може бути розміщено від 2 до 16 модулів інтерфейсів.

Комутатори, що можуть формувати стек. Деякі моделі комутаторів можуть бути підключені між собою за допомогою високошвидкісного екранованого кабелю з використанням спеціальних інтерфейсів. Таким чином, можна підключити між собою до 9 комутаторів. Комутатори, що підключаються між собою, формують

єдиний «стек» і можуть ефективно працювати як один великий потужний комутатор. Кожен з комутаторів, що входять до єдиного стека, має два незалежних підключення до інших комутаторів з цього самого стека. Така схема підключення забезпечує високу відмовостійкість – вихід з ладу одного з комутаторів, що входить до стека, не призводить до руйнування всього стека, інші комутатори, що входять до стека, при цьому продовжують нормально працювати. Іноді така схема підключення вважається прийнятною в разі неможливості встановлення одного модульного комутатора.

Щільність портів. Параметр, що вказує на кількість фізичних інтерфейсів на одному комутаторі, називають щільністю портів. Для комутаторів фіксованої конфігурації максимальна щільність портів зазвичай становить від 8 до 48 на один комутатор, тоді як для потужних модульних комутаторів параметр може перевищувати 1000 портів на один комутатор.

Розглянемо переваги і недоліки високої щільності портів на простому прикладі. Якщо використовувати два комутатори зі щільністю 24 порти замість одного комутатора зі щільністю 48 портів, то максимальна кількість користувачів, що зможе бути підключена до двох 24-портових комутаторів, становитиме 46, тому що на кожному з комутаторів необхідно виділити як мінімум по одному порту для підключення до зовнішньої мережі. Один 48-портовий комутатор з тих самих причин надасть можливість підключити 47 користувачів. Також зауважимо, що це обладнання зазвичай має однаковий формфактор, тобто при використанні двох комутаторів нам необхідно 2 юніти вільного місця замість одного. Ще однією проблемою є загальна збільшена кількість блоків живлення, тому при використанні двох 24-портових комутаторів загальне електроживлення буде більшим, ніж в одного 48-портового комутатора.

З першого погляду здається, що використання комутаторів з великою щільністю портів завжди виправдане і, наприклад, для формування великої корпоративної мережі бізнес-центру доцільно використати лише один комутатор. Однак цей підхід має і недоліки. У разі використання одного потужного комутатора на всю мережу, по-перше, набагато збільшуються витрати на побудову і керування кабельною інфраструктурою. По-друге, результатом виходу з ладу одного центрального комутатора буде цілковита непридатність усієї комп'ютерної мережі.

Саме тому побудова нової комп'ютерної мережі – це завжди компроміс між витратами на обладнання й на кабельну інфраструктуру та надійністю мережі.

Швидкість обробки даних. Швидкість обробки даних вимірює кількість інформації, яку може обробити комутатор за одиницю часу, вимірюється у гігабітах за секунду (Гб/с) або у терабітах за секунду (Тб/с). Фактичним стандартом для більшості виробників є принцип забезпечення швидкості обробки даних, яка б забезпечувала стабільну роботу обладнання комутатора при повному навантаженні всіх фізичних інтерфейсів. Наприклад, комутатор, що складається з 48 інтерфейсів Ethernet, зі швидкістю 1 Гб/с кожний, повинен мати загальну швидкість обробки даних на рівні 48 Гб/с. Одним з основних факторів, що впливають на вартість комутатора, є його загальна швидкість обробки даних.

Підтримка маршрутизації. Зазвичай комутатори проводять вибір дальшого шляху проходження трафіка на основі лише адрес другого рівня (MAC-адрес) семірівневої моделі OSI/ISO. Такі комутатори ще називають комутаторами другого рівня. Комутатор другого рівня являє собою абсолютно прозорий пристрій для мережних протоколів і додатків користувача.

На відміну від комутаторів другого рівня комутатори третього рівня можуть проводити вибір шляху дальшого проходження трафіка не тільки на основі MAC-адрес, а також на основі адрес третього рівня (IP-адрес). Таким чином, комутатори третього рівня, як і маршрутизатори, можуть формувати таблицю маршрутизації, відповідно до якої можуть проводити вибір шляху для телекомунікаційного трафіка.

Поява комутаторів третього рівня дозволила зменшити необхідність у додаткових маршрутизаторах усередині корпоративної мережі, що, у свою чергу, забезпечило популярність їх використання. Крім того, слід зазначити, що маршрутизація навантаження всередині комутаторів третього рівня відбувається на апаратному рівні, що надає можливість забезпечити швидкість маршрутизації на рівні швидкості комутації, тому комутатори третього рівня набагато швидші за звичайні маршрутизатори.

Однак комутатори третього рівня сьогодні не можуть замінити маршрутизатори. Маршрутизатори можуть забезпечити додаткові функції, яких не можуть надати комутатори третього рівня. Серед них слід виділити можливість формування підключень до віддалених мереж або пристроїв, а також підтримку різноманітних WAN-інтерфейсів. Зазначені особливості часто залишають маршрутизатори єдиним можливим вибором при формуванні розподілених корпоративних мереж.

Підтримка технології Power-over-Ethernet. Технологія Power-over-Ethernet (PoE) [5.41] дозволяє комутатору надати електроживлення через кабель передавання даних до підключеного до нього пристрою. Популярність технології забезпечується тим, що з'являється можливість гнучкого розміщення таких пристроїв, як IP-телефони або точки доступу Wi-Fi, що підключаються до комутатора в будь-якому місці мережі без залежності від забезпечення електроживленням. Однак слід зазначити, що підтримка технології PoE значною мірою збільшує вартість телекомунікаційного обладнання.

Маршрутизатори

Основною функцією маршрутизатора є забезпечення взаємодії між різними сегментами комп'ютерної мережі (маршрутизації) на основі адрес мережного рівня (IP-адрес). На відміну від комутаторів третього рівня, що також можуть підтримувати функцію маршрутизації, однак працюють лише з протоколом каналного рівня Ethernet, маршрутизатори можуть підтримувати різні технології каналного рівня одночасно, наприклад Ethernet, Wi-Fi, PPP, Frame Relay тощо.

Слід зазначити, що більшість критеріїв, які використовуються для порівняння між собою комутаторів, також можуть бути використані для вибору моделі маршрутизатора: формфактор, модульність, швидкість обробки даних тощо.

Крім того, всі маршрутизатори можна умовно поділити за рівнями і ролями, в яких вони можуть використовуватись. Кожна з компаній виробників мережного обладнання формує свої серії маршрутизаторів, які призначені для виконання тих або інших завдань. Серед основних рівнів маршрутизаторів можна виділити:

- домашні маршрутизатори, або маршрутизатори домашніх офісів;
- маршрутизатори для малого бізнесу;
- маршрутизатори з інтегрованими сервісами для середнього та великого бізнесу;
- спеціалізовані маршрутизатори.

Домашні маршрутизатори. Сегмент ринку пристроїв, які позиціонують виробники обладнання як домашні маршрутизатори, є, мабуть, найпоширенішим серед різноманітних пристроїв. Здебільшого, такі пристрої невеликі за розміром, мають малу швидкість обробки даних, не можуть розширюватися додатковими інтерфейсами або модулями. Мають декілька мережних інтерфейсів (зазвичай – лише два), один з яких призначено для підключення до мережі оператора зв'язку, а інший – для підключення абонентського терміналу (комп'ютера), або до невеликої домашньої мережі. Інтерфейс, що використовується для підключення до мережі оператора, може використовувати технологію Eternet, ADSL або DOCSIS. Вибір тієї або іншої технології проводиться залежно від того, яким чином оператор зв'язку надає доступ конкретному абоненту.

Серед додаткових технологій, що використовують зазначені пристрої, слід виокремити трансляцію мережних адрес (NAT – Network Address Translation) і протокол динамічної конфігурації хостів (DHCP – Dynamic Host Configuration Protocol), іноді може підтримуватися налаштування протоколів віртуальних приватних мереж (VPN – Virtual Private Network).

Налаштування зазначених пристроїв є максимально спрощеним, і більшість виробників забезпечують його за допомогою web-інтерфейсів.

Маршрутизатори для малого бізнесу. Пристрої, що зазвичай відносять до класу маршрутизаторів малого бізнесу, мають функціональність, схожу до домашніх маршрутизаторів, однак мають більшу швидкість обробки даних. Такий клас пристроїв може також мати можливість розширення додатковими модулями, підтримувати один або декілька протоколів маршрутизації внутрішніх шлюзів (IGP – Interior Gateway Protocol), таких, як RIP або OSPF.

Маршрутизатори, призначені для побудови мереж малого бізнесу, зазвичай уже мають вбудовану операційну систему, яку можна змінювати або розширяти. Керування такого типу пристроїв забезпечується через командний рядок.

Маршрутизатори з інтегрованими сервісами. Основною перевагою сучасних маршрутизаторів з інтегрованими сервісами є можливість уніфікації. Інтеграція сервісів передбачає можливість створення складної телекомунікаційної системи всередині одного пристрою.

Прикладом, що може показати ефективність використання маршрутизаторів з інтегрованими сервісами, може бути регіональне відділення деякої комерційної структури. Таке регіональне відділення має відповідати низці вимог щодо послуг, які мають надаватися співробітникам цього відділення. Серед таких послуг можуть бути:

- ✧ забезпечення доступу до мережі Інтернет;
- ✧ підключення регіонального відділення до центрального офісу підприємства за допомогою VPN;
- ✧ надання послуг телефонного зв'язку всередині компанії і послуг виходу до ТМЗК (Телефонної Мережі Загального Користування) регіону, в якому розміщене відділення;
- ✧ необхідність розміщення внутрішніх серверів усередині відділення;
- ✧ велика загальна кількість співробітників усередині регіонально представництва, що можуть користуватися телекомунікаційними послугами.

При вирішенні такого завдання класичними методами необхідно було б провести вибір та закупівлю багатьох різноманітних пристроїв: маршрутизатор доступу, комутатор, сервер, шлюз до телефонної мережі тощо. Однак за умов використан-

ня маршрутизатора з інтегрованими сервісами можна вирішити всі ці завдання за рахунок підбору і розміщення додаткових програмно-апаратних модулів, які додаються до основної платформи маршрутизатора. Так, наприклад, для підключення 20 співробітників достатньо додатково встановити модуль комутації з 24 портами Ethernet, а для виходу до ТМЗК достатньо розміщення модуля, що реалізує потік E1, і додаткових налаштувань програмного забезпечення маршрутизатора.

Різноманіття модельних рядів маршрутизаторів з інтегрованими сервісами забезпечується завдяки різній швидкості обробки даних, а також різній кількості додаткових модулів, що можуть бути встановлені до тієї чи іншої апаратної платформи маршрутизатора.

Налаштування маршрутизаторів з інтегрованими сервісами є багаторівневим. Більшість виробників обладнання розрізняють загальне налаштування платформи маршрутизатора від налаштування конкретного модуля, що додається до базової платформи.

Спеціалізовані маршрутизатори. До класу пристроїв, які являють собою спеціалізовані маршрутизатори, можна віднести пристрої, які, крім базової функції маршрутизації, мають виконувати додаткові специфічні завдання. Яскравим прикладом таких спеціалізованих пристроїв є програмно-апаратні комплекси захисту мереж (програмно-апаратний «firewall»). Такі пристрої не передбачають розширення за рахунок додаткових модулів або забезпечення додаткових мережних сервісів. Однак комплекси захисту мереж, установлені на межі між мережею оператора та корпоративною мережею клієнта, можуть забезпечити глибокий аналіз високошвидкісних інформаційних потоків, знаходячи загрози на рівні мережних служб сьомого рівня моделі відкритих систем OSI/ISO [5.42].

Обладнання систем доступу

До обладнання систем доступу, насамперед, належить обладнання, що забезпечує передавання даних через середовище передавання інформації, яка при проектуванні та побудові не була призначена для таких завдань. Серія технологій xDSL використовує для передавання даних кабельні абонентські мережі, побудовані для надання послуг телефонного зв'язку. Однак використання технологій xDSL дозволило набагато зменшити процес формування мереж абонентського доступу (останньої милі) за рахунок використання існуючих телефонних ліній. Аналогічним чином виглядає ситуація з технологією DOCSIS, яка дозволяє здійснювати доступ до мереж передавання даних через коаксіальні мережі операторів кабельного телебачення.

Для забезпечення стику між відповідною абонентською мережею доступу і мережею передавання даних оператора використовуються спеціалізовані пристрої доступу. Для серії технологій xDSL – це DSLAM (Digital Subscriber Line Access Module), а для технології DOCSIS – це CMTS (Cable Modem Termination System).

Обладнання, призначене для формування мереж доступу за стандартом DOCSIS, є досить специфічним і випускається у світі лише декількома основними виробниками. Сертифікацію цього обладнання проводить міжнародна організація CableLabs, яка сьогодні сертифікувала головні станції виробництва Cisco, Motorola, Nortel Networks. Виробники Motorola і Nortel Networks випускають специфіковане обладнання саме для виконання функцій пристрою CMTS, а виробник Cisco Systems пропонує пристрої, що виконують функцію CMTS на основі універсальних платформ uBR (universal Broadband Router).

Обладнання, що виконує функцію DSLAM, не має єдиного центру сертифікації, тому на телекомунікаційному ринку представлено велике різноманіття пристроїв DSLAM. Залежно від виробника це можуть бути прості пристрої, які працюють у режимі як прозорого моста (тобто пропускають телекомунікаційний потік крізь себе без додаткового аналізу), так і маршрутизації навантаження, формування великих телекомунікаційних систем, підтримки додаткових мережних служб (протоколів маршрутизації, наприклад) тощо.

5.8. Обладнання мереж мобільного зв'язку

Базові архітектурні рішення побудови безпроводних мереж широкопasmового доступу 4-го покоління

У технології LTE визначено плоску архітектуру мережі на базі IP-протоколу як частину програми розвитку архітектури системи SAE (Service Architecture Evolution). Призначенням архітектури LTE/SAE є ефективна підтримка будь-якої IP-послуги, з точки зору широкого комерційного використання. Ця архітектура заснована і розвинулася з уже існуючих опорних мереж стандарту GSM/WCDMA. Метою її є ще більше спрощення експлуатації, а також повільне та рентабельне розгортання мереж наступного покоління.

На рис. 5.28 показано типову архітектуру побудови мережі LTE.

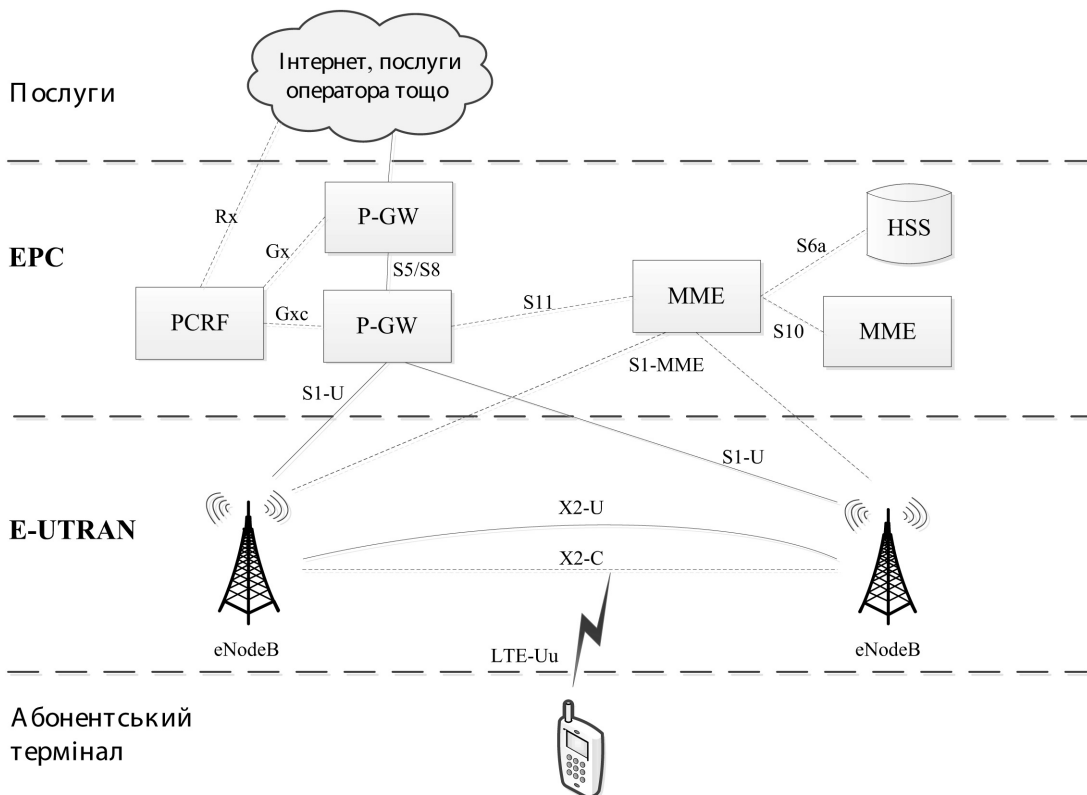


Рис. 5.28. Типова архітектура побудови мережі LTE

На рис. 5.29 показано основні функціональні зв'язки базової станції eNodeB з іншими елементами мережі LTE та приведено основні функції eNodeB.



Рис. 5.29. Функції базової станції eNodeB

На рис. 5.30 показано основні функціональні зв'язки центру керування мобільністю MME з іншими елементами мережі LTE та його основні функції.



Рис. 5.30. Функції центру мобільності MME

На рис. 5.31 показано основні функціональні зв'язки шлюзу S-GW з іншими елементами мережі LTE.

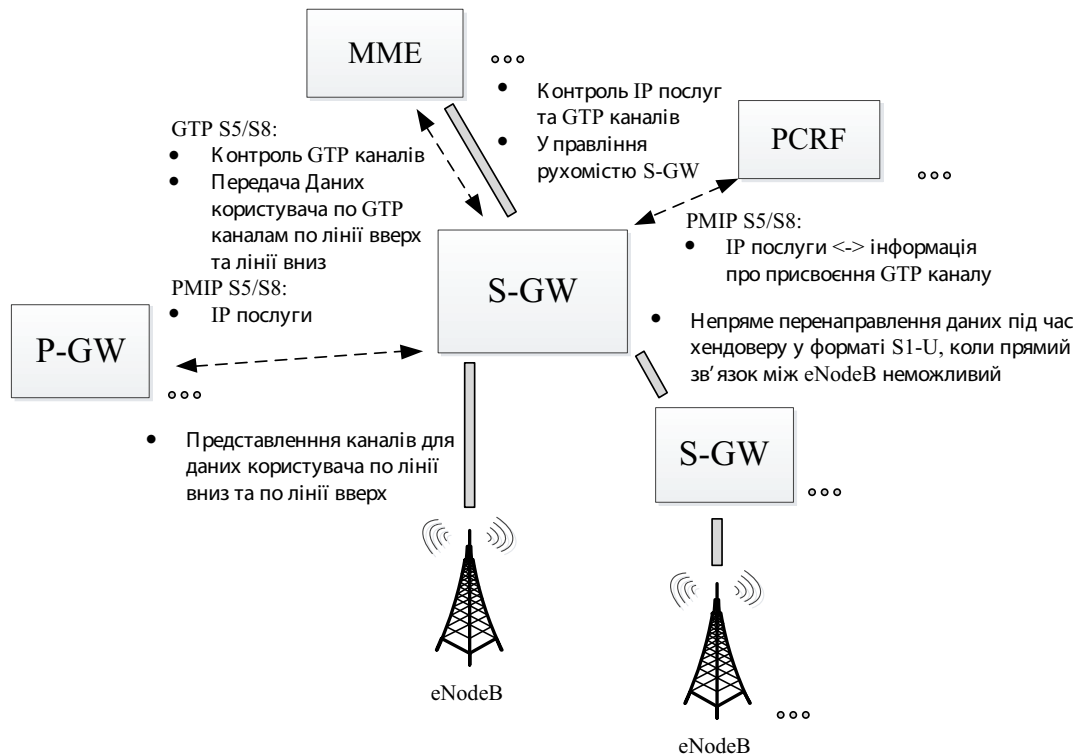


Рис. 5.31. Функції шлюзу S-GW

На рис. 5.32 показано основні функціональні зв'язки шлюзу P-GW з іншими елементами мережі LTE.



Рис. 5.32. Функції шлюзу P-GW

На рис. 5.33 показано основні функціональні зв'язки контролера управління політикою PCRF з іншими елементами мережі LTE.

Інтерфейс X2 використовується для взаємодії між декількома eNodeB. Можна виділити декілька ключових особливостей реалізації м'якого хендоверу з використанням інтерфейсу X2:

- хендовер здійснюється напряму між двома базовими станціями, що робить фазу приготування малою за часом;
- проходження даних може реалізовуватися по носіях, щоб мінімізувати втрату даних;
- інформування MME здійснюється тільки у кінці хендоверу, якщо він був успішним, щоб здійснити переключення тригера;
- звільнення ресурсів з боку джерела напряму перемикається з цільової базової станції.



Рис. 5.33. Функції контролера PCRF

WiMAX

Мережа WiMAX являє собою сукупність бездротового і базового (опорного) сегментів. Перший описується у стандарті IEEE 802.16, другий же визначається специфікаціями WiMAX-форуму. Базовий сегмент – це все, що не належить до радіомережі, тобто зв'язок базових станцій один з одним, зв'язок з локальними та глобальними мережами (у тому числі з Інтернетом) і т.ін. Базовий сегмент ґрунтується на IP-протоколах (IETF RFC) і стандартах Ethernet (IEEE 802.3-2005). Однак власне архітектура мережі, у тому числі механізми аутентифікації, криптозахисту, роумінгу, хендоверу (в частині, що не стосується до бездротової мережі), описується в документах WiMAX Forum Network Architecture.

На рис. 5.34 показано типову архітектуру побудови мережі стандарту IEEE 802.16e.

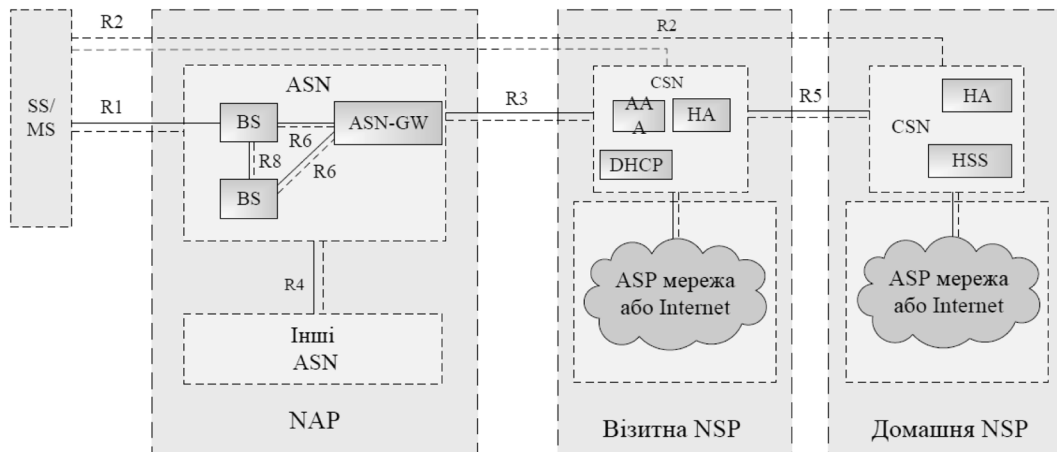


Рис. 5.34. Типова архітектура мережі IEEE 802.16e

На рис. 5.35 показано функцію базової станції BS та шлюзу ASN-GW.

Інтерфейс R8 – це набір протоколів для взаємодії між базовими станціями з метою забезпечення швидкого та м'якого хендоверу:

⇒ протоколи, які організують передачу даних між базовими станціями при хендовері певної мобільної станції;

⇒ протоколи взаємодії базових станцій та додаткові протоколи, які організують контроль передачі даних між базовими станціями при хендовері;

⇒ може бути реалізований через інтерфейси R6+R4 (тобто інтерфейс R8 може бути логічним інтерфейсом).

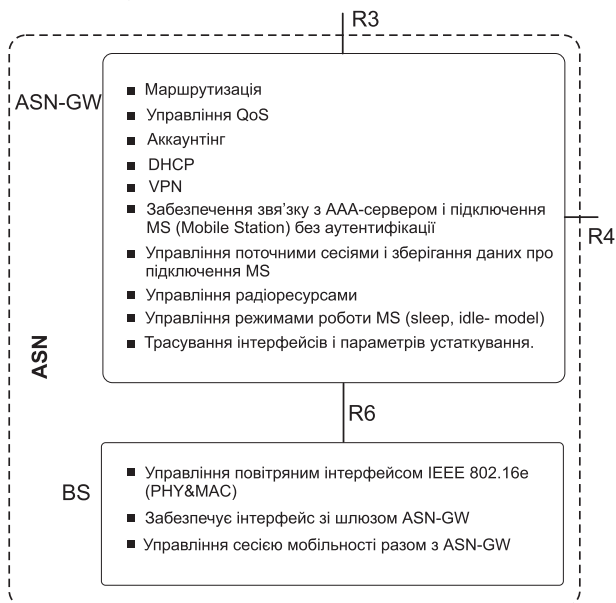


Рис. 5.35. Функції базової станції BS та шлюзу ASN-GW

На рис. 5.36 показано принцип реалізації м'якого хендоверу через інтерфейс R8.

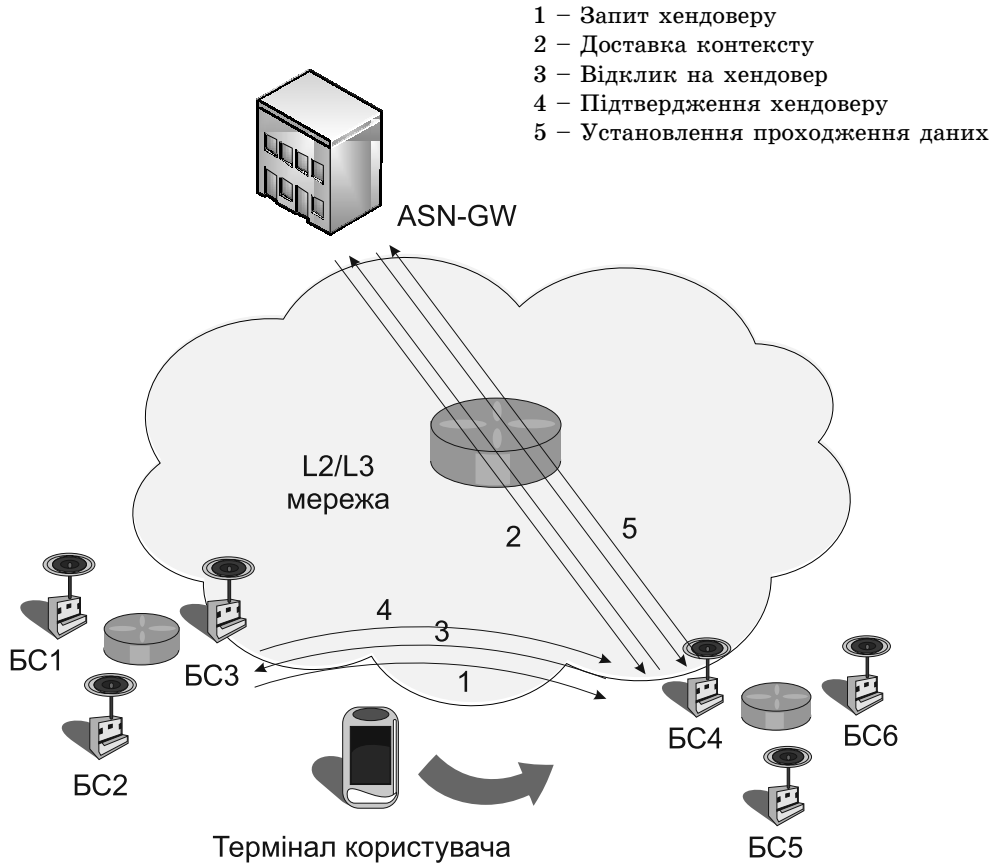


Рис. 5.36. М'який хендовер по інтерфейсу R8

Обґрунтування вибору моделей обладнання для будівництва широкосмужових мереж доступу 4-го покоління

Основні характеристики обладнання мобільного LTE

Наведемо перелік основних доступних на ринку базових станцій (BC), що підтримують технологію LTE:

➤ BC Nokia Siemens Networks Flexi Multiradio BTS – комплексне рішення для мереж 3GPP. Базова станція підтримує смуги частот 700, 800, 850, 900, 1800, 1900, 1700/2100, 2100, 2300 та 2600 МГц для стандартів GSM/WCDMA/LTE. Станція використовується в режимі як частотного, так і часового дуплекса. Використовується на багатьох тестових мережах, переважно в Європі та Скандинавії.

➤ BC Ericsson RBS 6101 – може використовуватися для стандартів GSM/WCDMA/LTE. Смуги частот: 700, 850, 900, 1800, 1900, 1700/2100, 2100 та 2600 МГц. Станція використовується лише в режимі частотного дуплекса. Ericsson підписав

комерційні LTE контракти з п'ятьма великими операторами, у тому числі AT&T, Verizon Wireless і MetroPCS у США, NTT DoCoMo в Японії і TeliaSonera у Швеції.

➤ Компанія Huawei пропонує єдине рішення SingleRAN LTE, що містить базові станції, пакетне ядро та гнучку транспортну мережу. Базові станції Huawei підтримують як in-door, так і out-door режими в усіх смугах частот, що розподілені LTE. Підтримується еволюційний перехід і безшовні міжмережні взаємодії з існуючими мережами (GSM, UMTS, CDMA і WiMAX). Обладнання працює на мережах у Польщі, Німеччині, Норвегії, Китаї.

➤ Компанія Alcatel-Lucent охоплює рішення eNodeB (базових станцій). BC Alcatel-Lucent RRH2x40-AWS – працює в смугах частот 700 та 1700/2100 МГц в режимі частотного дуплекса.

➤ Технологія Uni-RAN ZTE забезпечує об'єднану інфраструктуру, щоб гарантувати багаторежимну роботу, і забезпечує м'який розвиток, щоб підтримувати гнучкість мережі. Це приводить до удосконалення ефективності і продуктивності. Продукти ZTE засновані на розподіленій базовій системі Uni-RAN ZTE, що мінімізує споживану потужність і вимоги до охолодження. Це також забезпечує більшу потужність і роботу на антені. BC підтримує багато типів технологій бездротового доступу одночасно, у тому числі GSM, UMTS, CDMA, WiMAX і LTE. У типовій конфігурації BC на лінії «вниз» 200 Мбіт/с і на лінії «вгору» на 75 Мбіт/с. BC працює у смузі частот 1800 та 2600 МГц у режимі частотного дуплекса.

➤ LTE рішення Motorola складається з його ширококугової платформи OFDM, рішення SON і базових станцій LTE eNodeB другого покоління серії WBR 700. Базова станція WBR 700 працює у смугах частот від 700 до 2600 МГц.

Проведемо огляд рішень, що виконують функції ядра мережі 4-го покоління.

Компанія Ericsson пропонує Шлюз конвергентних пакетів (Converged Packet Gateway – CPG), який є частиною Еволюційного пакетного ядра (EPC) мережі LTE/SAE. Шлюз являє собою єдину платформу, що поєднує в собі шлюз обслуговування мережі (Serving Gateway – SGW) та функції шлюзу доступу до інших мереж (PDN – Public Data Network Gateway). CPG забезпечує високу продуктивність ширококугових послуг LTE для операторів, які переходять на LTE з мереж попередніх поколінь, операторів, які бажають забезпечити мобільність між LTE, мережами 3GPP та не-3GPP. CPG також може підійти для операторів, які хочуть мати спільну платформу для розгортання фіксованих і бездротових ширококугових послуг.

Пакетне ядро від компанії Huawei пропонує єдине рішення SingleEPC, що допомагає операторам візуалізувати активність різних абонентів, використовувати оптимізації пропускну здатності та підвищити QoS уздовж усієї мережі, забезпечуючи тим самим успішне перетворення традиційної мережі на інтелектуальну мобільну безпроводову мережу для операторів. SingleEPC рішення надає низку переваг мобільного ширококугового радіодоступу і допомагає операторам побудувати конвергентну мережу ширококугового доступу.

Huawei уклала понад 60 LTE контрактів, у тому числі дев'ять комерційних LTE контрактів. Сьогодні компанія Huawei представила понад 4700 LTE/EPC вкладів у 3GPP і займає 181 LTE основних патентів, що становить 34 % інфраструктури постачальників LTE.

Компанія Alcatel-Lucent пропонує EPC, що містить LTE рішення end-to-end і дозволяє всебічний перехід до IP-інфраструктури, відкриту екосистему LTE при-

строїв, додатків і контент-провайдерів, гладку міжмережеву взаємодію з існуючими мережами 2G/3G. Alcatel-Lucent була обрана для підтримки більш ніж в 45 випробуваннях LTE в усьому світі та забезпечила комерційні контракти з двома найбільшими операторами у світі. Компанія також заснувала програму нового покоління Connest, глобальну ініціативу для управління розвитком і різноманітну екосистему LTE виробників пристроїв, постачальників контенту і партнерів розробки програмного забезпечення.

Заснований на 3GPP архітектурі SAE, ZTE пропонує «ZEPS» – інноваційну мобільну широкопasmову інтегровану мережу доступу. Класифікуючи функції елементів мережі в різні режими доступу, оператори можуть побудувати спрощену, конверговану мережу, що підтримує декілька способів доступу і м'який розвиток до LTE / LTE + ZEPS та складається з таких елементів:

❖ ZXUN uMAC – об'єднаний мобільний диспетчер доступу ZTE. uMAC може підтримати 2G, 3G і LTE. Програми конфігурації uMAC містять у собі: MME, SGSN, MME + SGSN.

❖ ZXUN xGW – ZTE пакетний шлюз. Підтримує 3GPP і non-3GPP і заснований на розвинутій системі маршрутизатора ZTE T8000. Програми конфігурації xGW містять: SAE-GW, GGSN, PDSN, AGW, GGSN + SAE-GW.

У різних мереж є різні вимоги до пропускної здатності та ZXUN uMAC, & xGW може забезпечити гнучкі конфігурації обладнання, щоб відповісти вимогам оператора. Обладнання використовується в мережах країн Азії.

LTE портфель Motorola містить у собі рішення EPC – бездротове широкопasmове ядро WBC 700. Motorola WBC 700 містить у собі управління мобільністю (MME), пакетний та обслуговуючий шлюзи (P-GW і S-GW), а також сервер політики та правил функцій нарахування (PCRF). Motorola має комерційну готовність до розгортання технології LTE за рахунок участі в більш ніж 20-LTE випробувань або зіткнень з клієнтами у всьому світі, у тому числі свій контракт з Саудівською Аравією та заходи з China Mobile Communications Corporation.

Основні характеристики обладнання мобільного Wi-Max

Наведемо перелік основних доступних на ринку базових станцій, що працюють у стандарті IEEE 802.16e:

• BC Huawei BTS3703 (DBS3900) являє собою базову станцію Wi-Max, розроблену компанією Huawei відповідно до стандарту IEEE 802.16e-2005. Ця BC працює у смугах частот 2,5, 2,3 та 3,5 ГГц. Максимальна пропускна здатність становить 30 Мбіт/с у смузі 10 МГц на сектор. Станція використовується лише в режимі часового дуплекса. Обладнання Huawei працює в багатьох мережах WiMAX в Африці, Європі, Росії, Україні, США і Південній Америці.

• Alvarion BreezeMAX Macro Outdoor – базова станція працює у смугах частот 2,5, 2,3, 3,5, 3,6 ГГц відповідно до стандарту IEEE 802.16e-2005. BC Alvarion працюють у мережах країн Африки, Росії та Північної Америки.

• AirPoint AWE37 – базова станція стандарту IEEE 802.16e корейської компанії Air Point Co. Ltd., з підтримкою 802.16e-2005. Станція працює у смугах частот 2,5 та 3,5 ГГц. Працює в режимі часового дуплекса в мережах Росії, України та деяких інших країн.

• Motorola WAP 450 – компактна BC з підтримкою 802.16e-2005. Станція працює у смугах частот 2,3, 2,5 та 3,5 ГГц.

• Nortel WiMAX BTS 5020 використовується у смузі 2,5–2,7 ГГц, працює в стандарті IEEE 802.16e. Мережа Комстар в Росії побудована на базі рішення Nortel. Від 2009 року компанія закрила виробництво обладнання для WiMAX і перейшла тільки до LTE.

• Базова станція Samsung U-RAS підтримує смуги частот 2,3, 2,5 та 3,5 ГГц. Підтримує пікові швидкості до 40,28 Мбіт/с на лінії «вниз» та до 10,08 Мбіт/с на лінії «вгору». Мережа Yota в Росії побудована на базі рішення Samsung.

Проведемо огляд рішень, що виконують функції ядра мережі 4-го покоління.

Компанія Alvarion пропонує рішення для мережі, що містить у собі службу доступу до мережі шлюзів (ASN-GW), домашній агент (НА) і сервер аутентифікації, авторизації та обліку (AAA), які забезпечують високу масштабованість, відкриту архітектуру для сторонньої сумісності, гнучкі рішення, що задовольняють різні топології побудови мережі та дозволяють операторам пропонувати абонентам послуги передачі голосу, даних і відео в будь-який час і в будь-якому місці.

Як основний контролер мобільного доступу WiMAX мережі Samsung ASN Gateway керує аутентифікацією мобільних станцій і управлінням сеансу зв'язку. Він пропонує посилені заходи безпеки щодо несанкціонованих мобільних станцій та небезпечних вузлів, використовуючи список контролю доступу, обмеження швидкості повідомлення площині управління, а також запобігання підробленню пакетів; виконує керування QoS, управління розташуванням і мобільністю, щоб допомогти оператору ефективно використовувати свою мережу WiMAX для отримання додаткових доходів шляхом дослідження цих функцій. Samsung ACR також підтримує служби місцезнаходження та міжмережної взаємодії. Стандартне рішення ACR підтримує пропускну здатність 7,8 Гбіт/с та може масштабуватися до 28 Гбіт/с.

Huawei пропонує обладнання WASN9770 – шлюз послуг мережі доступу (ASN-GW) зі всією схемою резервування, що з'єднується з базовою станцією WiMAX у мережі підключення до послуг (CSN). Це обладнання підтримує до 600000 активних підключень одночасно. WASN9770 компанії Huawei забезпечує основні функції, визначені щодо комплексної мережної архітектури 1.0. Крім того, шлюз надає окрему гарантовану смугу пропускання для послуг передачі відео, а також підтримує інтелектуальні IP-послуги, такі як QoS, VPN, безпека і AAA.

WASN9770 підтримує надання послуг передачі VoIP, даних і відео з гарантованою якістю QoS для 300000 абонентів, забезпечує одночасну передачу 600000 сервісних потоків при максимальній пропускну спроможності даних до 3 Гбіт/с. Велика ємність відповідає збільшеним вимогам послуг з обсягу переданого трафіка, що дозволяє залучити нових абонентів і збільшити обсяг існуючих інвестицій.

Термінали мобільного зв'язку

Із більш ніж 6200 млн мобільних пристроїв, що перебувають в експлуатації у всьому світі, термінали мобільного зв'язку є найбільш домінуючою формою комунікації на планеті. Мобільні термінали можна умовно поділити на такі категорії:

- ⇒ звичайні мобільні телефони;
- ⇒ засоби підключення комп'ютера до мережі Інтернет;
- ⇒ смартфони;
- ⇒ планшетні комп'ютери та електронні книги;
- ⇒ пристрої M2M (машина-машина).

Мобільні телефони продовжують залишатися домінуючими пристроями зв'язку, що забезпечують голосові послуги, передавання SMS/MMS повідомлень. За-

вдяки вбудованим засобам телефон швидко став важливим джерелом споживання розваги, новин, соціальних мереж, а також генерації контенту за допомогою відео-запису, фотографії або аудіозапису.

Мобільні пристрої сприяли стрімкому перетворенню в особистому зв'язку і доступу в Інтернет. А технології широкосмугового доступу розширюють концепцію мобільності та зв'язку за межі традиційного телефону.

Сучасний напрямок розвитку мобільних пристроїв – це не лише підвищення якості голосу та швидкості передавання даних. Нові бездротові технології та мережі дають можливість підключення практично з усіх пристроїв, створюючи нове майбутнє. Минув той час, коли підключення до Інтернету було можливо лише за допомогою комп'ютера, за останні два роки стрімкого розвитку набули мобільні пристрої з інтегрованою операційною системою – смартфони та планшети.

У 2011 році майже 32 % (490 млн) з усіх куплених мобільних пристроїв були смартфони, що є більш багатофункціональними пристроями порівняно з мобільними телефонами та забезпечують підключення до Інтернету через мережу мобільного оператора або через мережу широкосмугового доступу Wi-Fi. Завдяки розвинутій операційній системі смартфони, крім повноцінного доступу до мережі Інтернет, можуть виконувати функції GPS-навігатора, ігрової консолі, фото-, відеокамери, MP3-плеєра та багато інших.

Великий попит на споживання так званого важкого контенту, насамперед Youtube та online телебачення, сприяло підвищенню розміру екрана смартфонів та появі нового класу мобільних терміналів, які отримали назву «планшетні ПК». У 2011 році майже 4,5 % (69 млн) з усіх куплених мобільних пристроїв були планшети, але, за прогнозами передбачалось, що в 2012 році буде продано вже 106 млн таких пристроїв. Планшетні ПК зазвичай мають дещо більшу функціональність, ніж смартфони, але здебільшого забезпечують доступ до Інтернету лише за допомогою широкосмугового доступу Wi-Fi.

Дуже важливою складовою смартфонів та планшетів є операційна система. Питому вагу різних операційних систем у таких мобільних пристроях приведено на рис. 5.37.

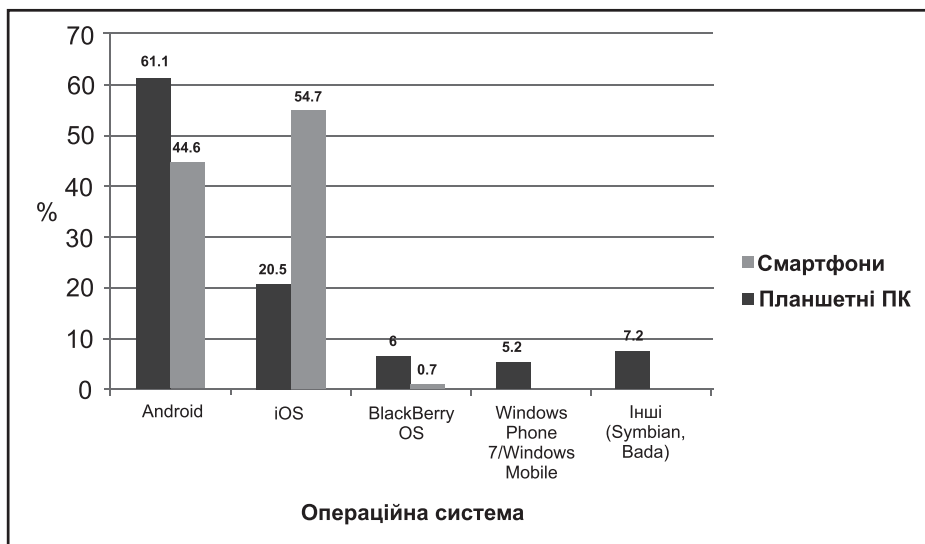


Рис. 5.37. Використання операційних систем у смартфонах та планшетних ПК

Наступним кроком розширення і розвитку бездротових мереж у поєднанні зі зростанням попиту на передавання даних буде розвиток інтелектуальних мобільних пристроїв, які забезпечать підключення машина-машина (M2M), що уможливить використання мобільних терміналів в інших галузях, таких, як охорона здоров'я, освіта, транспорт та енергетика.

Сучасні термінали мобільного зв'язку підтримають декілька мобільних технологій, зазвичай це двостандартні термінали, що підтримують технології GSM/UMTS, CDMA/EV-DO, або тристандартні термінали GSM/UMTS/LTE. За останній рік більшість терміналів мобільного зв'язку випускаються з підтримкою мереж LTE.

За даними компанії Intel, до 2020 року загальна кількість мобільних пристроїв досягне 20 млрд одиниць.

5.9. Термінальне обладнання

Термінальне обладнання (DTE – Data Terminal Equipment) – устаткування, яке перетворює інформацію користувача на дані для передачі лінією зв'язку та здійснює зворотне перетворення. Це узагальнене поняття, що використовується для опису кінцевого приладу користувача або його частини. Термінальне обладнання може бути джерелом інформації, її одержувачем або тим і іншим одночасно. Термінальне обладнання передає та/або приймає дані за допомогою використання кінцевого обладнання лінії зв'язку та каналу зв'язку.

Прикладом термінального обладнання може бути звичайний персональний комп'ютер. Як термінальне обладнання можуть також виступати мейнфрейм, пристрій збору даних, касовий апарат, приймач сигналів глобальної навігаційної системи або будь-яке інше обладнання, здатне передавати або приймати дані.

Сучасна комп'ютерна техніка

Сучасну комп'ютерну техніку за виконуваними функціями можна умовно поділити на такі типи: персональний комп'ютер, сервер, мейнфрейм, суперкомп'ютер.

Персональний комп'ютер – комп'ютер, призначений для експлуатації одним користувачем, тобто для особистого використання. До розряду персональних комп'ютерів умовно можна віднести також і будь-який інший комп'ютер, використовуваний конкретною людиною як свій особистий комп'ютер. Переважна більшість людей використовують як ПК настільні і різні переносні комп'ютери. На теперішній час існує велика кількість різноманітних реалізацій персональних комп'ютерів, які розділяють на два основних види: стаціонарні та переносні.

Стаціонарний комп'ютер складається з окремих конструктивно завершених частин – системного блоку, монітора і клавіатури, з'єднаних інтерфейсними кабелями із системним блоком. Сьогодні також широке поширення набули ПК-моноблоки, в яких системний блок, монітор і нерідко інші пристрої (клавіатура, звукова підсистема, веб-камера, мікрофон) конструктивно об'єднані в один пристрій. Прикладами стаціонарного комп'ютера є десктопи, комп'ютери типу Tower, моноблоки, ігрові приставки.

Десктоп – стаціонарний комп'ютер, що має такий формфактор, який зручніше розмістити на столі (звідси і застосування терміна «десктоп», від англ.

Desktop – «робоча поверхня – письмового столу»), призначений насамперед для роботи в офісі або за домашніх умов.

Комп'ютер типу Tower («башта») має високий системний блок і тому зазвичай розташовується під столом (часто в спеціально призначених для цього нішах або відділеннях комп'ютерних столів). Через зменшення розмірів і маси комплектуючих також стало можливе зменшення і розмірів самих «баштових» системних блоків.

Моноблок – конструктивна схема стаціонарного ПК, в якій системний блок, монітор і на теперішній час мікрофон, звукові колонки, веб-камера конструктивно об'єднані в один пристрій. Такий ПК більш ергономічний (забирає мінімум простору) і привабливий з естетичного погляду.

Ігрова приставка – спеціалізований електронний пристрій, розроблений і створений для відеоігор. Найчастіше використовуваним пристроєм виводу є телевізор або, рідше, комп'ютерний монітор, тому такі пристрої і називають приставками, вони приставляються до незалежного пристрою відображення.

До переносних (портативних) комп'ютерів належать ноутбуки та їх різновиди, планшетні ПК, кишенькові ПК, комунікатори, смартфони.

Ноутбуки – компактні комп'ютери, що містять усі необхідні компоненти (у тому числі монітор) в одному невеликому корпусі, як правило, складається у вигляді книжки (звідси й назва такого виду ПК).

Як заміна десктопу зазвичай позиціонуються ноутбуки з діагоналлю екрана 15 дюймів і вище. Габарити і вага таких портативних комп'ютерів досить значні, що робить їх незручними в перенесенні, проте порівняно великий розмір дисплея забезпечує більш комфортну роботу, а об'ємний корпус дозволяє встановити потужні компоненти і забезпечити їм достатнє охолодження.

Субноутбуками називають ноутбуки з діагоналлю екрана 11–13,3 дюйма. Такі ноутбуки відрізняються малими габаритами і вагою, однак маленький розмір екрана знижує зручність роботи з таким пристроєм. Розміри субноутбуків не дозволяють установити потужні компоненти, оскільки виникають проблеми з охолодженням, тому в них часто застосовують мобільні процесори зі зниженим енергоспоживанням (моделі LV або ULV).

Ультрапортативні ноутбуки мають дуже компактні габарити (діагональ екрана 9–11 дюймів) і вагу близько 1 кг, зазвичай базуються на процесорі з пониженим енергоспоживанням (CULV, напр. Atom, AMD Fusion), що дозволяє досягти однієї з їхніх переваг – великої (4–7 годин) автономності роботи.

Нетбуки як окрема категорія ноутбуків були виділені з категорії субноутбуків у першому кварталі 2008 року компанією Intel. Розмір діагоналі нетбуків від 7 до 12,1 дюйма. Нетбуки орієнтовані на перегляд веб-сторінок, роботу з електронною поштою та офісними програмами.

Планшетні ПК аналогічні ноутбукам, але містять сенсорний, тобто чутливий до натиснення, екран і не містять механічної клавіатури. Введення тексту і управління здійснюються через екранний інтерфейс, часто доопрацьований спеціально для зручного керування пальцями.

Кишенькові ПК (PDA) – надпортативні ПК уміщаються в кишені. Управління ними, як правило, відбувається за допомогою невеликого за розмірами і дозволу екрана, чутливого до натиснення пальця або спеціальної палички-указки – стилуса; клавіатура і миша відсутні. Однак деякі моделі містять мініатюрну фіксовану або таку, що висувається з корпусу, клавіатуру.

Смартфон – мобільний телефон, який можна порівняти з комунікатором. Смартфони і комунікатори відрізняються від звичайних мобільних телефонів наявністю досить розвиненої операційної системи, відкритої для розробки програмного забезпечення сторонніми розробниками (операційна система звичайних мобільних телефонів закрита для сторонніх розробників). Установка додаткових програм дозволяє набагато поліпшити функціональність смартфонів і комунікаторів порівняно зі звичайними мобільними телефонами.

Сервером називається комп'ютер, виділений із групи персональних комп'ютерів (або робочих станцій) для виконання будь-якого сервісного завдання без безпосередньої участі людини. Деякі сервісні завдання можуть виконуватися на робочій станції паралельно з роботою користувача. Таку робочу станцію умовно називають *невиділений сервер*. Основними *характеристиками* сервера є надійність, зовнішнє виконання, продуктивність, масштабованість.

Сервери, які потрібно встановлювати на деяке стандартне шасі (наприклад, у 19-дюймові стійки і шафи), приводяться до *стандартних розмірів* і забезпечуються необхідними кріпильними елементами.

Продуктивність є основною характеристикою сервера, яка залежить від його конфігурації. Для підвищення продуктивності серверів застосовуються технології, засновані на останніх досягненнях в області комп'ютерної техніки, наприклад: декілька процесорних роз'ємів на одній материнській платі, багатоканальний режим роботи оперативної пам'яті, незалежні шини PCI-Expressx16, жорсткі диски з інтерфейсом SAS і високою швидкістю обертання шпинделя (10000-15000 об/хв), об'єднання жорстких дисків в RAID-масиви.

Масштабованість – це можливість збільшити обчислювальну потужність сервера або операційної системи (зокрема, їх здатності виконувати більше операцій або транзакцій за певний період часу або запускати більше різних служб) за рахунок встановлення більшої кількості процесорів, оперативної пам'яті тощо або їх заміни на більш продуктивні. Така масштабованість називається *апаратною*.

Зазвичай сервери розміщуються в спеціально обладнаних приміщеннях, які називаються серверними кімнатами. Управління серверами здійснюють кваліфіковані фахівці – системні адміністратори.

Мейнфрейм – високопродуктивний комп'ютер зі значним об'ємом оперативної і зовнішньої пам'яті, призначений для організації централізованих сховищ даних великої місткості і виконання інтенсивних обчислювальних робіт. Також під поняттям «мейнфрейм» можна розуміти найбільш потужний комп'ютер, який використовується як головний або центральний комп'ютер (наприклад як головний сервер).

Суперкомп'ютер – обчислювальна машина, яка набагато перевершує за своїми технічними параметрами більшість існуючих комп'ютерів. Як правило, сучасні суперкомп'ютери являють собою велику кількість високопродуктивних серверних комп'ютерів, з'єднаних один з одним локальною високошвидкісною магістраллю для досягнення максимальної продуктивності в рамках підходу розпаралелювання обчислювальної задачі [5.43].

Термінальне обладнання IP-телефонії

Основними видами термінального обладнання IP-телефонії є: IP-телефон, IP-PBX (відомча телефонна станція), VoIP-шлюз, програмний телефон (софтфон).

IP-телефон – телекомунікаційний пристрій, що забезпечує можливість голосового спілкування віддалених абонентів. Як середовище для передачі голосу IP-

телефон використовує IP-мережу. Поява IP-телефонів стала наслідком появи і розвитку технології VoIP, яка описує процедуру передачі голосу IP-мережею. Нині IP-телефонія та IP-телефони повільно, але вірно витісняють традиційну телефонію (PSTN). Більшою мірою таке витіснення відбувається в корпоративному секторі ринку, меншою мірою – у секторі споживчого ринку.

IP-PBX (відомча телефонна станція) – відомча телефонна станція на основі міжмережного протоколу IP. Як і звичайна відомча станція, IP-PBX покликана виконувати ті та деякі додаткові функції. Оскільки майже всі функції реалізовані через програмне забезпечення, то в IP-PBX легко нарощувати функціонал, модернізувати їх, виправляти помилки. Існують як комерційні IP-PBX, так і рішення, засновані на програмному забезпеченні з відкритим кодом. Найяскравішим прикладом програмного забезпечення для PBX є Asterisk – Open Source-проект компанії Digium. Комерційні рішення пропонуються багатьма відомими вендорами: AddPac, Alcatel, Avaya, Cisco, Nortel, Panasonic та ін.

VoIP-шлюз – пристрій, призначений для підключення телефонних апаратів або офісних АТС до IP-мережі для передачі через неї голосового трафіка. VoIP-шлюз – це міжмережний шлюз, призначений для передачі трафіка між мережами різних типів. Основне завдання шлюзів – перетворення мовної інформації, що надходить з телефонної мережі, на формат, придатний для передачі мережами з комутацією пакетів. Окрім того, на шлюз покладаються завдання перетворення сигнальних повідомлень систем сигналізації традиційних мереж на сигнальні повідомлення H.323 або MGCP.

Як термінальне обладнання IP-телефонії можна використовувати і звичайний персональний комп'ютер із встановленим на ньому програмним телефоном (софтофоном). *Софтфон* (Software telephone, програмний телефон) – клас програмного забезпечення для персонального комп'ютера для здійснення телефонних (голосових) або відеодзвінків через Інтернет (у загальному випадку – через будь-яку IP-мережу) без використання додаткового апаратного забезпечення за винятком гарнітури, мікрофона та колонок, вебкамери (у разі відеозв'язку).

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 5.1. Гроднев И.И., Верник Н.Д. Линии связи / И.И. Гроднев, Н.Д. Верник – М.: Связь, 1980. – 440 с.
- 5.2. Барон Д.А. Строительство кабельных сооружений связи: справочник / Д.А. Барон, И.И. Гроднев, В.Н. Евдокимов и др. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1988. – 768 с.: илл.
- 5.3. Кабелі радіочастотні коаксіальні. Технічні умови. ТУ-У 31,3-05758730-021-2003. – [Чинні від 2004.02.23]. – Одеса: УРУ Держстандарту – Одеський центр стандартизації і метрології, 1998. – (Технічні умови ВАТ «Одеськабель»).
- 5.4. Парфенов Ю.А. Кабели электросвязи / Ю.А. Парфенов – М.: Эко-Трендз, 2003. – 256 с.
- 5.5. Парфенов Ю.А., Мирошников Д.Г. Последняя миля на медных кабелях / Ю.А. Парфенов, Д.Г. Мирошников – М.: Эко-Трендз, 2005. – 221 с.
- 5.6. Андреев В.А. Направляющие системы электросвязи: Учебник для вузов. В 2 томах. Т. 1 – Теория передачи и влияния / В.А. Андреев, З.Л. Портнов, Л.Н. Кочановский, под ред. В.А. Андреева. – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Горячая линия – Телеком, 2009. – 424 с.: илл.
- 5.7. Кабели местной связи высокочастотные КСПП, КСПЗП. Технические условия. ТУ 16к-71-061-89. – [Чинні від 1990.06.01]. – 45 с.
- 5.8. Кабели местной телефонной связи малопарные. Технические условия. ТУ 16к-71-007-87. – [Чинні від 1998.01.01]. – 40 с.
- 5.9. ISO/IEC 11801. Information technology – Generic cabling for customer premises – Edition 2. 1. – 2008. – 38 p.
- 5.10. EN 50173. Information Technology – Generic cabling systems. – 2007. – 103 p.
- 5.11. Гроднев И.И., Фролов П.А. Коаксиальные кабели связи / И.И. Гроднев, П.А. Фролов – М.: Радио и связь, 1983. – 196 с.
- 5.12. Зевеке Г.В. Основы теории цепей / Г.В. Зевеке, П.Л. Ионкин и др. – М.: Энергия, 1988. – 750 с.
- 5.13. Семенов А.Б. Структурированные кабельные системы / Семенов А.Б., Стрижаков С.Н., Сунчелей И.Р. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ЛАЙТ Лтд., 2001. – 608 с.
- 5.14. Семенов А.Б. Проектирование и расчет структурированных кабельных систем и их компонентов / Семенов А.Б. – М.: Компания АйТи, 2003 – 416 с.
- 5.15. Воробієнко П.П. Телекомунікаційні та інформаційні мережі. Підручник для вищих навчальних закладів / Воробієнко П.П., Нікітюк Л.А., Резниченко П.І. – К.: САММІТ-КНИГА, 2010. – 640 с.
- 5.16. Воловодов А.А. Словарь терминов СКС / Воловодов А.А. – К.: Журн.: Сети и системы связи – 1999, № 16 (50) – С. 32–39.
- 5.17. Направляющие системы электросвязи: Учебник для вузов. В 2 томах. Т. 2 – Проектирование, строительство и техническая эксплуатация / В.А. Андреев, А.В. Бурдин, Э.Л. Портнов, Л.Н. Кочановский, В.Б. Попов; под. ред. В.А. Андреева. – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Горячая линия – Телеком, 2010. – 424 с.: илл.
- 5.18. Ларин Ю.Т. Кабели оптические. Заводы-изготовители. Общие сведения. Конструкции, оборудование, техническая документация, сертификаты / Ларин Ю.Т., Ильин А.А., Нестерко В.А. – М.: Престиж, 2007. – 320 с.
- 5.19. Гауэр Дж. Оптические системы связи / Гауэр Дж.; пер. с англ. под ред. А.И. Ларкина, В.К. Соколова. – М.: Радио и связь, 1989. – 504 с.: илл.
- 5.20. Мазурков М.І. Системы широкополосной радиосвязи / Мазурков М.І. – О.: Наука и техника, 2010. – 340 с.
- 5.21. Ипатов В.П. Широкополосные системы и кодовое разделение сигналов / Ипатов В.П. – М.: Техносфера, 2007. – 488 с.
- 5.22. Балашов В.А. Системы передачи ортогональными гармоническими сигналами / Балашов В.А., Воробієнко П.П., Ляховецкий Л.М. – М.: Эко-Трендз, 2012. – 228 с.: илл.

- 5.23. Балашов В.А. Технологии широкополосного доступа xDSL. Инженерно-технический справочник / Балашов В.А., Лашко А.Г., Ляховецкий Л.М. – М.: Эко-Трендз, 2009. – 256 с.: илл.
- 5.24. Chang R.W. Synthesis of Band Limited Orthogonal Signals for Multichannel Data Transmission. BSTJ, Vol. 45, № 10, 1966, December. – P. 1775–1797.
- 5.25. Schmidman D.A. A generalized Nyquist criterion and optimum linear receiver for a pulse modulation system. BSTJ, Vol. 46, № 9, 1967. – P. 2163–2177.
- 5.26. Окунев Ю.Б., Рахович Л.М. Фазоразностная модуляция и ее применение для передачи дискретной информации / Окунев Ю.Б., Рахович Л.М. – М.: Связь, 1967. – 304 с.
- 5.27. Размахин М.К., Яковлев В.П. Функции с двойной ортогональностью в радиоэлектронике и оптике / Размахин М.К., Яковлев В.П.; пер. с англ. – М.: Сов. радио, 1971. – 256 с.
- 5.28. Захарченко Н.В. Основы передачи дискретных сообщений / Захарченко Н.В., Нудельман П.Я., Кононович В.Г. – М.: Радио и связь, 1990. – 239 с.
- 5.29. Нудельман П.Я. Некоторые свойства билинейных рядов и ортогональные разложения случайного процесса с ограниченным спектром / Нудельман П.Я. – К.: Радиотехника и электроника, т. XXXVIII, № 3, 1983. – С. 509–512.
- 5.30. Электронный конспект лекций. Мобильные системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://artem221287.narod.ru/mob>.
- 5.31. Микроволновые технологии в телекоммуникационных системах / [Михайлов В.Ф., Нарытник В.М., Брагин И.В., Мошкин В.Н.], под ред. В.Ф. Михайлова. – СПб.: СПбГУАП, 2003. – 337 с.
- 5.32. Ксензенко П.Я. Технология МИТРИС в сетях MAN / П.Я. Ксензенко, Т.Н. Нарытник, П.В. Химич – М.: Телеком. – № 4. – 2012. – С. 36–46.
- 5.33. MMDS (Multichannel Multipoint Distribution System) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://glidia.narod.ru/works/marketing/mmms.html>
- 5.34. Решение «последней мили». Варианты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.teleport-pskov.ru/publications/xdsltec2>
- 5.35. Чумак М.О. Цифрова система комутації SI2000: Навчальний посібник / Чумак М.О. – Одеса: УДАЗ ім. О.С. Попова. – 1999. – 92 с.
- 5.36. Ложковський А.Г. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт «Комутаційні технології» / Ложковський А.Г. – Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2009. – 58 с.
- 5.37. Телекоммуникационные системы и сети / [Величко Н.В., Субботин Е.А., Шувалов В.П. и др.]. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 592 с.: илл.
- 5.38. Гольдштейн Б. С. Softswith / Гольдштейн Б. С. – М.: Радио и связь, 2008. – Г53 423 с.: илл.
- 5.39. Cisco ASR 5000 Multimedia Core Platform Network Functions – [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.cisco.com/en/US/prod/wireless/ps11035/ps11047/ps11072/asr5000_network_functions.html
- 5.40. Cabinets, Racks, Panels, and Associated Equipment: ECA EIA/ECA-310-E – [Чинний від 2005.12.01] – Electronic Industries Alliance, 2005 – 258 с. – (Міжнародний стандарт).
- 5.41. Standard for Information Technology Telecommunications and Information Exchange Between Systems Local and Metropolitan Area Networks Specific Requirements Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications Amendment: Data Terminal Equipment (DTE) Power Via the Media Dependent Interface (MDI) Enhancements: IEEE 802.3at – [Чинний від 2005.09.22] – IEEE Computer Society, 2005 – (Міжнародний стандарт).
- 5.42. Cisco ASA 5500 Series Firewall Solution Overview – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/vpndevc/ps6032/ps6094/>
- 5.43. Обновлен рейтинг самых мощных суперкомпьютеров [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://lenta.ru/news/2012/06/18/supercomp/>

МЕРЕЖА ІНТЕРНЕТ. ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВНІ ПОСЛУГИ

Розділ 6

6.1. Загальна архітектура мережі Інтернет

Всесвітня мережа Інтернет належить до класу об'єктів, які називають великими, або складними, системами. За своїм складом такі системи є гетерогенними, тобто характеризуються величезною кількістю неоднорідних елементів і зв'язків між ними.

Системний підхід, як науковий метод пізнання, передбачає всебічний розгляд складної системи в багатьох аспектах. У кожному аспекті до уваги береться група найбільш типових елементів і зв'язків між ними, що відображається відповідною моделлю. Багаторівневий модельний опис складної системи прийнято називати **архітектурою** системи [6.1].

Отже розглядаємо архітектуру глобальної мережі Інтернет. При цьому доцільним є навести такі відокремлені моделі, як модель організаційної структури Інтернету, протокольну модель, модель адресного простору та доменну модель.

Модель організаційної структури

Інтернет від самого початку створено як мережу великої кількості незалежних мереж, які взаємодіють на основі IP-протоколу (Internet-протоколу) і тому ще мають назву «IP-мережі».

У структурі Інтернет виокремлюють *магістральну мережу* – ядро (Core Backbone Network, CBN), а під'єднані до магістралі мережі розглядають як автономні системи (**рис. 6.1**) [6.2]. **Автономною системою** (Autonomous System, AS) зазвичай називають сукупність мереж, які мають спільне адміністративне управління й єдину політику маршрутизації (власні протоколи маршрутизації). *Магістраль* також має своє адміністративне керування та протоколи маршрутизації. Необхідно звернути увагу на те, що розподілення на автономні системи не пов'язане прямо з розподіленням Інтернету на домени імен.

Маршрутизатори, які застосовують для взаємодії мереж усередині автономної системи, називають **внутрішніми шлюзами** (Interior Gateway, IG), а ті, за допомогою яких автономні системи під'єднуються до магістралі CBN, – **зовнішніми шлюзами** (Exterior Gateway, EG). Сама магістраль CBN також є автономною системою. Використовувані всередині автономних систем протоколи маршрутизації називають протоколами внутрішніх шлюзів (Interior Gateway Protocol, IGP), а протоколи обміну маршрутною інформацією між зовнішніми шлюзами автономних систем і шлюзами магістральної мережі CBN – **протоколами зовнішніх шлюзів** (Exterior Gateway Protocol, EGP). Усередині магістральної мережі CBN також може функціонувати будь-який власний внутрішній протокол IGP.

Усі автономні системи мають спеціальний унікальний 16-розрядний номер, який присвоює централізовано відповідний адміністративний орган Інтернету, де реєструють усі AS.

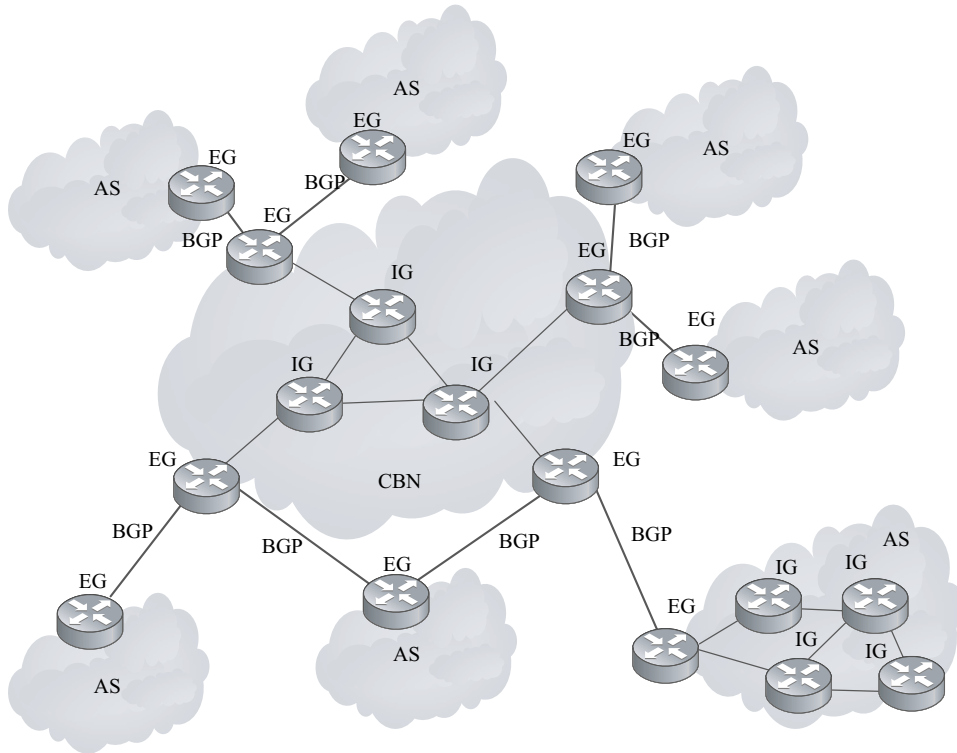


Рис. 6.1. Організаційна структура Інтернету: CBR – маршрутна мережа; AS – автономна система; IG – внутрішній шлюз; EG – зовнішній шлюз; BGP – протокол суміжної маршрутизації

Поділ усього Інтернету на автономні системи є необхідним для *багаторівневої модульної організації*, що уможлиблює розширення будь-якої великої системи. Зміна протоколів маршрутизації всередині автономної системи не повинна впливати на роботу інших автономних систем. Крім того, поділ Інтернет на автономні системи сприяє агрегуванню інформації на магістральних та зовнішніх шлюзах. Внутрішні шлюзи можуть використовувати для внутрішньої маршрутизації досить детальні графи взаємних зв'язків, щоб вибрати найбільш раціональний маршрут. Однак якщо інформація такого ступеня деталізації зберігатиметься в усіх маршрутизаторах мережі, то топологічні бази даних настільки розростуться, що буде потрібно пам'ять гігантських розмірів, а час прийняття рішень про маршрутизацію стане неприйнятно тривалим. Тому детальна топологічна інформація залишається всередині автономної системи, яку зовнішні шлюзи подають для іншої частини Інтернет як єдине ціле. Вони повідомляють про внутрішній склад автономної системи мінімально необхідні відомості: кількість IP-мереж, їх адреси та внутрішню відстань до цих мереж від даного зовнішнього шлюзу.

Наведена на рис. 6.1 структура Інтернет з єдиною магістраллю була такою досить довго, тому спеціально для неї було розроблено протокол маршрутного обміну інформацією між AS, названий EGP. Однак відповідно до розвитку інтернет-сервіс-провайдинга послуг структура Інтернет ускладнилася довільним типом зв'язків між автономними системами. Тому протокол EGP поступився місцем **протоколу прикордонної маршрутизації** (Border Gateway Protocol, BGP), який дає змогу розпізнавати наявність петель між автономними системами та вилучати їх з міжсистемних маршрутів.

Великомасштабні автономні системи, що складаються із сотень вузлів, можна поділяти на підсистеми (більш дрібні AS). Таке утворення називають **конфедерацією**. Організовувати конфедерації рекомендовано у тому разі, коли до роботи за протоколом BGP залучено велику кількість маршрутизаторів, що викликає лавиноподібне наростання кількості BGP-сеансів на окремому маршрутизаторі. У середині кожної такої підсистеми AS чинними є всі правила маршрутизації за IGP. Оскільки кожна підсистема AS має власний номер, вони можуть взаємодіяти із зовнішнім протоколом BGP.

Протокольна модель

Протокольна модель Інтернет, відома як «Стек протоколів TCP/IP» (Transmission Control Protocol/Internet Protocol), оперує конкретними протоколами та стандартами. Ця модель описує реально існуючі в Мережі процеси взаємодії інформаційних потоків різних рівнів подання. У цій моделі є дві основні групи протоколів:

- а) протоколи рівня локального доступу до мережі (Network Access Layer);
- б) протоколи глобальної міжмережної взаємодії.

У свою чергу, кожна з цих двох груп моделей має свій внутрішній поділ на шари. Так, рівень доступу до мережі оперує поняттями фізичного (Physical Layer, PL) і каналного (Data Link Layer, DLL) рівнів інтерфейсів. Канальний рівень також може розглядати такі верстви, як нижній підрівень управління доступом до середовища (Media Access Control sub-layer, MAC) і верхній підрівень логічного управління (Logical Link Control, LLC).

Протоколи рівня доступу до мережі насправді описують лише локальні області спільного простору Інтернет. Оскільки протоколи цієї групи представляють в основному технології локальних мереж і транспортних сегментів мережі, ця група протоколів досить численна, у ній нема єдиної концептуальної основи. Занесення протоколів цього типу до загальної моделі глобальної мережі Інтернет розглядається переважно з погляду організації взаємодії локальних процесів каналного рівня DLL з протоколом глобальної взаємодії в Інтернет – IP-протоколом.

Ця взаємодія, а також вся протокольна надбудова над рівнем доступу в моделі TCP/IP реалізується засобами мережних операційних систем, тоді як рівень доступу до мережі спирається на апаратно-програмну реалізацію спеціалізованих мережних пристроїв-контролерів і адаптерів локальних мереж, мережних інтерфейсів (Network Interface Card) та ін. Ці інтерфейси можуть виконуватися також у вигляді вбудованих контролерів, чипів і драйверів до них (on-board controller).

Таким чином, говорячи про протокольну модель Інтернету, мають на увазі, перш за все, протоколи групи «б» глобальної міжмережної взаємодії: IP (Internet Protocol), TCP (Transmission Control Protocol), UDP (User Datagram Protocol) та протоколи прикладного рівня.

Протокол IP – це головна вісь сучасного Інтернету. Він має дві основні версії: IPv4 і IPv6. Версія v4 Інтернет протоколу історично виникла раніше (специфікація RFC 791, 1981 р.) і є найбільш поширеною. Її характерною особливістю є використання 32-бітової IP-адреси для глобальної адресації пакетів. Однак 32-бітові адреси вже вичерпуються, і виникає гостра нестача адресного простору. У зв'язку з цим деякі країни, куди Інтернет прийшов пізніше і кому не дісталися короткі IP-адреси, змушені використовувати протокол шостої версії IPv6 з 128-бітової IP-адресацією (RFC 1752 – proposed Standard, 1995). Застосування адрес з такою високою надмірністю призводить до великих накладних витрат та істотно підвищує собівартість транспорту інформації з телекомунікаційних мереж.

Важливість протоколу IP обумовлена ще й тим, що він використовується практично в усіх сегментах глобальної мережі – як в транзитних, так і кінцевих вузлах мережі. Виняток становлять транспортні сегменти фізичного та каналного рівнів.

Передача інформації користувача за протоколом IP виконується шляхом інкапсуляції в IP-пакет блоків PDU (Protocol Data Unit) більш високого рівня, які обробляються іншими протоколами, тобто протоколами інкапсуляції. Найактуальнішими, на погляд користувачів мережі, є інкапсульовані протоколи TCP – протокол, орієнтований на встановлення з'єднання, і UDP – протокол користувацьких дейтаграм. Їх називають транспортними протоколами. Транспортні сегменти UDP також називають дейтаграмами. У моделі TCP/IP передбачено теоретично до 256 різних протоколів інкапсуляції (заголовки пакета містить спеціальне 8-бітове поле для вказівки номера інкапсульованого протоколу).

Модель адресного простору

Мережа Інтернет та її складові – IP-мережі можуть бути розглянуті з точки зору структуризації їх адресного простору. Зазвичай при цьому розглядають адресацію протоколу IPv4, який є найпоширенішим і, разом з тим, має дуже неоднорідну структуру. На **рис. 6.2** показано схему адресного простору IPv4. Вона наочно ілюструє поняття «класи адрес» і співвідношення «площ» цих класів. На цій схемі позначено зарезервовані зони (класи D, E) й області адрес внутрішньої адресації для трьох класів – A, B, C.

Із точки зору топології адресного простору, становить інтерес зображення мережі у вигляді об'єднання і перетину областей (підмереж) з різними методами адресації, у тому числі локальні мережі із замкнутим фізичним адресним простором, а також мережі з IP-адресацією, які покривають їх. При цьому можуть розглядатися області IP-адресації з публічними (глобальними) і внутрішніми (локальними) адресами.

0	0	1	2					255	128	0					168		255	
1																		
2																		
10																		
														Class B				
									169								254	
									172		16-	-31						
				Class A														
									191									
									192						168			
														Class C				
									223									
									224									
														Class D Multicast				
									239									
									240									
														Class E Reserved				
127																		
									255									

IP-класи в глобальній мережі:

- A: 0..... $1/2 = 2^7$ networks x 2^{24} addresses
- B: 10..... $1/4 = 2^{6+8}$ networks x 2^{16} addresses
- C: 110..... $1/8 = 2^{5+16}$ networks x 2^8 addresses
- D: 1110..... $1/16 = 2^4$ networks x 2^{24} addresses
- E: 1111..... $1/16 = 2^4$ networks x 2^{24} addresses

Рис. 6.2. Адресна модель мережі IPv4

На **рис. 6.3** наведено таку модель для мережі великого масштабу (регіональної, глобальної).

У зазначеній моделі є окремі локальні мережі каналного рівня з MAC адресацією. Їхні адресні простори не перетинаються один з одним. При цьому всі ці «острівці» фізичної адресації покриті областями логічної IP-адресації, які утворюють багаторівневу ієрархію вкладення мереж одна в одну. Дані IP-мережі перебувають у спільній області логічної адресації, тобто пов'язані між собою на рівні міжмережної взаємодії. Крім загальної області IP-адресації, на схемі також показано локальні IP-області. Кожна з таких мереж реалізує модель TCP/IP у локальному масштабі.

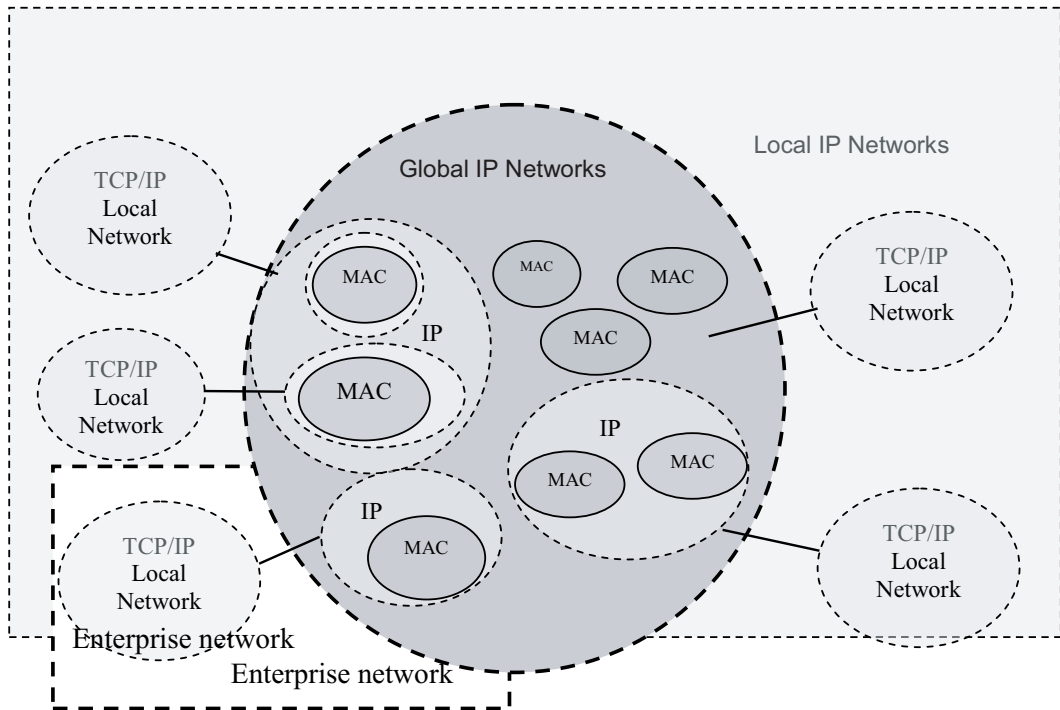


Рис. 6.3. Топологія адресного простору мережі Інтернет

На рис. 6.3 також показано укрупнену схему мережі підприємства (Enterprise network). Ця мережа утворена однією локальною мережею, накритою IP-мережею з глобальними адресами. До цієї мережі підключено ще одну IP-мережу, але з локальною логічною адресацією. Внутрішня структура такої локальної IP-мережі в цілому аналогічна схемі побудови глобальних мереж. Різниця в тому, що IP-адреси цієї мережі не видно з глобальної мережі. До них не можна адресуватися безпосередньо, а лише за посередництвом проксі-сервера.

Доменна модель

Використання IP-адрес, а також знання зарезервованих типових логічних портів для обміну інформацією мережею Інтернет є базовою можливістю внутрішньо мережного обміну за протоколом TCP/IP. IP-адреси зазвичай висловлюють у вигляді чотирьох десятинних блоків чисел із діапазона від 0 до 255. Кожний блок кодує один октет 32-бітової IP-адреси, наприклад 230.128.200.160. Однак для людини числові ідентифікатори великої довжини не комфортні. Користувачі завжди віддають перевагу роботі з найзручнішими символічними іменами, так званими *доменними іменами комп'ютерів*, або *іменами-DNS* (Domain Name System). Тому велика частина адресного IP-простору глобальної адресації (публічні адреси) поділена на так звані «домени».

Домен – це сукупність об'єктів, поіменованих унікальними іменами. Кожний домен має своє унікальне символічне ім'я, яке зазвичай асоційовано з функціональним призначенням домена. Наприклад, домен з ім'ям «ua» (загальноукраїнський національний домен), домен «com» (об'єднує комерчі організації

незалежно від їх територіальної або державної належності). Домени утворюють складні багаторівневі структури вкладених один до одного областей. Таким чином, система доменів має ієрархічну деревоподібну структуру, тобто кожний домен проміжного рівня містить групу інших доменів. Кореневий домен є умовним, на верхньому рівні можуть бути розміщені початкові (територіальні) домени різних країн. Ім'я вузла (хоста) становить нижній рівень доменного імені.

Слід зазначити, що IP та DNS – різні форми запису адреси того самого мережного комп'ютера. Для переведення доменних імен у IP-адресу використовується служба DNS, яка ґрунтується на розподіленій базі відображення «доменне ім'я – IP-адреса».

Служба DNS застосовує у своїй роботі **DNS-сервери** і **DNS-клієнти**. DNS-сервери підтримують розподілену базу відображень, а DNS-клієнти звертаються до серверів із запитом про розв'язання доменного імені в IP-адресу. Служба DNS спирається на ієрархію доменів, і кожний сервер служби DNS зберігає лише частину імені, а не всі імена. При зростанні кількості вузлів у мережі проблема масштабування вирішується шляхом створення нових доменів і піддоменів імен та долучення у службу DNS нових серверів.

Дерево всесвітньої бази DNS на верхньому рівні має 13 рівноцінних головних стовбурів (серверів DNS), розподілених порівняно рівномірно по регіонах світового географічного простору (рис. 6.4). Логічно всі ці сервери еквівалентні одному серверу, кожен з них має ту саму повну копію верхньої частини світової піраміди доменних імен. Кожен із цих серверів стоїть на вершині своєї зони, і до нього скеровані посилання DNS-серверів нижче лежачих за ієрархією зон. У кожній зоні теж є не один, а кілька паралельних рівнозначних серверів зони – з метою підвищення надійності всієї системи DNS при виході з ладу окремих серверів зони. Якщо доменне ім'я сервера вищої зони – умовна «точка», то дедалі нижче розміщені зони мають свої доменні імена.

Кожна зона має своє доменну позначку, і в цій зоні діє «авторитетний» DNS-сервер (зазвичай це деяке число паралельних дублерів); він зобов'язаний знати всіх учасників своєї зони (але не домену).

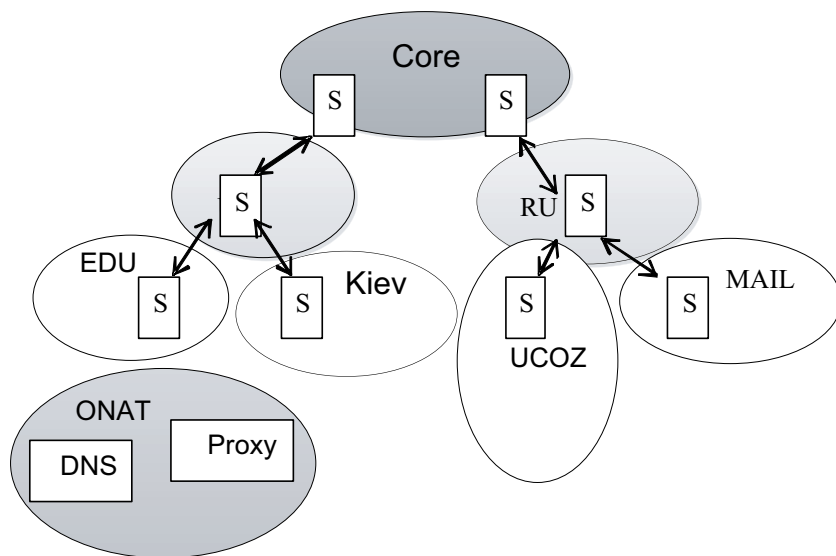


Рис. 6.4. Структура зон і доменів DNS

Доменне ім'я відображає структуру вкладення зон у старший домен. На рис. 6.4 домен UA містить підлеглі зони UA, EDU, Kiev, ONAT. За замовчуванням пуске ім'я хоста перед міткою зони (наприклад, «com.ua») визначає сервер усього домену, він може збігатися з DNS-сервером зони.

Сервісна модель

Структура IP-мережі практично будь-якого масштабу, навіть Інтернету, може бути представлена як система сервісів різного типу, починаючи від телекомунікаційних послуг доступу до Інтернету і закінчуючи найвишуканішими інформаційними послугами і послугами бізнесу. Головна увага в моделях такого типу приділяється питанням якості та асортименту послуг, способам їх оплати та реалізації. Сервіс через Інтернет уже сьогодні це величезна ніша на ринку праці для багатьох сотень тисяч працівників і мільйонів клієнтів. Світова тенденція глобалізації цього сектору економіки така, що в найближчій перспективі він стане домінуючим, основним продуктом діяльності всього людства. Бюджет цього сектору може перевершити бюджети багатьох інших сфер виробництва і споживання. На погляд масового споживача, сервісна модель Інтернету є однією з найактуальніших і затребуваних.

У наступному підрозділі розглянуто найбільш популярні сервіси сучасної мережі Інтернет.

6.2. Популярні сервіси мережі Інтернет

WWW

WWW (World Wide Web) – *всесвітня павутина*, найбільш популярний сервіс Інтернет сьогодні та зручний засіб роботи з інформацією. Більш ніж половина потоку даних Інтернет припадає на частку WWW, оскільки основну частину послуг передавання даних споживають у процесі роботи користувачів, які звертаються до Інтернет-ресурсів (сайтів) [6.3].

Служба WWW використовує протокол HTTP (HyperText Transfer Protocol) стека TCP/IP. Завдяки стрімкому розвитку Web-технологій епоха фіксованих сайтів звільняє дорогу для динамічних сайтів, якими є розподілені бази даних. Інформаційна сторінка для користувача при цьому формується залежно від специфіки його запиту.

Доступ до ресурсів Інтернету можна здійснювати через кілька проміжних серверів. Так, процедура доступу на сайт є як мінімум двокроковою. Запит з даними уніфікованого покажчика ресурсів потрапляє на один із серверів служби доменних імен (Domain Name System, DNS), які є розподіленою базою даних відповідності між уніфікованими покажчиками ресурсів та IP-адресами в Інтернеті. Якщо на сервері немає даних про запитований сайт, запит транслюють на наступний DNS-сервер і т.ін.

Окремі документи всесвітньої павутини – Web-сторінки – являють собою опис зображення мультимедійного документа на мові гіпертекстової розмітки – HTML (Hyper-Text Markup Language). Така сторінка може містити не тільки форматований текст, а й графічні, звукові та відеооб'єкти. Найважливішою рисою Web-сторінок є гіпертекстові посилання. З будь-яким фрагментом тексту або, напри-

клад, із рисунком можна пов'язати інший Web-документ, тобто встановити гіперпосилання. У цьому разі під час клацання лівою клавішею миші на тексті або рисунку, що є гіперпосиланням, відправляється запит на доставку нового документа. Цей документ, у свою чергу, також може мати гіперпосилання на інші документи. Таким чином, сукупність величезного числа гіпертекстових електронних документів, які зберігаються в серверах WWW, утворює своєрідний гіперпростір документів, між якими можливе переміщення.

Загалом Web-сервіс вирішує напряду певне користувацьке завдання, пов'язане з мережею Інтернет, а саме:

- пошукові сервіси – наприклад, **Яндекс, Google**;
- поштовий сервіс;
- **web-форуми**;
- зберігання відео – наприклад, **YouTube, RuTube**;
- дошки оголошень;
- каталоги сайтів – наприклад, **Open Directory Project**.

Розвиток WWW останнім часом переважно здійснюється шляхом активного впровадження нових принципів та технологій, які отримали спільну назву **Web 2.0**. Сам термін **Web 2.0** вперше з'явився в 2004 році та покликаний ілюструвати якісні зміни в WWW на другому десятилітті його існування. **Web 2.0** є логічним удосконаленням **Web**. Головною особливістю **Web 2.0** є покращення та пришвидшення взаємодії **Web**-сайтів з користувачами, що привело до стрімкого зростання їх активності, котра передбачає:

- участь в Інтернет-спільнотах (зокрема, у форумах);
- розміщення коментарів на сайтах;
- ведення персональних журналів (блогів);
- розміщення посилань у WWW.

Web 2.0 запровадив активний обмін даними, зокрема:

- експорт новин між сайтами;
- активна агрегація інформації зі сайтів;
- використання API для відокремлення даних сайта від самого сайта.

Щодо реалізації сайтів, то Web 2.0 підвищує вимоги до простоти та зручності сайтів для звичайних користувачів і націлений на стрімке падіння кваліфікації користувачів у близькому майбутньому. На передній план виноситься дотримання переліку стандартів та узгоджень (W3C). Це, зокрема:

- стандарти візуального оформлення та функціональності сайтів;
- типові вимоги (SEO) пошукових систем;
- стандарти XML та відкритого інформаційного обміну.

Таким чином, Web 2.0 зафіксував перехід WWW від одиничних дорогих комплексних рішень до легких у використанні сайтів з можливістю ефективного обміну інформацією. Основними причинами такого переходу стали потреба активного самовисловлення користувача в WWW і розвиток технологій пошуку та агрегації інформації в WWW.

Перехід до комплексу технологій Web 2.0 має такі наслідки для глобального інформаційного середовища WWW:

- успішність проекту визначається рівнем активного спілкування користувачів проекту та рівнем якості інформаційного наповнення;

- сайти можуть досягати високої успішності та рентабельності без великих капіталовкладень, за рахунок вдалого позиціонування в WWW;
- окремі користувачі WWW можуть досягати значних успіхів у реалізації своїх ділових та творчих планів в WWW без наявності власних сайтів;
- поняття персонального сайта поступається поняттям «блог», «авторська рубрика»;
- з'являються принципово нові ролі активного користувача WWW (модератор форуму, авторитетний учасник форуму, блогер).

Наведемо кілька прикладів сайтів, що ілюструють технології Web 2.0 і фактично змінили середовище WWW. Це, зокрема:

- ⇒ LiveJournal.com – глобальна спільнота блогерів;
- ⇒ eBay.com – Інтернет-аукціон із саморегульованою спільнотою;
- ⇒ Wikipedia.org – найбільша у світі енциклопедія;
- ⇒ ODP (dmoz.org) – найбільший каталог сайтів, котрі редаговані людиною;
- ⇒ Facebook.com – глобальна соціальна мережа;
- ⇒ Gmail.com – один із найпопулярніших сервісів електронної пошти;
- ⇒ Reddit.com – соціальна мережа новин.

Крім цих проектів, існують інші проекти, які формують сучасне глобальне середовище і базуються на активності своїх користувачів. Сайти, наповнення та популярність яких формуються, в першу чергу, не зусиллями та ресурсами їх власників, а спільноти користувачів, зацікавлених у розвитку сайту, складають новий клас сервісів, які визначають правила глобального середовища WWW.

Соціальні мережі

Термін «соціальна мережа» був запропонований соціологом Джеймсом Барнсом в 1954 році, хоча й до цього багато громадських мислителів говорили про важливість розгляду суспільства як складного сплетіння взаємовідносин. Саме поняття «соціальна мережа» містить певне коло знайомих людини, де є сама людина – центр мережі, її знайомі – відгалуження мережі та відносини між цими людьми – зв'язки [6.4–6.9]. У наш час до цього визначення додалося ще одне. Соціальна мережа – це багатокористувацький сайт, контент якого наповнюють самі учасники мережі, об'єднані спільним інтересом. На **рис. 6.5** наведено функціональну структуру соціальної мережі.

Серед усіх створених інтернет-платформ, призначених для комунікації, соціальні мережі найбільшою мірою відповідають потребам користувачів. У цих мережах, нарівні зі звичайним обміном текстовими повідомленнями, існує можливість здійснення відео- і аудіодзвінків, у тому числі й групових.

Бажання людей реєструватися та створювати контент у соціальних мережах пояснюється теорією потреб американського психолога Абрахама Маслоу, за якою найбільшою важливістю для людини є самоактуалізація, котра полягає в прагненні до максимального виявлення й розвитку своїх особистісних можливостей.

Історія. Перш ніж Інтернет набув надзвичайного поширення, були популярні BBS – електронні дошки оголошень. Вони дозволяли користувачам зв'язуватися із центральною системою, де можна було завантажувати файли або ігри та відправляти повідомлення іншим користувачам. Доступ відбувався телефонними мережами через модем. Висока ціна з'єднання на великих відстанях була причиною того, що багато дошок оголошень стали локальними. Технології того часу обмежували гнучкість і швидкість роботи цих систем, але BBS ставали популярнішими аж до 90-х років минулого століття.

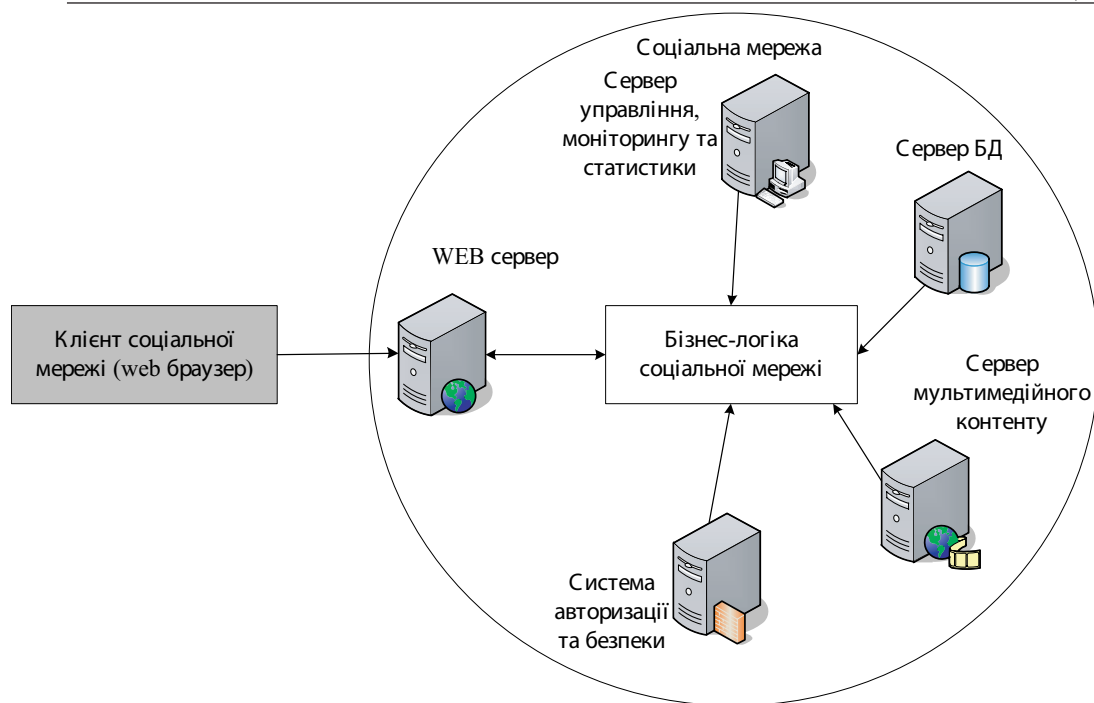


Рис. 6.5. Функціональна структура соціальної мережі

Були й інші засоби соціальної взаємодії. Одним з них був CompuServe, який виник у 70-х роках як комунікаційне комп'ютерне рішення, орієнтоване на бізнес. Поширення набув наприкінці 80-х. CompuServe дозволяв користувачам мережі передавати файли й одержувати доступ до новин і подій, відправляти повідомлення іншим користувачам, приєднуватися до будь-якого з тисяч дискусійних форумів. Ці форуми були надзвичайно популярними і стали прототипами сучасних.

Справжнім попередником сьогоднішніх соціальних мереж можна назвати AOL, в якій можна було вказати інформацію про себе й виконувати пошук за профілями інших учасників, що було новинкою того часу.

У 1995 році з'явився Classmates.com, який не був соціальною мережею повною мірою, оскільки не надавав можливості створювати профілі, але він дозволяв визначити місцезнаходження давно загублених знайомих. Classmates швидко став популярним, і сьогодні його аудиторія налічує понад 40 мільйонів зареєстрованих користувачів.

У 1997-му була створена соціальна мережа SixDegrees.com, основана на теорії, що будь-яка людина пов'язана з будь-якою іншою не більш, ніж через шість спільних знайомих. Це був один з перших сайтів, що дозволяв користувачам створювати профілі, запрошувати друзів, організовувати групи й переглядати профілі інших користувачів. Мережа була закрита в 2001-му, а пізніше стала доступною тільки раніше зареєстрованим або запрошеним користувачам. Число користувачів оцінюється в 1 мільйон осіб.

У 2002-му було запущено Friendster, заснований на тій самій концепції «шести рукошукань». У ньому були реалізовані «кола спілкування», де показані зв'язки між людьми. За рік кількість користувачів досягла 3 мільйони.

У 2003-му запущено LinkedIn, який продемонстрував більш серйозний підхід до феномену соціальних мереж. Замість розважального майданчика LinkedIn являв собою мережний ресурс для фахівців, що бажають налагодити ділові контакти з іншими професіоналами. Сьогодні ресурс налічує понад 30 мільйонів користувачів.

Одна з найпопулярніших мереж, яка, свого часу, посідала перше місце за кількістю користувачів, Myspace, була запущена в 2003 році. Ця мережа привабила молодих людей музикою, відео і цікавим змістом. Зовні Myspace виглядала краще, чим її головний конкурент Friendster. На піку популярності налічувувала понад 100 мільйонів користувачів. Сьогодні це число зменшилося до 30 мільйонів.

Facebook був запущений в 2004 році тільки для студентів Гарварда, і був орієнтований на університетське містечко протягом двох років. У 2006 році був відкритий широкій публіці. Мережа станом на вересень 2011 року налічує 800 мільйонів людей, 3000 співробітників, а обіг продаж становить \$4,27 млрд. Причинами успіху Facebook називають безліч легкодоступних особливостей, вдалу назву, надзвичайно продуману рекламу, а також великі обсяги інвестицій – у 2006 році Facebook мав капітал в десятки мільйонів доларів, які були в нього інвестовані.

Twitter був створений у 2006 році як науково-дослідницький проект компанії Odeo, спочатку для внутрішнього користування. Проект задумувався як можливість відповісти на єдине запитання – «Що ти зараз робиш?» у повідомленні, довжина якого обмежена 140 символами. Джек Дорсі, творець мережі, прагнув створити платформу, яка дозволила б йому регулярно обмінюватися з друзями короткими повідомленнями. Повідомлення в Twitter відразу відображаються на сторінці користувача і користувачів, які підписані на їх одержання. Триумф цієї мережі відбувся в 2007 році на фестивалі South by Southwest. У ході заходу частота використання Twitter збільшилась з 20 тисяч повідомлень на день до 60 тисяч. Співробітники Twitter одержали приз Web Award фестивалю з позначкою «Ми хотіли б подякувати вам в 140 символах або менш. І ми тільки що це зробили!».

Сьогодні Twitter є найпопулярнішим сервісом мікроблогінгу. Кількість користувачів – понад 300 мільйонів людей (липень 2011-го). Він використовується для багатьох цілей у різних, іноді не пов'язаних з мережею, областях. Наприклад, для організації протестів: єгипетська революція 2011 року, революція в Тунісі 2010–2011 років, акції протесту в Ірані 2009-го. Часто користувачі встигають описати подію до того, як на місце прибудуть представники «класичних» ЗМІ.

Серед російськомовних соціальних мереж можна відзначити «Однокласники», метою якої, як і в Classmates, є пошук старих знайомих. Проект запущено у 2006 році. Є однією із найпопулярніших соціальних мереж – 100 мільйонів користувачів.

Найпопулярнішою соціальною мережею, створеною на пострадянському просторі, є «ВКонтакте». Сьогодні кількість зареєстрованих користувачів перевищує 110 мільйонів, а обіг коштів оцінюється в \$93,8 млн (станом на 2010 рік).

Класифікація. Соціальні мережі можна класифікувати за такими ознаками як: завдання, виконувані мережею; доступність та відкритість інформації (відкриті, закриті, змішані); цільова аудиторія (за географічним охопленням, за мовними ознаками, за віком чи статтю).

У відкритих мережах можливість реєстрації жодним чином не обмежена. Найчастіше такий тип доступу використовується мережами, які перебувають на стадії формування своєї аудиторії, або універсальними мережами. Наступним етапом може бути змішаний тип доступу, коли реєстрація обмежується яким-небудь чином, наприклад прив'язкою облікового запису до номера телефону. Реєстрація в закритих мережах можлива тільки за запрошенням зареєстрованих користувачів.

У мережах з відкритим доступом до інформації можливість керування доступністю доданого контенту не передбачена. Змішаний тип припускає можливість часткового або повного приховання даних користувача. Закриті мережі – соціальні мережі, доступ до матеріалів яких обмежений для незареєстрованих відвідувачів.

Соціальні мережі належать до класу високонавантажених Web-застосувань, тому процес розробки й архітектура таких проектів набагато відрізняється від інших, не настільки популярних мережних сервісів.

Шляхами збільшення продуктивності Web-застосувань є оптимізація і масштабування. Оптимізація належить до найменш витратного методу, який полягає в аналізі поточної системи та визначенні її вузьких місць або помилок у реалізації. На цьому етапі визначають, чи оптимальні запити до бази даних, чи правильно зберігаються дані, чи використовується кешування, чи немає зайвих запитів до файлової системи, чи оптимальні алгоритми обробки даних, чи оптимальні налаштування оточення.

Масштабування – найскладніший і дорогий процес. Розрізняють два види масштабування: вертикальне і горизонтальне.

Вертикальне масштабування полягає в заміні апаратної складової системи на більш продуктивну в межах одного вузла. Цей метод не вимагає жодних доробок додатка, але дуже швидко досягає своєї межі, після чого розробникам і адміністраторам необхідно переходити до горизонтального масштабування.

Горизонтальне масштабування характерне для розподілених додатків і передбачає збільшення продуктивності шляхом додавання нового вузла. Цей метод вимагає ретельного планування й продуманої архітектури.

Пристаюючи до масштабування, необхідно визначити, який із рівнів є «вузьким місцем». Звичайно, все залежить від архітектури, але найчастіше вузьким місцем сучасних Web-застосувань є код і база даних (БД).

Складності з масштабуванням коду залежать від того, скільки поділюваних ресурсів необхідно хостам для роботи Web-застосування.

Проблеми баз даних діляться на два класи: продуктивність і необхідність зберігання великого обсягу даних. Знизити навантаження на БД можна, рознісши її на декілька хостів. Проблема зберігання великого обсягу даних у разі використання реляційних СУБД можна розв'язати за допомогою механізму партиціонування – розбивки великих таблиць на логічні частини за обраними критеріями.

Архітектура соціальної мережі складається з фізичної площини, логічної площини, загальних інфраструктурних систем (рис. 6.6).

Фізична площина – об'єднання рівнів, відповідальних за роботу з даними. До неї входять: презентаційний рівень, рівень кешування, рівень персистентності та рівень безпеки.

Рівень представлення, або презентаційний, – це рівень, на якому відбувається побудова сторінок. Добрим, з погляду швидкодії й зручності, можна вважати розв'язок, за якого на презентаційному рівні композиція сторінок складається з окремих блоків. Це дозволяє обновляти інформацію на екрані частинами, використовуючи Ajax-Запити, що зменшує кількість перезавантажень сторінок.

Кешування дозволяє знизити навантаження на сервери рівня персистентності, тобто зменшуються кількість звертань до баз даних. Для цього виконується збереження певних часто використовуваних блоків даних в кеш з наступним відновленням необхідних частин.

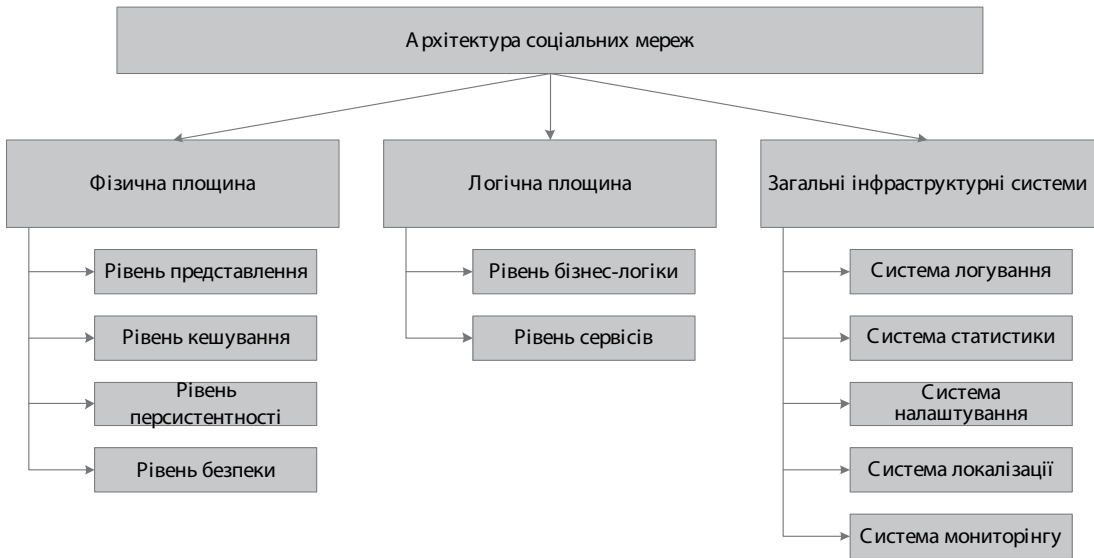


Рис. 6.6. Архітектура соціальної мережі

На рівні персистентності розміщені сервери доступу до баз даних, що реалізують довгочасне зберігання користувацьких даних і даних системи.

Рівень безпеки фізичної площини гарантує захист додатка та збережених ним даних від зовнішніх погроз.

Логічна площина в цілому є сукупністю правил і методів, які реалізують прикладний інтерфейс додатка. Складається з таких рівнів: рівень бізнес-логіки; рівень сервісів.

Сервери на рівні бізнес-логіки розбиваються на групи. Кожна група обробляє певні події. На цьому рівні реалізується взаємодія між нижчорозміщеними рівнями інфраструктурних сервісів, наприклад кешування або інтерфейс доступу до бази даних і вище розміщеним презентаційним рівнем, тобто виконується збір і обробка даних, для наступного виводу користувачеві. Загальні системи інфраструктури являють собою системи логування, статистики, налаштування додатків, локалізації ресурсів, моніторинг. На цьому рівні реалізуються додаткові можливості, необхідні для більш якісної розробки та підтримки проекту.

Рівень сервісів виступає як посередник між додатковими сервісами та додатком, надаючи доступ до додатка за допомогою прикладного програмного інтерфейсу (англ. – Application Programming Interface, API).

Сервіси соціальної мережі. У сучасних соціальних мережах існує величезна кількість сервісів; їх не можна розглянути в цілому обсязі, тому на **рис. 6.7** будуть наведені тільки основні категорії сервісів соціальних мереж.

Системи переписки, залежно від налаштувань приватності, дозволяють виконувати обмін особистими повідомленнями. Інформація про нові повідомлення найчастіше виноситься на найбільш помітну ділянку сторінки, оскільки це основна функція соціальної мережі. У списках користувачів або на їхніх особистих сторінках реалізують спеціальні кнопки для створення діалогу. В сучасних системах нові повідомлення з'являються без перезавантаження сторінки. Крім цього, передбачають можливість обміну повідомленнями відразу з декількома користувачами, не полишаючи однієї сторінки. У найпоширеніших і технологічно прогресивних

сивних соціальних мережах існує можливість обмінюватися медіа-контентом, спілкуватися за допомогою голосу, а також відеоконференції та брати в них участь.

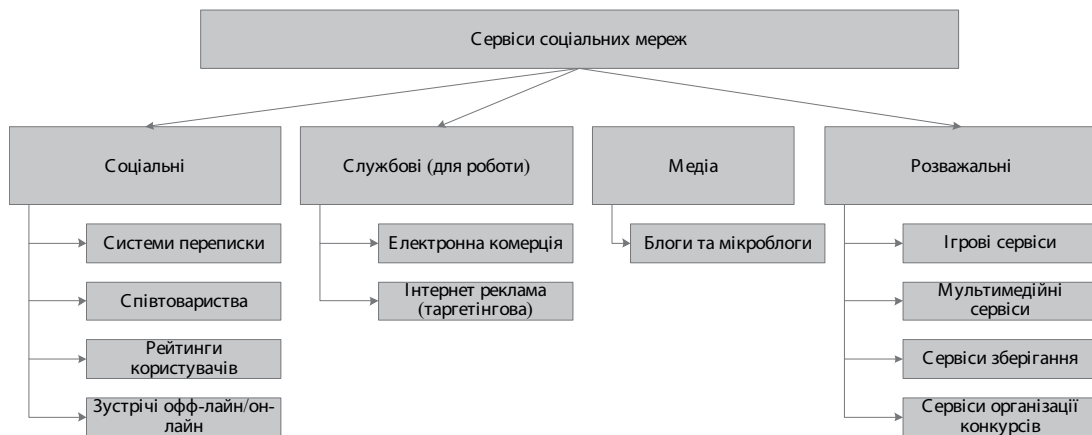


Рис. 6.7. Категорії сервісів соціальних мереж

Співтовариства, або публічні сторінки, є найважливішим елементом будь-якої соціальної мережі, оскільки надають можливість сегментації користувачів по групах, відповідно до їхніх інтересів або за іншими особливостями. Найчастіше групи (співтовариства) може створити будь-який користувач сайту, але є випадки, коли соціальна мережа накладає обмеження на можливість створення співтовариств. Власник групи може редагувати її опис, змінювати налаштування приватності й модерувати контент, який створюється іншими користувачами. У співтовариствах передбачають можливість створювати обговорення у вигляді полегшених форумів, створювати фотоальбоми й завантажувати туди фотографії, запрошувати інших користувачів, завантажувати аудіо та відео. Усі члени співтовариства одержують повідомлення про зміни й додавання будь-якої інформації через спеціальну сторінку або електронною поштою.

Зустрічі призначені для організації групових і особистих зустрічей між користувачами сайту. Створювач зустрічі сам визначає, кого він хоче запросити на неї (тільки контакти, якусь конкретну людину, будь-кого з бажаних), пише опис зустрічі, указує місце й тему зустрічі (спорт, кіно тощо), завантажує обкладинку. Після створення зустрічі вона потрапляє у відповідний розділ і стає доступною для перегляду. Автор зустрічі обробляє заявки на вступ. До будь-якої зустрічі, частіше за все, можуть бути створені фотоальбом, обговорення, додані аудіо- й відеоматеріали. У спеціальних розділах можна знайти цікаві зустрічі за допомогою пошуку за текстом або використовуючи різні фільтри.

Новини користувачів є важливим елементом соціальної мережі. У більшості систем передбачена можливість одержувати всі новини своїх контактів на одній сторінці. Новини користувачів – це різні події з їхнього життя на сайті: додавання нових контактів, завантаження нових повідомлень, створення нових записів у блог, зміна статусу, зміна особистої інформації, приєднання до співтовариств тощо. Передбачають можливість фільтрації подій за датою й типом. Крім цього, користувачі можуть одержувати інформацію про новини зі співтовариств, на які вони підписані, а також повідомлення на пошту.

Рейтинги існують, у першу чергу, щоб створити конкуренцію й інтерес до проекту серед користувачів. У різних системах вбудовують різні типи рейтингів: краси, популярності, активності та ін. Усе це змушує жити більш активним віртуальним життям, щоб виділитися на сайті серед інших користувачів. Також цей параметр часто використовується соціальними мережами як один із способів монетизації проекту – багато користувачів готові платити за можливість бути вище за рейтингом.

Сховище мультимедіа – це загальна назва для систем зберігання аудіо- і відеоданих. Через популярність, а відповідно – величезну кількість користувачів соціальні мережі можуть скласти конкуренцію вузькоспеціалізованим медіа-сайтам. Користувачі можуть завантажувати медіа-контент, створювати списки відтворення, ділитися ними з іншими користувачами мережі.

Фотоальбоми надають можливість розміщення та коментування фотографій, що є однією із найпопулярніших можливостей у соціальних мережах. Кожен користувач може створити фотоальбом з різними налаштуваннями приватності. Система часто передбачає прискорений перегляд фото без перезавантаження сторінки, завдяки використанню технології AJAX. За бажанням можна відзначати інших користувачів на фото, а також залишати коментарі. У спеціальному розділі існує можливість подивитися нові й популярні фотографії, а також зробити пошук за назвами і категоріями.

Ігрові сервіси – це застосування, створені й інтегровані в соціальну мережу сторонніми розробниками. Різні соціальні мережі надають можливість створювати застосування з використанням різних технологій.

Блоги й мікроблоги – основний спосіб самореалізації користувача. У налаштуваннях користувачі вказують, хто може читати їхній блог або конкретний запис у ньому (його контакти, контакти контактів, усі та ін.). Крім текстової інформації, в записі може бути розміщена графічна, аудіо- і відеоінформація. Часто реалізують розділи, де можна побачити інформацію про найпопулярніших й нових блогерів і повідомлення, цікаві записи, відсортовані за популярністю, пошук і фільтри за категоріями.

Таргетингова реклама – це вид реклами, який використовує механізм, що дозволяє виділити з усієї наявної аудиторії лише ту частину, яка задовольняє заданим критеріям (цільову аудиторію), і показати рекламу саме їй.

Приймання платежів реалізоване в багатьох соціальних мережах, оскільки соціальні мережі – це ефективний інструмент продажу різних преміум сервісів для користувачів (VIP-Статуси, подарунки, голосування, виводу анкети на вершини рейтингу тощо). За всі ці послуги користувачі платять реальні гроші. Система найчастіше дозволяє організувати прийом платежів різними способами, наприклад SMS (відправлення повідомлення на спеціальний номер з мобільного телефону), електронні гроші (Я.Гроші, Webmoney і інші), термінали та кредитні карти.

Проблеми та перспективи соціальних мереж. Кількість користувачів соціальних мереж зростає лавиноподібно, збільшуючись щороку приблизно на 50 %. Так, сьогодні кожна друга людина, приєднана до мережі Інтернет, є зареєстрованим користувачем хоча б однієї соціальної мережі (рис. 6.8).

З'явилася безліч тематичних сервісів, аж до соціальних мереж для кішок (Catster.com) і собак (Dogster.com).

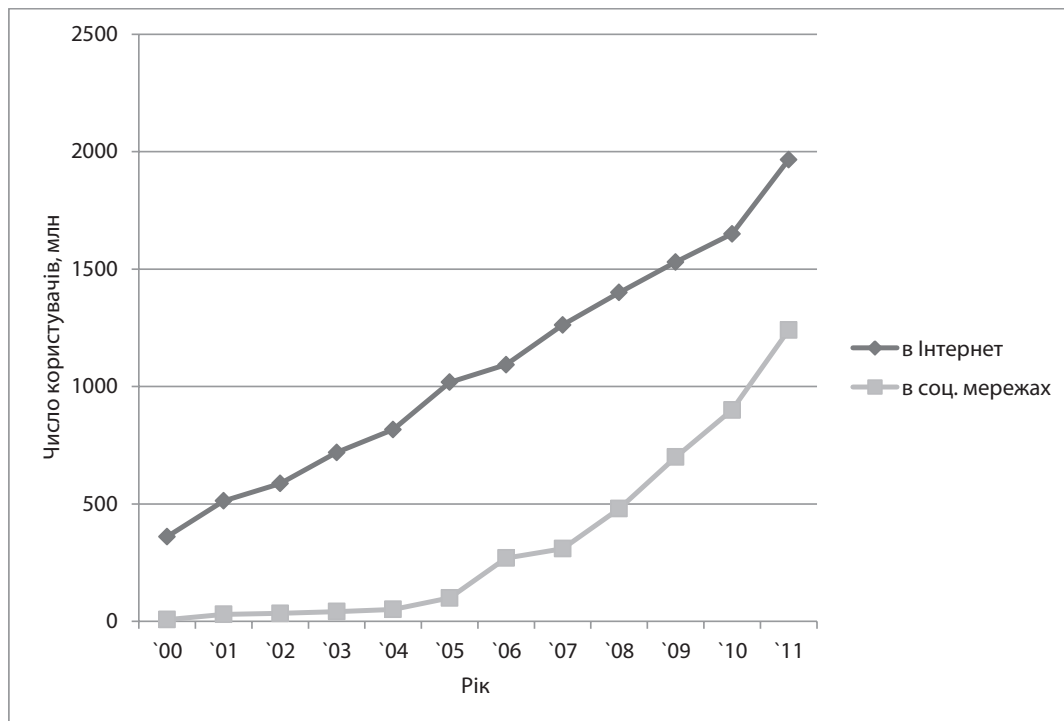


Рис. 6.8. Тенденція зростання числа користувачів соціальних мереж і мережі Інтернет

Популярність соціальних мереж приводить до зростання загального часу, проведеного в мережі. Витративши зусилля на розміщення свого контенту й побудову співтовариства, користувач знаходить стимул до того, щоб повертатися до відвіданого сайту знову і знову.

Соціальні мережі активно розбудовуються, й уже визначилися головні гравці на цьому ринку. Це або проекти, які стояли в черзі, або тематичні соціальні мережі. На теперішній час універсальні мережі вже цілком опанували ринок. Щодо вузькоспеціалізованих мереж, то в цій області ще існує простір для розвитку. Тому можна чекати бурхливого зростання тематичних мереж.

Як тільки ринок буде заповнений і кількісний набір користувачів закінчиться, боротьба за користувача почнеться з новою силою – почнеться якісне зростання. Уже зараз можна спостерігати розвиток і вдосконалення функціонала існуючих мереж, введення нових технологічних рішень.

Також зараз активно розвивається рекомендаційна функція соціальних мереж, завдяки чому користувач одержує той контент, який буде йому цікавий. Це створить новий ривок в області рекламного бізнесу.

Важливою існуючою проблемою є захищеність персональних даних, оскільки через помилки в реалізації мережі користувачька інформація може бути доступна людям, які не мають дозволу на перегляд цих даних. Через це страждає репутація мережі, у результаті – втрачаються клієнти.

Існує три основних механізми залучення грошей на основі соціальних мереж: реклама, платна підписка й електронна комерція. Розглянемо особливості кожного способу окремо.

Практично всі соціальні мережі орієнтовані на рекламу. Користувачі, що бажають розповісти про себе, генерують величезний трафік, причому його не

потрібно підтримувати постійно оновлюваним контентом. Навпаки, у цьому випадку користувачі самі генерують контент (у нього уже є стала назва – UGC-контент), який і залучає їхніх однодумців і знайомих у мережу.

У міру того, як користувачі викладають свій контент у мережі та прив'язуються до сервісу, зростає їх залежність від нього, тому згодом власники ресурсу можуть потребувати від користувачів оплату за його використання. Разом з тим платна підписка (за наявності великої кількості альтернативних сервісів) може привести до того, що частина користувачів перейде до конкурентів. Цінність соціальної мережі тим більше, чим вище ймовірність знайти в ній потрібну людину, а часом і конкретну персону. Платна підписка робить цю ймовірність набагато меншею. Отже, різко зменшується і цінність такої мережі. Цим і пояснюється той факт, що переважна більшість сервісів соціальних мереж безкоштовна.

Електронна комерція можлива там, де формуються співтовариства з вузько-спеціалізованими запитами. Зокрема, на Flickr уже пропонують продаж фотосервісів. Але поки електронна комерція в соціальних мережах розвинена дуже слабо.

Очевидно, що соціальні мережі можуть і повинні відігравати важливу роль у діяльності корпорацій. Сьогодні людський капітал поступово заміщає основні матеріальні засоби як фактор оцінки вартості організації. Робота дедалі більше стає спільною, а середовище розробки – більш складним. Упроваджуються матричні схеми керування організацією, для яких соціальні мережі є важливим механізмом використання колективного досвіду. Блоги й Wiki дають масу корисної інформації, а також дозволяють донести до широкої аудиторії інформацію про саму корпорацію, причому зі зворотним зв'язком. Соціальні мережі – це унікальний механізм для пошуку потрібних співробітників, засіб підтримки професійних співтовариств і об'єднання людей за інтересами, доступ до поділюваних посилань, що дають швидкий спосіб оцінки інформації, і т.ін.

Це однією перспективною сферою розвитку соціальних мереж можна вважати інтеграцію мереж з іншими сайтами та між собою. Це відкриває користувачам нові шляхи взаємодії між собою й збільшує зручність використання. Цей напрямок буде активно розвиватись, особливо між неконкуруючими проектами.

З кожним роком мобільні технології активніше входять у наше життя, що приводить до активного використання соціальних мереж на мобільних платформах. У багатьох, особливо великих, мереж з'явилися мобільні версії (мобільна версія «Facebook»). Часто в них реалізований додатковий функціонал, наприклад геолокація або доповнена реальність. У найближчому майбутньому можна очікувати ще більш стрімкого зростання кількості мобільних користувачів.

Електронна комерція

Система електронної комерції – це інформаційна система, організаційно-технологічною основою якої є Web-сайт [6.10–6.16].

У рамках електронної комерції весь час відбувається взаємодія між чотирма постійними суб'єктами електронної комерції – фінансових інститутів (установ), бізнес-організацій, клієнтів та держави.

Фінансові установи – це організації, які надають послуги, пов'язані з пересуванням фінансових потоків, у першу чергу – це банки та пов'язані з ними системи електронних платежів.

Бізнес-організації – це будь-яке підприємство, яке здійснює цілком або частково свою фінансову діяльність за допомогою інформаційних мереж, тобто працює у сфері електронної комерції.

Клієнти – це споживачі товарів або послуг, які вони можуть придбати.

Держава – визначає правила ведення електронного бізнесу та здійснює загальне регулювання цього процесу.

Зазначені вище суб'єкти електронної комерції постійно взаємодіють між собою в межах певних бізнес-процесів за допомогою мережі Інтернет. На **рис. 6.9** наведено складові елементи електронної комерції.



Рис. 6.9. Складові елементи електронної комерції

До переваг упровадження ЕК належать такі можливості:

- доступ до експортного ринку;
- додаткові робочі місця для кваліфікованих працівників;
- доступ до інвестиційного капіталу;
- зростання податкових надходжень від застосування електронних платежів тощо.

Для ефективного використання технологій ЕК необхідно врегулювати використання механізмів її підтримки в галузі:

- системи електронних платежів у мережі Інтернет;
- системи законів щодо правового визнання електронних документів і електронного підпису, законодавчого врегулювання ЕК загалом;
- розвиток електронного маркетингу і реклами;
- забезпечення захисту комерційних даних під час передавання мережею тощо.

На **рис. 6.10** наведено основні способи ведення електронної комерції.

За схемою надання інформації, її обсягом та категорією завдань, які вирішуються, можна виділити типи Web-ресурсів, які причетні до електронної комерції:

⇒ Сайт-візитка – містить загальні відомості про власника сайту (приватна особа або організація). Вид діяльності, історія, прайс – лист, контактна інформація, реквізити, схема проїзду. Спеціалісти можуть розміщувати своє резюме. Тобто такий сайт є розгорнутою візитною карткою. Сьогодні наявність сайту-візитки для будь-якої компанії є обов'язковим правилом. Сайт-візитка дозволяє розмістити вичерпну рекламну інформацію, яку власник бажав би розповісти потенційним клієнтам.

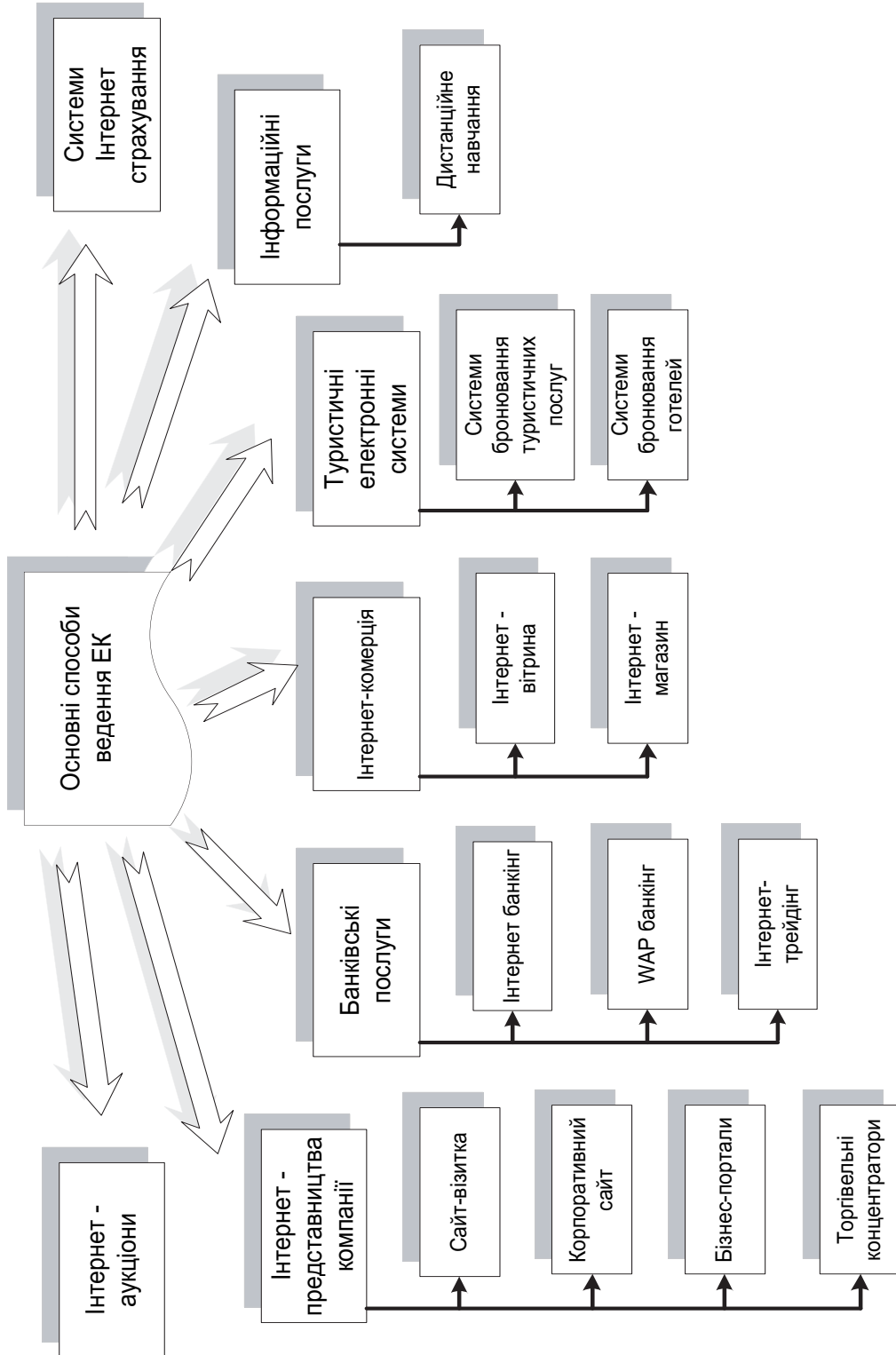


Рис. 6.10. Основні способи ведення ЕК

⇒ Корпоративний сайт – це логічне продовження та розвиток сайта-візитки. Корпоративний сайт презентує не тільки великі компанії чи корпорації, але і дрібні компанії. На відміну від сайта-візитки корпоративний сайт містить набагато більше інформації про компанії, має більше розділів та категорій. Перехід від сайта-візитки до корпоративного сайта визначається масштабом проекту. Сайт, який містить 5–7 сторінок, є сайтом-візиткою. Сайт, який містить інформаційні матеріали, аналітичні огляди та статті, документацію, є корпоративним сайтом. Отже, між сайтом-візиткою та корпоративним сайтом межа досить умовна, але вона є.

⇒ Каталог продукції – на сайті є детальний опис товарів/послуг, їх сертифікати, технічні дані, відгуки експертів та користувачів. Тобто на такому сайті розміщується вся інформація щодо товарів або послуг, яку не можна розмістити у прайс-листах.

⇒ Промо-сайт – це сайт, присвячений певній товарній марці або певному товару чи послугі. На такому сайті розміщується вся інформація про цей бренд (товар), проводяться рекламні акції, тобто відбувається просування бренду на ринок.

Базові технології електронної комерції. Безсумнівно, що базовими технологіями для організації електронної комерції є Web-технології. У першу чергу – це технологія Web 2.0. AJAX, RSS, Mash-Up також можна розглядати як нові технології взаємодії користувачів із сайтами.

AJAX (Asynchronous JavaScript and XML) – технологія (розроблена Google) створення інтерфейсів Web-служб, які надають користувачу необхідну інформацію або сервіс, не перезавантажуючи Web-сторінку (відбувається фоновий, прихований, обмін даними між браузером та Web-сервером). Таким чином, це приводить до підвищення швидкості Web-сторінок.

RSS (Really Simple Syndication) – це сімейство XML форматів, розроблене спеціально для опису стрічок новин, анонсів статей, змін у блогах. За допомогою цієї технології можна дати стислий опис нової інформації, що з'явилась на сайті, і посилання на її повну версію. Інформація у форматі RSS збирається з різних сайтів, обробляється і надається користувачу в зручному вигляді спеціальними програмами – *агрегаторами*.

Web Mash-Up (змішування) – сервіс, який використовує як джерело інформації інші сервіси, надаючи, таким чином, нові функціональні можливості.

Блоги також дозволяють відстежувати думку клієнтів про певний товар або про імідж певної компанії (тобто оцінюється так звана публічна думка). В електронній комерції головною метою блога є надання інформації якомога більшої кількості користувачів Інтернет. Спочатку новина публікується в блозі компанії, потім вона швидко поширюється через пошукові системи та канали новин (RSS), у блозі починають з'являтися коментарі, а потім потенційні користувачі вже самі розповідають один одному цю новину.

CMS (Content management system) *системи* – система керування контентом (від англійського). CMS – це комп'ютерна програма або система, яка використовується для забезпечення та організації спільного процесу створення, редагування та керування текстовими та мультимедійними документами (вмістом або контентом) сайта. У загальному випадку CMS системи поділяються на дві групи: ECMS (Enterprise Content Management System) – система керування контентом масштабу підприємства і WCMS (Web Content Management System) – системи керування Web-контентом. Головними завданнями, які вирішує CMS, є:

❖ зібрати в єдине ціле та поєднати (на основі ролей та завдань) різнотипні джерела знання та інформації, доступні як усередині організації, так і за її межами;

❖ забезпечити взаємодію працівників, робочих груп і проектів за створеними ними базами знань, інформацією та даними таким чином, щоб їх можна було легко знайти, отримати та повторно скористатися звичайним для користувачів способом.

Із набуттям CMS системами широкого попиту з'явилась нова спеціальність – контент-менеджер. Термін «контент-менеджер» визначає рід професійної діяльності – редактор сайта.

Більша частина сучасних CMS систем реалізується у вигляді візуального редактора – програми, яка створює HTML (код за допомогою спеціальної спрощеної розмітки), яка дозволяє користувачу досить просто форматувати цей код (текст).

CMS системи можуть працювати у трьох режимах (за трьома схемами):

1. *Генерування сторінок за запитом.* Системи такого типу працюють на базі зв'язків «Модуль редагування – База даних – Модуль відображення». Модуль відображення генерує сторінку із вмістом при запиті його, на базі інформації, що міститься в базі даних. Інформація в базі даних змінюється за допомогою модуля редагування. Сторінки створюються сервером наново при кожному запиті, що, у свою чергу, створює додаткове навантаження на системні ресурси. Частково це навантаження може бути зменшено шляхом використання засобів кешування.

2. *Генерування сторінок при редагуванні.* Системи цього типу – це програми редагування сторінок, які при внесенні змін до вмісту сайта створюють набір статичних сторінок, які не змінюються. У цьому випадку зменшується навантаження на системні ресурси, але відбувається жертвування інтерактивністю між відвідувачами та вмістом сайта.

3. *Змішаний тип.* Системи такого типу поєднують переваги двох наступних типів та можуть працювати у двох режимах. Перший режим – це режим кешування. Модуль відображення генерує сторінку один раз, далі на запити відвідувачів сторінка завантажується з кешу. При збіганні певного часу кеш автоматично оновлюється. Також він може оновлюватися при внесенні змін або вручну за командою адміністратора. Другий режим – це створення певних інформаційних блоків на етапі створення сайта та подальша збірка сторінки з цих модулів при запиті відповідної сторінки відвідувачем сайта.

Сучасні системи CMS переважно використовуються для створення будь-яких сайтів та електронних магазинів (Інтернет-магазинів).

Інфраструктура електронної комерції містить усі системи роздрібною торгівлі через Інтернет: web-вітрини, Інтернет-магазини, торговельні майданчики, аукціони і торгові ряди, електронні системи взаєморозрахунків.

Інтернет-вітрина – це сукупність електронних комунікацій, призначених для приймання замовлень на товари та послуги через мережу Інтернет. Вітрина дозволяє ознайомитися з характеристиками товару, замовити товар і оформити замовлення, але не дозволяє здійснити оплату товару або послуги. Таким чином, Інтернет-вітрина – це, в першу чергу, маркетинговий інструмент для залучення покупців та взаємодії з ними. Принцип роботи Інтернет-вітрини заснований на зборі попередніх заявок з наступним їх виконанням. Відмінна риса цієї моделі – здійснення процесу купівлі-продажу в кілька етапів. Спочатку продавець збирає заявки, потім з'ясовує в постачальника строки й умови виконання замовлення, після чого інформує про це потенційних клієнтів (як правило, за допомогою електронної пошти) і нарешті у разі їхньої згоди забезпечує доставку товару. Структуру Інтернет-вітрини зображено на **рис. 6.11**.



Рис. 6.11. Структурна схема Інтернет-вітрини

Інтернет-вітрини поділяються на два типи:

- статична Інтернет-вітрина на основі звичайних HTML-файлів;
- динамічна Інтернет-вітрина з відображенням інформації з деякої бази даних.

Бек-офіс – сукупність бізнес-процесів та підрозділів, не пов’язаних безпосередніми контактами з клієнтами. Як правило, це ті підрозділи, які обробляють заявки, що надійшли з фронт-офісу.

Фронт-офіс – сукупність бізнес-процесів та підрозділів, які їх реалізують, пов’язаних безпосередньо з роботою з клієнтами. Як правило, це електронні системи взаємодії з клієнтами, які надають клієнтові інформацію про товар або послугу, приймають його замовлення, обробляють їх та передають у бек-офіс.

Інтернет-магазин – це спеціалізований Web-сайт, який забезпечує весь цикл купівлі-продажу товарів через Інтернет в інтерактивному режимі з використанням електронного каталогу (рис. 6.12). Отже, Інтернет-магазин забезпечує виконання таких операцій: ознайомлення, вибір товару, оформлення замовлення, проведення взаєморозрахунків, відстеження виконання замовлення.

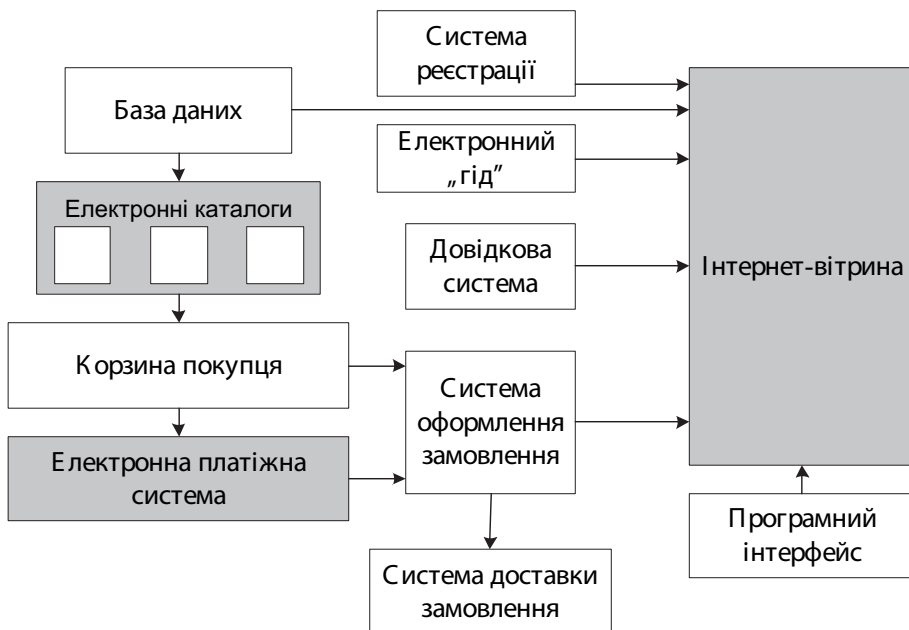


Рис. 6.12. Структурна схема Інтернет-магазину

Для функціонування Інтернет-магазину необхідно мати як мінімум такі програмно-апаратні компоненти:

- Інтернет-вітрину (фронт-офіс) на Web-сервері;
- електронні каталоги;
- електронну платіжну систему;
- інформаційну систему, інтегровану у фронт-офіс, тобто бек-офіс (склад, бухгалтерія, відділ доставки та ін.).

Інформація про назву, профіль, статус магазину, асортимент товарів, засоби платежів, знижки, порядок доставки товару розміщується на Інтернет-вітринах та в Електронних каталогах, які являють собою довідники з пошуку товарів та послуг. Вирізняють кілька типів каталогів: загальний, що забезпечує широкий список різних сайтів; комерційний, який концентрує увагу на комерційних характеристиках ринку постачальників, конкурентному середовищі; спеціалізований, як правило, присвячений одній вузькій тематиці.

Торговельний майданчик (торговельні ряди) – це спеціалізований сайт, де здійснюють купівлю-продаж одночасно численні покупці та продавці, використовуючи єдині служби, програмно-апаратні засоби, каталоги та інші ресурси.

Інтернет-аукціон – це один з найпоширеніших варіантів електронної роздрібною торгівлі. Суть Інтернет-аукціону полягає в організації процесу роздрібною купівлі-продажу на базі сучасних інформаційних технологій в публічній атмосфері з установленням кінцевої ціни на конкурентних засадах. Аукціонні торги проводяться за допомогою спеціального програмного забезпечення, що встановлюється на свиті організатора аукціону, тобто аукціонної фірми.

Як продавці на аукціонних торгах виступають власники, виробники товарів, постачальники або їх представники. Покупцями можуть бути будь-які фізичні чи юридичні особи.

Залежно від технології проведення торгів аукціони можуть бути одночасних пропозицій, закритих пропозицій, очні і заочні, на підвищення стартової ціни (англійський) або на пониження ціни (голландський). Структурна схема Інтернет-аукціону наведена на **рис. 6.13**.

Переваги електронного аукціону полягають у тому, що ця форма забезпечує динамічність, масштабність, конфіденційність, конкурентність у процесі електронної торгівлі.

Електронні системи взаєморозрахунків являють собою сукупність платіжних засобів, способів фінансових суб'єктів, договорів, нормативних актів. Особливого значення в цій системі набувають платіжні інструменти, до яких належать платежі готівкою при доставці товару, банківські перекази, пластикові картки, старт-картки, електронні гроші, електронні чеки та ін.

Електронний ринок (ЕР) – у загальному випадку можна визначити як розвиток господарчих процесів на базі Інтернет-технологій (Інтернет-практик) з комерційною формою реалізації – Web-сайтами.

Особливостями електронного ринку є: ліквідація неінформаційних посередників, прямий контакт клієнта і виробника (будь-який суб'єкт може торгувати на ЕР); можливість формувати в масштабі реального часу будь-які доступні конфігурації виробів за бажанням споживача; умови взаємодії для всіх однакові: нові невеликі та агресивні компанії часто можуть на рівних конкурувати з великими і добре відомими; мас-медіа електронного ринку – сприятливий для реклами простір, мережний інтерактивний маркетинг серед аудиторії Інтернету.

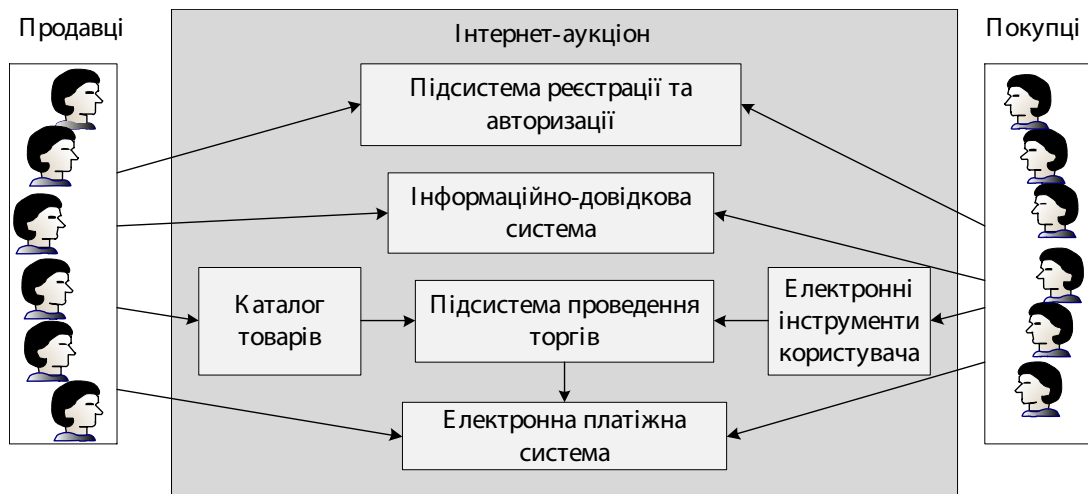


Рис. 6.13. Складові елементи електронного аукціону

Якщо компанія починає роботу на електронному ринку, то вона впроваджує електронний бізнес. Поняття електронного бізнесу часто ототожнюють з електронною комерцією, але електронний бізнес – більш широке поняття, адже містить в собі електронну комерцію як складову.

За визначенням ЮНІДО (комісія ООН із промислового розвитку), чотири основні компоненти бізнесу – це маркетинг, виробництво, продаж, платежі. Якщо дві або більше складових реалізуються із застосуванням ІКТ, бізнес є електронним.

Електронний бізнес – це будь-яка ділова активність, що використовує можливості інформаційних мереж для перетворення внутрішніх і зовнішніх зв'язків компанії з метою створення прибутку.

Електронний бізнес – це більш широке поняття, яке містить у собі декілька інших понять, таких, як електронна комерція, Інтернет-комерція (для її реалізації використовуються тільки засоби мережі Інтернет), електронні банки, електронна реклама, електронне страхування, електронна освіта.

Електронні платіжні системи Інтернету

Платіжна система Інтернету – це сукупність нормативних актів, договірних документів, фінансових та інформаційно-технічних засобів, а також учасників (банків, процесінгових центрів, підприємств сфери торгівлі та послуг, які здійснюють еквайринг, страхових компаній), які унеможливають функціонування системи фінансових взаєморозрахунків в Інтернеті.

Для успішного функціонування платіжної системи необхідні спеціалізовані нефінансові організації, які здійснюють технічну підтримку – процесінгові та комунікаційні центри, центри технічного обслуговування тощо.

Електронна платіжна система має гарантувати виконання таких вимог:

- *конфіденційність* – фінансова інформація платника (наприклад, номер кредитної картки, сума платежу) повинна бути доступна мінімальному колу учасників платіжної системи, які мають на це законне право і більше нікому;
- *цілісність інформації* – забезпечення зберігання інформації та захист її від несанкціонованої зміни;

- *ауθενфікація* – підтвердження того, що контрагенти є тими, за кого вони себе видають;
- *авторизація* – процес, у ході якого вимога на здійснення транзакції схвалюється або відхиляється платіжною системою. Ця процедура дозволяє визначити наявність коштів у покупця та право на їх використання;
- *безпека* – система, котра повинна перешкоджати шахрайству та забезпечувати страхування платежів;
- *підтримка широкого спектра платіжних інструментів*;
- *мінімізація собівартості транзакції* – плата за обробку транзакцій з придбання товарів та послуг входить в їх вартість, тому зниження ціни транзакції збільшує конкурентоспроможність продавця;
- *можливість стороннього арбітражу та аудита* – платник повинен мати можливість довести третій стороні, що платіж проведено, та надати дані про предмет платежу. Це необхідно у випадку конфлікту, коли клієнт або не одержав сплачений товар, або не задоволений його якістю. Одержувач платежу повинен мати можливість довести третій стороні, яку суму, коли, за що та від кого він одержав. Банкір повинен мати можливість довести третій стороні, що він при роботі з рахунками строго дотримувався платіжних доручень.

Електронні платіжні системи, як і звичайні банки, оброблюють різноманітні транзакції, які здійснюють учасники електронної комерції.

Структурну схему проведення транзакції при здійсненні електронного платіжу наведено на **рис. 6.14**.



- 1 – запит послуги/товару, надання інформації про платіжну картку;
- 2 – надання даних платіжної картки клієнта з метою їх перевірки;
- 3 – запит на перевірку легальності платіжної картки;
- 4 – запит щодо наявності необхідної суми на рахунку власника картки;
- 5 – підтвердження наявності необхідної суми на рахунку;
- 6 – підтвердження легальності кредитної картки;
- 7 – підтвердження легальності та наявності необхідної суми на картковому рахунку;
- 8 – надання товару/послуги.

Рис. 6.14. Структурна схема проведення транзакції

Сьогодні електронні платіжні системи поділяються на дві групи: кредитні, які працюють із кредитними картками, і дебетові, які працюють із цифровими грішми (цифровою готівкою) (**рис. 6.15**).

Принцип роботи кредитних платіжних систем. Системи взаєморозрахунків за пластиковими картками через Інтернет – це аналоги звичайних систем, які працюють з пластиковими картками. Різниця полягає в тому, що всі транзакції здійснюються через Інтернет і, як наслідок, виникає необхідність у додаткових заходах забезпечення безпеки. При здійсненні купівлі відвідувач Інтернет-магазину повинен повідомити дані про картку, такі як дата видачі, номер, на кого видана картка і т.ін. Для проведення транзакції необхідно передати ці дані до платіжної системи. Існують три варіанти організації транспорту транзакцій за пластиковими картками компаніями, які продають товари або послуги через Інтернет:

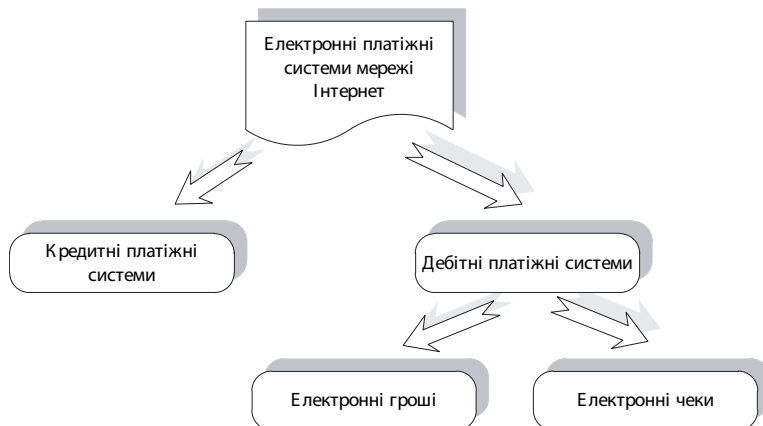


Рис. 6.15. Класифікація електронних платіжних систем

Чарджбек (від англ. – chargeback) – це процедура опротестування транзакції платником, при якому сума платежу негайно списується з одержувача (продавця) та повертається платникові, після чого обов’язок доводити істинність транзакції лягає на одержувача (продавця).

Крім того, це найменш зручний для учасників спосіб приймання платежів. У цьому варіанті банк-еквайєр повинен розробити спеціалізоване програмне забезпечення для прийому платежів через Інтернет та стежити за станом Інтернет-каналів передачі інформації до процесінгового центру платіжної системи. Інтернет-магазину ж, окрім торгівлі, доводиться здійснювати транспортування транзакції до банку-еквайєра, організацію захисту свого сервера від крадіжки даних про пластикові картки клієнтів, відстежувати транзакції для виявлення потенційно шахрайських платежів, створювати відділ підтримки, робота якого має бути пов’язана не з продажами, а з питаннями безпеки транзакцій. У цьому випадку Інтернет-магазин повинен вкласти досить великі кошти в інфраструктуру, здатну вирішувати непрофільні для нього питання, а також передбачити в бюджеті гроші на повсякденне вирішення цих проблем.

2. Приймання платежів через платіжну систему Інтернету. Ця система забезпечує приймання транзакцій та їх транспорт до процесінгового центру, що обслуговує компанію-власника сайту. Платіжна система Інтернету, що приймає до оплати кредитні та дебетові пластикові картки, виконує функції посередника між покупцем, продавцем і банками, в яких відкриті рахунки покупця і продавця. Платіжна система Інтернету бере на себе перевірку коректності відомостей про картку покупця й одночасно захищає фінансову інформацію від шахраїв. Завдяки платіжній системі Інтернету покупцеві не доводиться залишати інформацію про пластикову картку в Інтернет-магазині. У цьому випадку еквайєрингова точка для традиційних платіжних систем – це сам сайт, який продає товари або послуги. Цей варіант набагато кращий, ніж підключення Інтернет-магазину безпосередньо до процесінгового центру. Спростується реєстрація нових Інтернет-магазинів, оскільки фахівці платіжної системи Інтернету розробляють просту схему підключення, яка не вимагає спеціальних навичок і знання термінів від співробітників Інтернет-магазинів. Із працівниками процесінгового центру працівники платіжної системи Інтернету розмовляють однією мовою та здатні ре-

1. Приймання платежів безпосередньо продавцем. Продавець сам забезпечує транспорт транзакцій до банку-еквайєра, тобто пряме підключення Інтернет-магазину до банку-еквайєра. Цей варіант рідко трапляється, бо усі ризики (наприклад, за перевищення рівня *чарджбеків*) лягають на продавця товарів або послуг.

алізовувати складні в технічному плані варіанти транспорту транзакцій до процесінгового центру.

Недоліком цього варіанта є те, що Інтернет-магазинам все одно необхідно робити непрофільну справу – відстежувати потенційно шахрайські транзакції.

3. Приймання платежів через білінгову компанію. Білінг (в електронній комерції) – це приймання оплати рахунків за пластиковими картками, яке надається комерційним Інтернет-проектам. Білінг – це компанія, яка надає послуги *білінга* та отримує за це певний відсоток, адже так само, як і платіжна система, бере на себе функцію транспорту транзакції до процесінгового центру, але при цьому виконує ще декілька функцій: моніторинг та керування ризиками, організацію доступу до детальної статистики за транзакціями. У цьому випадку еквайрингова точка для платіжної системи – це сам білінг. Відповідно можливі санкції з боку платіжної системи застосовуються в цьому випадку не безпосередньо до продавця товарів (послуг), а до білінгу, як до еквайрингової точки, тобто до організації, яка обслуговує платежі. Білінгу притаманні й інші важливі функції. Головна з них – це попередження та виявлення потенційно шахрайських транзакцій ще до приходу чарджбеків за цими транзакціями (моніторинг ризиків та керування ними). Білінг, на відміну від платіжної системи, зацікавлений в ефективному керуванні ризиками, адже функції еквайрингу для нього – єдине джерело доходів.

Загальну схему платежів у системі взаєморозрахунків за пластиковими картками подано на **рис. 6.16** (схема приймання платежів через білінгову компанію нічим істотно не відрізняється від наведеної схеми – на місці платіжної системи Інтернету опинилася білінгова компанія). Під магазином на схемі мають на увазі будь-які сервери електронної комерції, на яких приймаються замовлення клієнтів на купівлю. Розрахунковий банк платіжної системи, або гарант, це кредитна організація, яка здійснює взаєморозрахунки між учасниками платіжної системи за дорученням процесінгового центру та емітента.

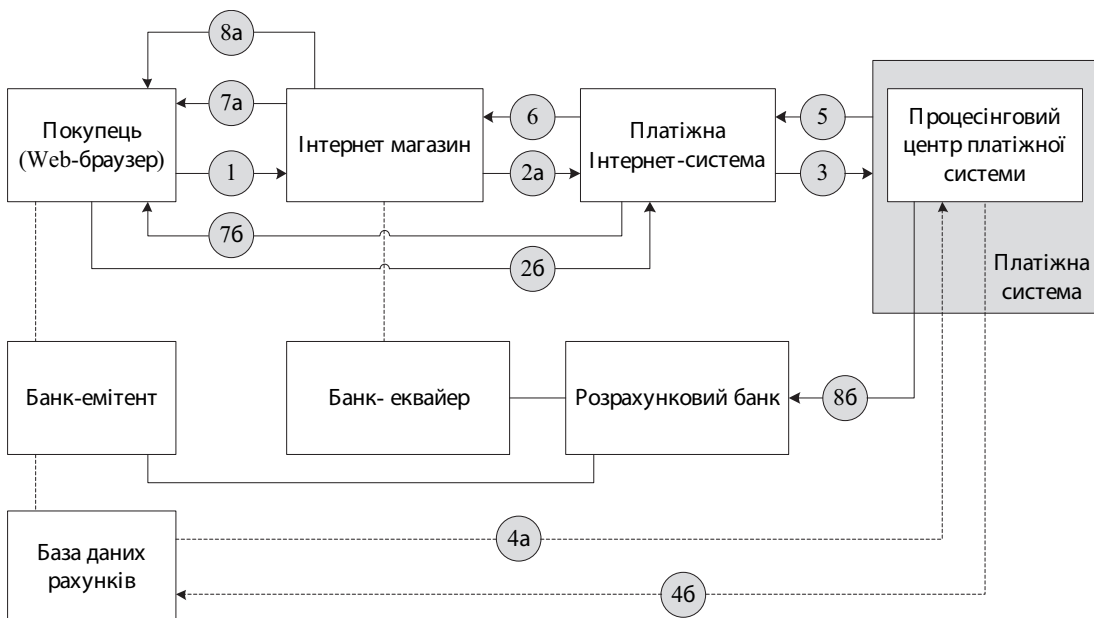


Рис. 6.16. Схема здійснення платежів через Інтернет

Схема на рис. 6.16 відображає:

1. Покупець формує в електронному магазині кошик товарів та вибирає форму оплати за пластиковими картами.

2. Магазин формує замовлення. Потім параметри пластикової картки (номер картки, дата закінчення дії, ім'я власника і, можливо, додаткові параметри ідентифікації) передаються платіжній системі для авторизації. Передача даних може бути виконана двома способами:

- через магазин (перший варіант приймання платежів за пластиковими картками – «Приймання платежів безпосередньо продавцем»). При цьому параметри картки вводяться безпосередньо на сайті магазину, після чого вони передаються платіжній системі Інтернету (2а);

- через авторизаційний сервер платіжної системи Інтернету, що встановлює з покупцем з'єднання за захищеним протоколом та приймає від покупця параметри його картки (2б). Одночасно на авторизаційний сервер передаються параметри Інтернет-магазину, номер замовлення та його сума (другий варіант приймання платежів за пластиковими картками – «Приймання платежів через платіжну систему Інтернету»).

Очевидні переваги другого способу. У цьому разі відомості про пластикові картки не потрапляють до магазину, і відповідно знижується ризик одержання їх третіми особами або шахрайства продавця. І в тому, і в іншому випадку при передачі реквізитів пластикової картки все-таки існує можливість їх перехоплення зловмисниками у мережі Інтернет. Для запобігання цьому, дані при передачі шифруються. Шифрування знижує можливості перехоплення даних, тому взаємодія покупець–продавець, продавець–платіжна система Інтернету, покупець–платіжна система Інтернету здійснюються за допомогою захищених протоколів обміну. Найпоширеніший з них сьогодні – протокол SSL (Secure Sockets Layer).

3. Авторизаційний сервер платіжної системи Інтернету частково перевіряє прийняту інформацію і, якщо перевірка успішна, передає запит для авторизації традиційній платіжній системі.

4. Наступний крок залежить від того, чи має банк-емітент онлайнову базу даних рахунків. При наявності БД процесінговий центр передає банку-емітенту запит на авторизацію картки (4а) і потім (4б) одержує її результат. Якщо ж такої бази немає, то процесінговий центр сам зберігає відомості про стан рахунків власників карток (ці відомості регулярно оновлюються банками-емітентами), перевіряє наявність зазначеного магазину в традиційній платіжній системі, відповідність операції встановленим системним обмеженням, наявність або відсутність реквізитів картки у стоп-листах, тобто виконує авторизацію.

5. Результат авторизації передається платіжній системі Інтернету. При негативному результаті авторизації процесінговий центр передає серверу авторизації платіжної системи Інтернету відмову від проведення платежу.

6. Платіжна система Інтернету передає магазину результат авторизації та номер замовлення.

7. Покупець одержує результат авторизації через магазин (7а) або безпосередньо від платіжної системи Інтернету (7б). При негативному результаті авторизації покупець отримує відмову із зазначенням причини.

8. При позитивному результаті авторизації:

- ⇒ магазин надає послугу або відвантажує товар (8а);

- ⇒ банк-еквайер переводить на рахунок магазину суму оплати за купівлю;

⇒ процесинговий центр передає в розрахунковий банк відомості про зроблену транзакцію (86). Гроші з карткового рахунка покупця в банку-емітенті переказуються через розрахунковий банк у банк-еквайер.

Дебетові системи поки менш поширені, однак вони мають більше перспектив, особливо системи на основі схем з цифровими грішми на смарт-картках.

Смарт-картка (smart-картка, мікропроцесорна картка) – це пластикова картка, оснащена інтегральною схемою пам'яті та мікропроцесором, здатна виконувати розрахунки. Дані про кошти власника зберігаються в мікрочипі на пластиковій картці, їх достовірність забезпечується складністю несанкціонованого зчитування та модифікації цієї інформації. Грошові перекази з використанням смарт-карток можуть здійснюватися в офлайн-режимі. Смарт-картка дозволяє реалізувати складні фінансові схеми взаєморозрахунків (накопичувальні знижки, премії, мікrokредити й т.ін.). Така картка дещо дорожче, ніж картка з магнітною смугою. Не всі «чипові» картки мають мікропроцесор. Вони поділяються на два типи: картки з пам'яттю (дозволяють здійснювати разовий або багаторазовий перезапис інформації) і картки з мікропроцесором, або смарт-картки.

Через те, що смарт-картки містять дані про кошти власника у мікрочипі, грошові перекази можуть здійснюватися безпосередньо між смарт-картками. Інтернет при цьому використовується лише як транспорт у ланцюзі картка платника – апаратний кардридер платника – комп'ютер платника – Інтернет – комп'ютер одержувача – ридер одержувача – картка одержувача, або ланцюги: картка платника – апаратний ридер платника – комп'ютер платника – Інтернет-платіжна система – банківський рахунок одержувача. Очевидний мінус – необхідність наявності такого пристрою, як кардридер, підключений до комп'ютера клієнта.

Дебетові платіжні системи на основі цифрових грошей. У таких системах використовується електронний аналог реальних грошей. Електронні гроші випускаються емітентом. Покупець купує в емітента цифрові гроші та розплачується ними за товар або послуги в електронних магазинах. Потім власники магазинів погашають електронні гроші в емітента. Основні принципи роботи таких систем:

- ⇒ використання спеціальної програми-клієнта для доступу до рахунка;
- ⇒ локальний захист даних (на комп'ютері користувача) та у процесі передачі;
- ⇒ ідентифікація користувачів (продавців і покупців) за симетричним або закритим ключем або за електронними сертифікатами;
- ⇒ прив'язка рахунка до реальної особи, організації.

Дебетові платіжні системи можуть використовувати або електронні гроші, або чеки.

Електронні чеки трохи відрізняються від електронних грошей, деякі експерти називають їх різновидом електронних грошей. З економічної точки зору, клієнт в обох випадках розміщує гроші на рахунку в банку та одержує електронні платіжні зобов'язання на пред'явника, далі він може передавати їх як оплату за товар або послугу. Різниця полягає в тому, що у випадку з електронними грішми зберігається *анонімність* платника, а чек за визначенням цього не забезпечує. Технічно всі процеси теж можна вважати однаковими, тільки програмне забезпечення, що перебуває у користувача, в одному випадку зветься «електронна чекова книжка», а в іншому – «електронний гаманець».

У традиційному розумінні **чек** – це припис банку переказати гроші з рахунка покупця на рахунок продавця, що пред'явив чек. Електронний чек нічим від паперового чека не відрізняється. Електронна чекова книжка в цьому випадку яв-

ляє собою спеціальне програмне забезпечення, яке виконує функцію оформлення електронних чеків.

Електронний чек, як і його паперовий аналог, містить код банку, в який чек має бути пред'явлений для оплати, ім'я платника, номер рахунку платника, назву (ім'я) одержувача платежу та суму платежу. Електронний чек має електронний цифровий підпис ЕЦП, який підтверджує, що чек насправді від власника рахунку та належить банку. Перш ніж чек буде сплачений, він повинен бути підтверджений ЕЦП одержувача платежу. Схему роботи дебетової платіжної системи показано на **рис. 6.17**.

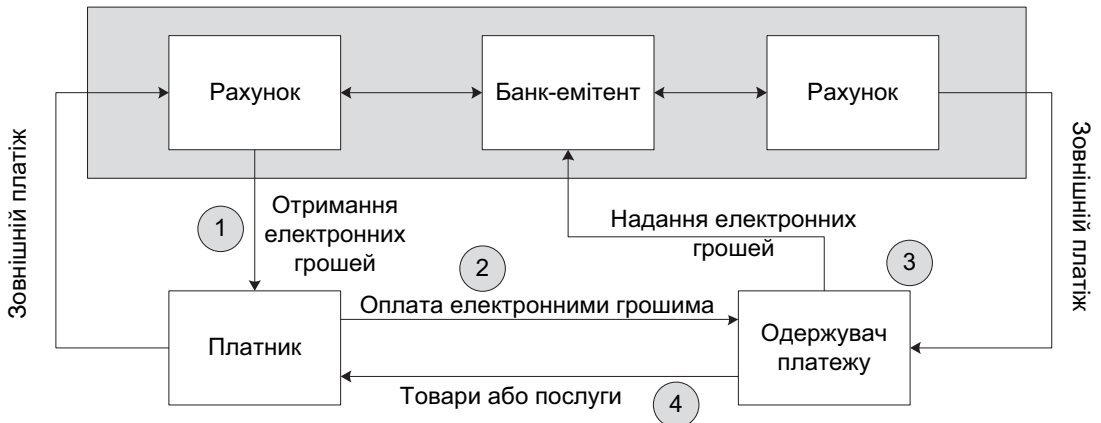


Рис. 6.17. Схема функціонування дебетної платіжної системи

1. Покупець заздалегідь обмінює реальні гроші на електронні. Зберігання готівки у клієнта може здійснюватися трьома способами (які з них використовуються, визначається конкретною платіжною системою):

- у пам'яті комп'ютера. Для цього, як правило, потрібно встановити на комп'ютері програмне забезпечення електронного гаманця;
- на мобільному пристрої (стілниковий телефон, PDA і т.ін.);
- на смарт-картках.

Різні платіжні системи пропонують різні схеми емісії. В першому випадку на запит клієнта банк емітує електронну готівку, формуючи номер банкноти самостійно. При реалізації ж методу сліпого підпису клієнт сам задає номер купюри, який відомий тільки йому.

Сліпий підпис (англ. – blind signature) – технологія, яка дозволяє ідентифікувати отриману інформацію, тобто переконатися, що вона прийшла від конкретного клієнта в незміненому вигляді, та засвідчити або підписати її, не знаючи про конкретний зміст цієї інформації (створена голландським математиком Девідом Чаумом). Ця технологія не дозволяє банку, який видає електронні гроші, простежити, як вони будуть використовуватися. Застосування сліпого підпису зробило платежі електронними грошима цілком анонімними. Технологія сліпого підпису, по суті, надає клієнтові можливість анонімно випускати спеціальні електронні банкноти, які потім завіряє банк.

2. Покупець обирає товар в електронному магазині та оформляє замовлення. Магазин на замовлення покупця посилає йому підписаний власним електронним цифровим підписом ЕЦП рахунок на оплату, в якому зазначає: найменування то-

вару (послуги), вартість товару (послуги), код магазину, час та дату операції. З цивільно-правової точки зору цей рахунок – пропозиція укласти договір (оферта). Покупець, як правило, за допомогою електронного гаманця підписує оферту та переказує електронному гаманцю продавця електронні гроші за купівлю.

3. Гроші пред'являються електронним гаманцем продавця емітенту, який проводить їх верифікацію.

4. У разі успіху верифікації електронних купюр емітент зараховує відповідну суму грошей на рахунок продавця, передаючи повідомлення про це гаманцю продавця. Електронний чек з банку пересилається гаманцю покупця, після чого покупець відвантажується товар або надається послуга.

Таким чином, система електронної готівки дозволяє на базі відкритих апаратних та телекомунікаційних рішень створювати захищені платіжні системи з унікальними властивостями.

Відповідно до законодавства України випуск цифрових грошей можуть здійснювати лише акредитовані банки. Крім того, не дозволено проводити обмін або приймати як сплату електронні гроші без наявності відповідного договору з банком-емітентом. Конвертувати електронні гроші в реальні може тільки той банк-емітент, який їх випустив.

Найбільш відомими системами дебетових платіжних систем в Україні, які працюють з цифровими грошима, є: E-Gold, Інтернет-гроші (на базі PayPal), Яндекс-гроші, Web Money Transfer. Головним інструментом кожної з цих систем є електронний гаманець.

Електронний (цифровий) гаманець – це програмне забезпечення, що автоматизує використання *електронних грошей*. Цифровий гаманець може містити *електронний сертифікат* користувача, інформацію про платежі та перебуває, як правило, на комп'ютері користувача (у *мобільній комерції* на мобільному телефоні або іншому мобільному пристрої). Електронний гаманець виконує кілька операцій: зберігання електронних купюр; одержання їх з іншого електронного гаманця, перевірку їх дійсності; передачу їх в інший електронний гаманець. За визначенням компанії VISA, електронний гаманець – це пластикова платіжна карта (смарт-картка), на якій у вигляді даних у пам'яті мікросхеми зберігається деяка сума грошей. Ця картка заміняє готівку (банкноти й монети).

Існує кілька типів електронних гаманців. Тип гаманця визначається типом грошей (валюти), з якими він може працювати.

У будь-якій платіжній системі передбачена можливість конвертації коштів з гаманця одного типу в кошти гаманця іншого типу, однак за цю послугу стягують певну комісію.

Пірингові мережі

Механізми обміну інформацією в комп'ютерних мережах можна умовно поділити на два класи: клієнт-серверний та одноранговий [6.18]. Вибір одного з цих двох класів для використання в конкретній телекомунікаційній мережі залежить від багатьох чинників (технологія побудови мережі, завдання, що має вирішувати програмне забезпечення, тощо). Слід зауважити, що кожен з двох класів має характерну сукупність інфокомунікаційних послуг, реалізованих за принципом використання сконцентрованого або розподіленого інформаційного ресурсу.

Під одноранговим, або піринговим (від фрази «peer-to-peer» – «кожний з кожним»), механізмом розуміють систему взаємодії елементів при інформаційному обміні в телекомунікаційній мережі, де кожен вузол може одночасно виступати як в ролі клієнта, так і в ролі сервера [6.19]. Пірингові механізми можуть бути покладені в основу побудови мереж з розподіленою (децентралізованою) обробкою інформації.

Як і клієнт-серверні механізми обміну інформацією, пірингові механізми також передбачають використання запитів та відповідей. Тільки в цьому випадку кожний вузол мережі може генерувати запити та надавати необхідну інформацію іншим вузлам. Таким чином, на рівні взаємодії двох окремих вузлів принцип дії пірингового механізму аналогічний до клієнт-серверного.

Використання пірингових механізмів дозволяє створити так звані пірингові мережі. Як правило, пірингова мережа складається з рівноправних вузлів, кожен з яких взаємодіє лише з деякою підмножиною вузлів мережі, оскільки встановлення зв'язку «кожний з кожним» ускладнено з причини обмеженості обчислювальних ресурсів вузлів та пропускнуєї спроможності каналів, що поєднують ці вузли. У разі необхідності передавання інформації між вузлами, що не поєднані між собою напряму, обмін може здійснюватися через вузли-посередники [6.20].

Пірингові мережі потенційно мають низку переваг над мережами, що побудовані на використанні клієнт-серверних механізмів. Насамперед, це позначається на тому, що в пірингових мережах здійснюється розподіл вузлового навантаження. Крім цього, пірингові мережі мають більш високу відмовостійкість (вихід такої мережі з ладу можливий лише за умов відімкнення всіх її вузлів) та не потребують налаштування й обслуговування відокремлених серверів, що набагато спрощує процес розгортання та експлуатації мережі.

Сьогодні успішними є лише декілька напрямів використання пірингових механізмів. Одним з найпоширеніших напрямів використання пірингових механізмів є так звані пірингові мережі файлового обміну. Основним призначенням таких мереж є обмін мультимедійними файлами (аудіо, відео, зображення тощо), а також програмним забезпеченням. Доступ користувачів до ресурсів пірингових мереж файлового обміну здійснюється з використанням спеціальних програм-клієнтів, при цьому для доступу до ресурсів однієї мережі може використовуватися декілька різних програм-клієнтів. Слід зазначити, що в основу кожної з існуючих пірингових мереж файлового обміну (Gnutella, FastTrack, BitTorrent тощо) покладено власний механізм обміну інформацією [6.21], що позначається як на способі формування бази відомих вузлів та способі їх опитування, так і на тих стеках протоколів, що використовуються для встановлення з'єднання та обміну файлами. Розглянувши типову схему одержання інформаційних ресурсів в будь-якій з відомих пірингових мереж, можна виділити декілька характерних етапів:

⇒ формування переліку відомих вузлів. Для цього, як правило, використовуються централізовані сервери, що містять адресну інформацію про інших учасників мережі;

⇒ пересилання запиту про необхідний інформативний ресурс. При цьому пересилання запиту може здійснюватися як безпосередньо великій кількості вузлів, так і послідовно через вузли-посередники;

⇒ вибір необхідного файла (файлів) серед надісланих відповідей;

⇒ організація віртуального з'єднання та одержання інформації від вузлів, що містять запитаний інформаційний ресурс.

Одним з найбільш типових пірінгових механізмів, що використовуються в сучасних мережах файлового обміну, можна вважати механізм Gnutella. Завдяки унікальному принципу встановлення з'єднання цей механізм є майже цілком децентралізованим. Для зберігання інформації про доступні ресурси механізм Gnutella не використовує централізованих серверів так, як це здійснюється, наприклад, у мережі BitTorrent. Замість цього кожен вузол формує власну адресну базу даних вузлів мережі та використовує її для розповсюдження запитів (рис. 6.18).

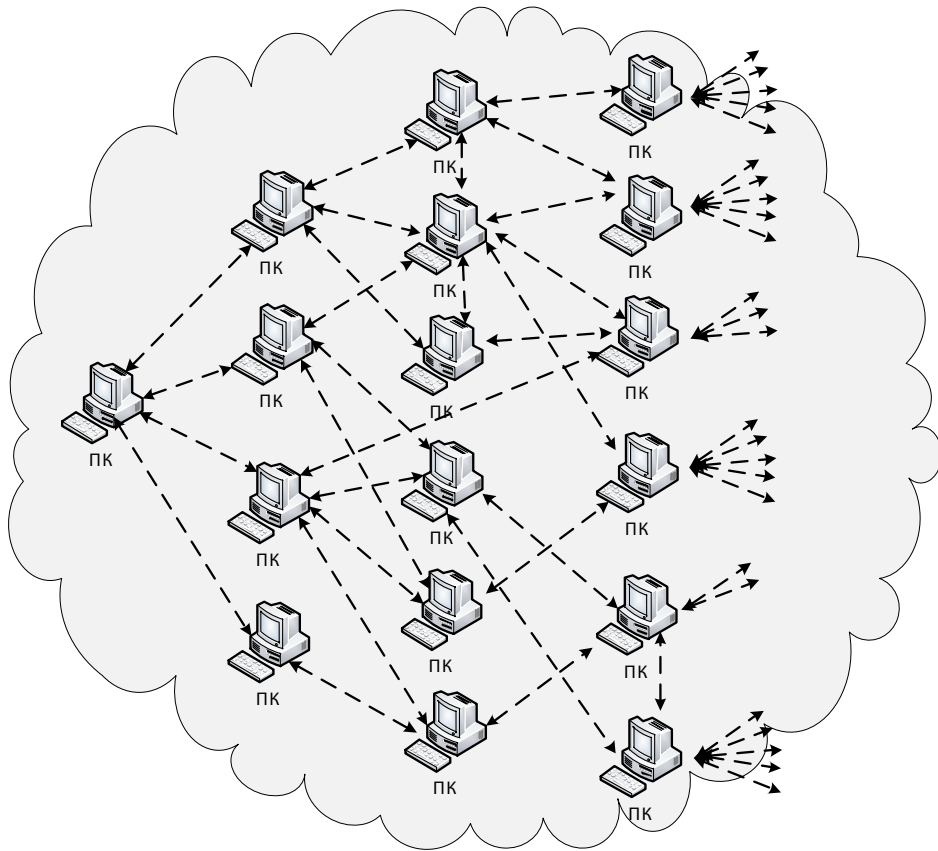


Рис. 6.18. Організація віртуальних з'єднань у мережі Gnutella

Такий підхід дозволяє, утворюючи безпосереднє віртуальне з'єднання лише з невеликою кількістю вузлів мережі, одержувати доступ до інформаційних ресурсів десятків тисяч вузлів. Слід, однак, зауважити, що при такій схемі взаємодії вузлів виникає проблема, пов'язана з утворенням так званих «петель» при поширенні запиту. Це пояснюється тим, що той самий запит завдяки тому, що вузли мережі можуть мати у власній адресній базі адреси двох (або більшої кількості) однакових вузлів. Така ситуація призводить до того, що один вузол може одержати той самий запит двічі (внаслідок його проходження різними маршрутами) або взагалі через певний час запит може повернутися до вузла, що його надіслав. Вирішення зазначених проблем потребує певного ускладнення програмного забезпечення та пересилання додаткової службової інформації для контролю переміщення запитів мережею.

Для встановлення з'єднання з метою поширення інформативного запиту механізм Gnutella використовує таку послідовність дій (рис. 6.19): вузол-ініціатор з'єднання **A** надсилає одному відомому вузлу **B** (адресу відомого вузла користувач вносить вручну або використовує для цього допоміжний сервер) запит на підтвердження активності, на що вузол **B** підтверджує свою активність вузлу **A**. Після цього вузол **A** надсилає вузлу **B** запит (ring-запит) на формування переліку відомих вузлів, зазначаючи кількість припустимих переходів TTL (Time To Live) від вузла до вузла. Вузол **B**, одержавши ring-запит, переправляє його кінцевій множині вузлів $G_1 \{1, 2, \dots, R\}$, відомій цьому вузлу, при цьому зменшуючи значення кількості припустимих переходів на одиницю. Кожен вузол з кінцевої множини G_1 передає ring-запит до вузлів, що відомі цьому вузлу, доти, доки значення кількості припустимих переходів не стане дорівнювати нулю. Крім дальшого пересилання ring-запиту, кожен з вузлів кінцевої множини вузлів $\{1, 2, \dots, S\}$ ($G_1 \subseteq G_2$), що одержали цей запит, надсилає відповідь (pong-відповідь) вузлу-ініціатору з'єднання **A**. Після одержання pong-відповідей від всіх вузлів множини G_2 вузол **A** надсилає їм інформативний запит на пошук необхідної інформації, та лише кінцева множина вузлів $\{1, 2, \dots, T\}$ ($G_3 \subseteq G_2$) відповідає вузлу **A** про наявність необхідної інформації (вузли, що не містять необхідної вузлу-ініціатору інформації, просто не відповідають на інформативний запит). Після одержання відповідей на інформативний запит вузол **A** обирає кінцеву множину вузлів $G_4 \{1, 2, \dots, V\}$ ($G_4 \subseteq G_3$) та встановлює з цими вузлами повноцінне з'єднання.

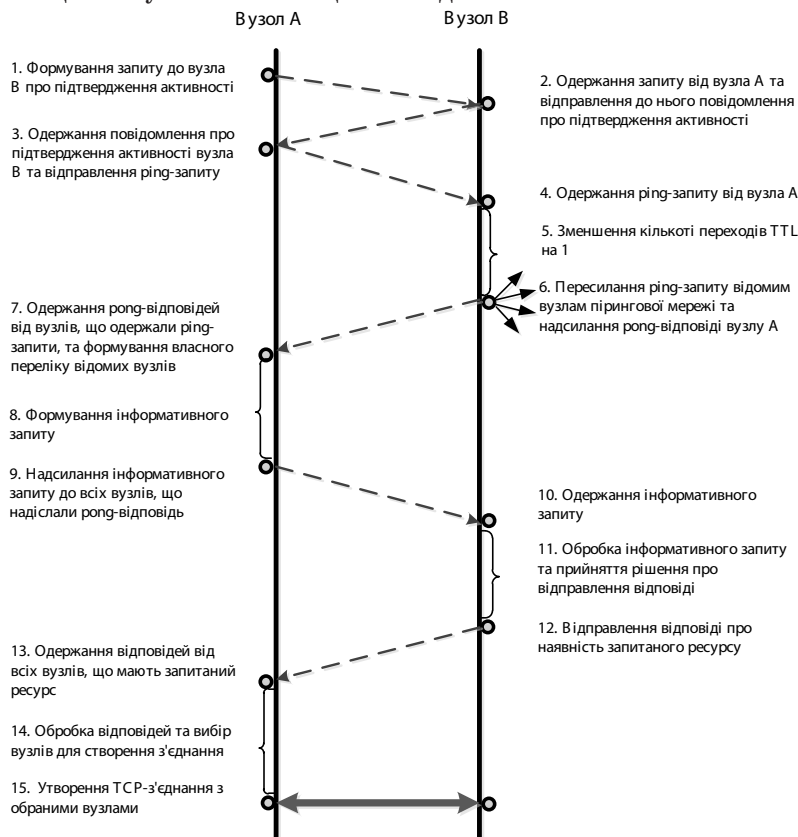


Рис. 6.19. Спосіб установалення з'єднання в мережі Gnutella

Для пересилання будь-якої інформації мережею (у тому числі ring-запити та pong-відповіді) механізм Gnutella використовує протокол TCP як транспортний та власний протокол Gnutella [6.22-6.23] (за семантикою подібний до HTTP – Hyper Text Transfer Protocol [6.24]) на прикладному рівні.

Такий спосіб встановлення повноцінного з'єднання з декількома вузлами одночасно є цілком виправданим для використання в телекомунікаційних IP-мережах, до складу яких входить велика кількість локальних мереж, розділених маршрутизаторами, однак є занадто надлишковим для використання в межах тих мереж, що побудовані на базі одного широкомовного домену (сукупності робочих станцій або серверів, в якій кожен з елементів може надіслати так званий широкомовний кадр, який обов'язково одержать всі інші елементи цієї сукупності).

Крім мереж файлового обміну, пірингові механізми також використовуються для забезпечення роботи мереж групової роботи, розподільних обчислювальних мереж та мереж обміну повідомленнями [6.25–6.27].

6.3. Хмарні технології та розподілені обчислення

Хмарні технології

Під **хмарними технологіями** мають на увазі модель забезпечення мережного доступу за вимогою до загального пулу обчислювальних ресурсів, які можуть бути оперативно надані та звільнені з мінімальними експлуатаційними витратами.

Хмарні технології, передусім, слід розрізняти за моделями обслуговування, що надається кінцевому користувачу. Розрізняють такі моделі: програмне забезпечення як послуга (SaaS – Software as a Service), платформа як послуга (PaaS – Platform as a Service) та інфраструктура як послуга (IaaS – Infrastructure as a Service) [6.28, 6.29].

Програмне забезпечення як послуга – модель, в якій користувачу надається можливість використовувати прикладне програмне забезпечення провайдера, що працює, хмарній інфраструктурі із різноманітних клієнтських пристроїв, використовуючи уніфікований програмний інтерфейс (наприклад, веб-браузера). Контроль за фізичною і віртуальною інфраструктурою хмари, у тому числі мережі, серверів, операційних систем, навіть індивідуальних можливостей програмних сервісів, що надаються клієнтам, виконується провайдером. Найпоширенішими прикладами використання моделі хмари програмного забезпечення як послуги можна привести веб-пошту, сервіс «google DOCs» тощо.

Платформа як послуга – модель хмари, коли користувачу надають можливість розгортання базового програмного забезпечення для дальшого розміщення на ньому нових або існуючих додатків. До складу таких платформ входять інструментальні засоби створення, тестування і виконання прикладного програмного забезпечення. До таких інструментів можуть бути віднесені системи керування базами даних, модулі виконання різноманітних мов програмування тощо. Прикладом моделі, що являє собою платформу як послугу, може бути послуга надання віртуального приватного сервера (VPS – Virtual Private Server). Провайдери, що надають таку послугу, чітко оговорюють з клієнтом, яка саме операційна система встановлена на приватному сервері, які права доступу до сервера матиме клієнт і які додаткові служби працюватимуть на приватному сервері. Віртуальні приватні сервери емулюють роботу виділеного фізичного сервера. На одному

фізичному сервері (одній апаратній платформі) при цьому може бути розміщена велика кількість віртуальних серверів. У першу чергу, такі послуги використовуються для формування веб-сервісів як приватними особами, так і комерційними структурами.

Інфраструктура як послуга надається як можливість формування цілої мережної інфраструктури всередині хмари провайдера. У результаті оренди користувач отримує самостійний доступ до керування ресурсами зберігання і обробки даних, а також іншими фундаментальними обчислювальними ресурсами (що можуть містити процесорну обчислювальну потужність, загальну кількість наданої оперативної пам'яті та дискового простору). Користувач може встановлювати і запускати будь-яке програмне забезпечення, що може містити в собі різні типи операційних систем, будь-яке прикладне програмне забезпечення. Крім того, користувачу надається контроль над цілим набором додаткових сервісів, що допомагають емулювати власний корпоративний віртуальний центр обробки даних (наприклад, міжмережний екран, служба DNS тощо).

З технічної точки зору, для формування хмар необхідно було створення двох умов: по-перше, поширеність і невисока вартість доступу до високошвидкісних мереж передавання даних; по-друге, розробка спеціалізованого програмного та апаратного забезпечення, що дозволило створювати віртуальний простір для кінцевого користувача.

Програмне, або апаратне, забезпечення, що дозволяє одночасне паралельне виконання декількох операційних систем на одній апаратній платформі, отримало назву «**гіпервізор**» (hypervisor), або «монітор віртуальних машин» (VMM – Virtual Machine Manager). Усі програмні гіпервізори можна поділити на три основних типи:

➤ автономні гіпервізори – працюють безпосередньо з обладнанням апаратних платформ, мають свої власні вбудовані драйвери пристроїв і планувальник завдань, тому вони не залежать від будь-яких додаткових програмних модулів або операційних систем і мають найвищий рівень продуктивності. Яскравим прикладом є гіпервізор VMware ESX виробництва компанії VMware Inc. (США);

➤ гіпервізори, що працюють на основі базових операційних систем, являють собою прикладні програмні продукти, що встановлюються на вже працюючу операційну систему. Операційна система, що встановлюється на такому типі гіпервізора, може мати прямий доступ до оперативної пам'яті та процесора, однак доступ до пристроїв вводу-виводу відбувається через монітор рівня користувача. Існує велика кількість різних гіпервізорів – як безкоштовних, так і комерційних вказаного типу. Найбільш поширеними з них є: Microsoft Virtual PC, VMware Workstation, VirtualBox;

➤ гібридні гіпервізори складаються з двох частин: з тонкого гіпервізора, що керує процесором і оперативною пам'яттю, а також спеціальної сервісної операційної системи, через яку встановлені віртуальні операційні системи отримують доступ до фізичного обладнання. Прикладами таких гіпервізорів є: Citrix XenServer, Microsoft Hyper-V, Sun Logical Domains тощо.

Підкреслимо, що всі зазначені вище типи гіпервізорів надають можливість створення платформ як послуг. Для створення хмарних технологій, що дозволяють створювати інфраструктуру як послугу, необхідні додаткові програмні або програмно-апаратні засоби, що допомогли б керувати загальною віртуальною інфраструктурою хмари, надаючи клієнтам необхідні їм послуги. Таке програмне

забезпечення називають «хмарною операційною системою». Така хмарна операційна система дозволяє прозоро і легко керувати єдиним віртуальним дата-центром, уможливаючи виділення необхідних ресурсів для кінцевих користувачів. Хмарні операційні системи випускаються такими виробниками програмного забезпечення, як VMware, Citrix, та іншими.

З організаційного погляду, хмарні технології можна розділити за різними моделями розгортання:

⇒ приватна хмара (private cloud) являє собою інфраструктуру, призначену для використання однією організацією, в деяких випадках можливе також використання приватної хмари клієнтами організації, що її розгортає. Приватна хмара може бути у власності, керуванні та експлуатації як самої організації, що нею володіє, так і третьої сторони, і може фізично існувати як всередині, так і поза зоною юрисдикції володаря;

⇒ публічна хмара (public cloud) – інфраструктура, призначена для вільного використання. Публічна хмара може бути у власності, управлінні та експлуатації комерційних, наукових або урядових структур. Публічна хмара зазвичай є в юрисдикції володаря – постачальника послуг;

⇒ громадська хмара (community cloud) – вид інфраструктури, призначеної для використання конкретним співтовариством користувачів організацій, що мають спільні завдання. Громадська хмара може бути в кооперативній власності, управлінні і експлуатація можуть проводитись однією, декількома організаціями або третьою стороною, може фізично існувати як всередині, так і поза юрисдикцією володаря;

⇒ гібридна хмара (hybrid cloud) являє собою комбінацію з двох або більшої кількості хмарних інфраструктур (приватних, публічних і громадських), кожна з яких залишається унікальним об'єктом, однак можуть бути пов'язані між собою стандартизованими або приватними технологіями передавання даних і додатків (наприклад, короткочасне використання ресурсів публічних хмар для балансування навантаження між приватними хмарами).

Висока зацікавленість хмарними технологіями з боку корпоративних абонентів викликана низкою причин, основними з яких є економічна доцільність, економія часу, а також гнучкість рішень при формуванні віртуальної інфраструктури. Ситуація, що складається сьогодні з хмарними технологіями, чимось схожа на появу віртуальних каналів зв'язку через пакетні мережі операторів зв'язку. До моменту появи технологій, таких, як Frame Relay, кожна комерційна компанія повинна була формувати свою власну телекомунікаційну мережу, організовуючи власні виділені WAN канали зв'язку між відділеннями однієї компанії. На виконання цих завдань було необхідно утримувати окремий підрозділ, витратити багато часу і коштів при організації нових або реорганізації існуючих WAN з'єднань. Поява операторів, що надавали віртуальні з'єднання за допомогою технології Frame Relay, спростила і здешевила (за рахунок розділення єдиного каналного ресурсу між багатьма абонентами) процес формування орендованої WAN інфраструктури. Аналогічним чином сьогодні для корпоративних абонентів запропоновано спростити і здешевити (за рахунок розподілення єдиної обчислювальної потужності між багатьма абонентами) процес формування орендованих центрів обробки даних.

Розподілені обчислення

Розподілені системи обчислення даних – це клас паралельних обчислювальних систем, в яких розв’язання складних обчислювальних завдань здійснюється за рахунок використання принаймні декількох поєднаних між собою комп’ютерів. Особливістю розподілених багатопроцесорних обчислювальних систем на відміну від локальних комп’ютерів високої обчислювальної потужності є можливість теоретично необмеженого нарощування продуктивності за рахунок масштабованості.

Найбільшого поширення серед систем з розподіленими обчисленнями сьогодні набули слабозв’язані, гетерогенні обчислювальні системи з високим ступенем розподілення, які отримали назву «**Грід-системи**» (англ. grid – решітка, мережа) [6.30]. У грід-системах створюється єдиний «віртуальний комп’ютер», що являє собою кластери, з’єднані за допомогою комп’ютерної мережі (найчастіше використовується мережа Інтернет), що працюють для виконання великої кількості різноманітних завдань.

Для виникнення таких обчислювальних мереж, як грід-системи, необхідно було виконання двох умов: по-перше, широке розповсюдження персональних комп’ютерів у населення, по-друге, розвиток високошвидкісних технологій передавання даних і їх вільна доступність. Більшість комп’ютерів, що підключено до глобальної мережі Інтернет, більшу частину свого робочого часу неефективно використовують наявні ресурси (процесорний час, оперативна пам’ять, дисковий простір тощо). У результаті виникла можливість ефективного використання вільних ресурсів персонального комп’ютера користувача для розв’язання інших завдань.

Виділяють три основні **типи грід-систем**. До першого типу слід віднести комерційні грід-системи, або системи на основі виділених обчислювальних ресурсів за запитом. У такому разі звичайний комерційний додаток працює на віртуальному комп’ютері, який, у свою чергу, складається з декількох фізичних комп’ютерів, поєднаних за допомогою грід-технологій. Такі системи, в першу чергу, цікаві комерційним і фінансовим структурам. За допомогою таких технологій можна проводити аналіз великої кількості даних, робити фінансові прогнози щодо стану біржових котирувань, курсу обміну валют, цін на ресурси тощо. Комерційні грід-системи фізично формуються за рахунок використання обчислювальних потужностей приватних центрів обробки даних у той момент, коли навантаження на такі центри є найменшими (наприклад уночі).

До другого типу грід-систем слід віднести наукові обчислювальні мережі [6.31]. Такі системи використовуються для проведення обробки масивів даних, отриманих в результаті досліджень. Наукові обчислювальні мережі, що базуються на грід-технологіях, можуть складатися з декількох комп’ютерних кластерів, а також багатьох персональних комп’ютерів, підключених до мережі Інтернет. Деякі наукові грід-системи мають складну ієрархічну структуру. Наприклад, грід-система ЦЕРНу – Європейської організації з ядерних досліджень (CERN – European Organization for Nuclear Research) [6.32] складається з трьох рівнів:

- ♦ нульовий рівень складається з кластера серверів, що збирають інформацію з детекторів і зберігають її до кінця проходження експерименту;
- ♦ перший рівень складається з одинадцяти кластерів, розміщених в різних країнах світу. Ці кластери зберігають наукові дані з багатьох експериментів для їх оброблення;

♦ другий рівень складається з комп'ютерних кластерів, які обробляють наукову інформацію. На цьому рівні не потрібно зберігати дані, але необхідна велика продуктивність для успішної обробки даних.

До третього типу грид-систем слід віднести найпоширеніші добровільні обчислювальні мережі. Такі системи формуються з персональних комп'ютерів кінцевих користувачів з усього світу. Загальна схема участі у подібних проєктах виглядає таким чином: потенційний учасник завантажує клієнтську частину програмного забезпечення на свій персональний комп'ютер, після чого її необхідно встановити, налаштувати і запустити. Запущена клієнтська програма періодично звертається до сервера проєкту, запрошує в нього дані для обробки і відправляє отримані результати. При цьому встановлена програма виконується з найменшим пріоритетом і не заважає нормальній роботі системи.

Мотивація участі кінцевих користувачів у добровільних грид-системах складається з двох частин: по-перше, рекламою, в якій зазначається потенційна важливість завдання, що розв'язується, і далі використання результатів його вирішення в реальному житті, по-друге, деякі проєкти розподілених обчислень так або інакше фінансуються і пропонують своїм учасникам грошове винагородження за умов досягнення деяких результатів.

Проєкти, що надають добровільні обчислювальні мережі, використовують для досягнення низки наукових, прикладних та комерційних цілей в таких галузях, як біологія і медицина, математика і криптографія, природничі науки тощо.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 6.1. Никитюк Л.А. Архитектура инфокоммуникационной сети / Никитюк Л.А. – Журн. «Зв’язок», 2007. – № 5. – С. 2–6.
- 6.2. Воробієнко П.П. Телекомунікаційні та інформаційні мережі. Підручник для вищих навчальних закладів / Воробієнко П.П., Никитюк Л.А., Резниченко П.І. – К.: САММІТ-КНИГА, 2010. – 640 с.
- 6.3. Д. Рассохин, А. Лебедев. World Wide Web – всемирная информационная паутина в сети Internet [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.chem.msu.ru/rus/www-book/toc.html>
- 6.4. Клара Ших Эра facebook. Как использовать возможности социальных сетей для развития вашего бизнеса: электронный учебник / Клара Ших. – К.: Манн, Иванов и Фербер, 2010. – 304 с.
- 6.5. Социальная сеть «ВКонтакте» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://vkontakte.ru/>
- 6.6. Ларри Вебер Эффективный маркетинг в интернете. Социальные сети, блоги, twitter и другие инструменты продвижения в сети / Ларри Вебер. – К.: Манн, Иванов и Фербер, 2010. – 320 с.
- 6.7. Майк Далворт. Социальные сети. Руководство по эксплуатации / Майк Далворт – К.: Добрая Книга, 2010. – 248 с.
- 6.8. Социальная сеть «facebook» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://facebook.com/>
- 6.9. Губанов Д.А. Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства / Губанов Д.А., Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. – М.: Физматлит, 2010. – 228 с.
- 6.10. Юрасов А.В. Электронная коммерция: Учебное пособие / А.В. Юрасов. – М.: Дело, 2003. – 480 с.
- 6.11. Дик В.В. Электронная коммерция / В.В. Дик, М.Г. Лужецкий, А.З. Родионов. – М.: Московская финансово-промышленная академия, 2005. – 376 с.
- 6.12. Ахромов Я.В. Системы электронной коммерции (практическое руководство): учебное пособие для вузов / Я.В. Ахромов. – М.: «Оникс», 2007. – 416 с.
- 6.13. Балабанов И.Т. Электронная коммерция / И.Т. Балабанов. – СПб.: Питер, 2001. – 336 с.
- 6.14. Кунегин С.В. Электронная коммерция – 2003. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://kunegin.com/ref6/ecom/>
- 6.15. Т. Кеглер Реклама и маркетинг в Интернет / Т. Кеглер, П. Доулинг и др.; пер. с англ. – М.: Альпина паблишер, 2003. – 640 с.
- 6.16. Джерк Н. Разработка приложений для электронной коммерции. Библиотека программиста / Джерк Н. – СПб.: Питер, 2001. – 512 с.
- 6.17. К.Ю. Гуфан, М.П. Иванков Безопасность и эффективность электронных платежных систем в сети Интернет / К.Ю. Гуфан, М.П. Иванков. – К.: Ozon, 2007. – 236 с.
- 6.18. Таненбаум З. Компьютерные сети. – 4-е изд. / Таненбаум З. – СПб.: Питер, 2005. – 992 с.
- 6.19. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Новые технологии и оборудование IP-сетей / Олифер В.Г., Олифер Н.А. – СПб.: БХВ – Санкт-Петербург, 2000. – 512 с.
- 6.20. Основи теорії мереж передачі та розподілу даних / [Жуков І.А., Віноградов М.А., Дровозов В.І., Халімон Н.Ф.]. – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2006. – 272 с.
- 6.21. Кульгин М. Коммутация и маршрутизация IP/IPX-трафика / Кульгин М. – М.: Компьютер-Пресс, 1998. – 320 с.
- 6.22. Пиринговые сети: eDonkey, BitTorrent, KaZaA, DirectConnect.; пер. с чеш. – СПб.: Наука и Техника, 2006. – 272 с.

- 6.23. The Gnutella Protocol Specification v.0.4. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.limewire.com/developer/gnutella_protocol_0.4.pdf.
- 6.24. R. Fielding, J. Gettys, J. Mogul, H. Frystyk, L. Masinter, P. Leach, T. Berners-Lee. RFC 2616 – Hypertext Transfer Protocol – HTTP/1.1. – 1999. – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://rfc.sunsite.dk/rfc/rfc2616.html>. Назва з екрана.
- 6.25. Офіційний сайт компанії Grove Networks Inc [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.groove.net/>.
- 6.26. Офіційний сайт проекту SETI@home [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://setiathome.berkeley.edu>.
- 6.27. Кустов А. Интернет-пейджер. Оставайся on-line! [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://school.ort.spb.ru/>.
- 6.28. Voorsluys William. Cloud Computing: Principles and Paradigms / Voorsluys William, Broberg James, Buyya Rajkumar – New York: Wiley Press, 2011. – 637 P.
- 6.29. Timothy Chou. Introduction to Cloud Computing. Business and Technology / Timothy Chou. – USA: Active Book Press, 2011. – 220 p.
- 6.30. Ian Foster. What is the Grid? A three point checklist [Електронний ресурс] / Ian Foster. – 2002 – 4 P. – Режим доступу: <http://dlib.cs.odu.edu/WhatIsTheGrid.pdf>
- 6.31. О SETI@Home: Назва з екрана (Офіційний сайт проекту «SETI@Home») [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://setiathome.berkeley.edu /sah_about.php
- 6.32. European Organization for Nuclear Research: Назва з екрана (Офіційний сайт проекту «CERN») [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://public.web.cern.ch/public/>

Розділ 7 СИСТЕМИ МОВЛЕННЯ

7.1. Технології, системи і служби мовлення

Прогрес технологій у мовленнєвих службах

В основі сучасної науково-технічної революції в сфері мовлення лежить прогрес нових технологій, що характеризується:

⇒ впровадженням у світі та дальшим прогресом цифрових методів виробництва, оброблення, кодування, передавання, приймання і відтворення аудіовізуальної інформації;

⇒ переходом до середовищ передавання і збереження інформації з високою пропускнуою здатністю;

⇒ використанням нових алгоритмів стиснення аудіовізуальної інформації, які дозволяють скорочувати швидкість цифрового потоку зображень та звуку в десятки й сотні разів;

⇒ упровадженням нових типів перетворювачів «світло-сигнал», що дозволяють на новому якісному рівні формувати сигнал зображення;

⇒ упровадженням нових типів відтворювальних пристроїв, у тому числі плазмових, рідкокристалічних, світлодіодних матриць з характеристиками відтворення, істотно переважаючих традиційні кінескопи;

⇒ упровадженням систем телебачення високої чіткості (ТБВЧ), сумісних із системами телебачення стандартної чіткості (ТБСЧ), сигнали яких можна передавати та приймати на тому самому обладнанні;

⇒ упровадженням систем мультимедійного мовлення на рухомі термінали;

⇒ освоєнням технологій стереоскопічного зображення і побудовою на цій основі систем стереоскопічного (3D) телебачення, сумісного з моноскопічним (2D), і початком дальшого прогресу цієї нової технології;

⇒ створенням у світі систем нового рівня – систем великого екрана та систем надвисокої чіткості – та створенням на цій основі систем телебачення надвисокої чіткості (ТБНВЧ) та систем цифрового кіно і зближенням на цій основі технологій телебачення і кінематографа;

⇒ розвитком нового типу відеозастосовань – багатифункціональних відеоінформаційних систем на базі цифрових технологій великих екранів, телебачення високої й надвисокої чіткості;

⇒ прогресом колориметричної науки і створенням у світі моделей людського зору та на цій основі початком у світі робіт зі створення систем нового типу – адаптивних ТВ систем, можливість реалізації яких базується на інтелектуалізації систем і апаратури;

⇒ упровадженням інтерактивних мовленнєвих служб та їхньою інтеграцією з іншими інтерактивними телекомунікаційними службами;

⇒ інтеграцією мовленнєвих і телекомунікаційних служб, у тому числі Web-мовлення, наданням телекомунікаційних послуг мовленнєвими мережами, ком-

плексним використанням мовленнєвих мереж з метою надання нових телекомунікаційних послуг;

⇒ далішим науково-технічним прогресом в області інформаційних і телекомунікаційних технологій, що зробить доступним новий рівень аудіовізуальних служб, можливості якого ще слід осмислити.

Служби мовленнєвого типу дедалі більше інтегруються з аудіовізуальними службами загального застосування. Суть цієї інтеграції – у використанні загальних принципів виробництва, збереження, оброблення, передавання, приймання й відтворення аудіовізуальної інформації. До інтегрованих послуг можна віднести аудіовізуальні послуги системи Internet, аудіовізуальні послуги вдома, послуги за замовленням, послуги в будь-який час.

Визначення мовлення

Світовий науково-технічний прогрес і конвергенція телекомунікаційних і мовленнєвих служб, що відбувається нині, привели до того, що на теперішній час мовлення, що ще недавно обмежувалося службами телевізійного і звукового мовлення, поєднує телевізійне, звукове, мультимедійне, гіпермедійне мовлення та мовлення даних.

Відповідно до Резолюції ITU-R 4-6 [7.1.1], прийнятої Асамблеєю радіозв'язку в 2012 р., є чинним визначення служб мовлення в складі служб радіозв'язку, що належать до компетенції Сектора Радіозв'язку Міжнародного союзу електрозв'язку (МСЭ-Р) і в його складі – до Дослідної Комісії-6 «Служби мовлення».

Це визначення охоплює служби радіозв'язку разом із службами передавання зображення, звуку, мультимедійної інформації та даних, призначених, перш за все, для поширення серед населення.

У радіомовленні використовують доставляння інформації від точкового джерела в усі сторони на повсюдно поширені приймачі користувачів. Якщо потрібен ресурс зворотного каналу (наприклад, для керування доступом, інтерактивних застосувань тощо), то в радіомовленні, як правило, використовують асиметричну розподільну структуру, що створює можливість надавати населенню інформацію каналом з великою пропускну здатністю і передачу інформації з кола з низькою пропускну здатністю вбік провайдера послуг. Сюди входять виробництво і розподіл програм (телевізійних, звукових, мультимедійних, мовлення даних та ін.), а також канали обміну програмними матеріалами між студіями, канали збирання інформації (ENG – електронного збирання новин, SNG – супутникового збирання новин тощо), первинний розподіл до вузлів локального розподілу, вторинний розподіл на приймачі користувачів.

Служби телевізійного, звукового, мультимедійного, гіпермедійного мовлення і мовлення даних на основі кабельних систем і мікрохвильових мереж, інтегрованих із широкосмуговими інформаційними мережами та службами, є предметом компетенції Дослідної Комісії-9 Сектора Стандартизації Міжнародного Союзу Електрозв'язку (МСЕ-Т).

Технічний прогрес протягом останніх років привів до появи нових служб, що також можна віднести до мовленнєвих, а саме: таких, як мовленнєві служби на основі використання IP-протоколу (Web-мовлення), електронне кіно, домашній театр, відео за замовленням, служби зображення високої і надвисокої чіткості, служби масового розподілу інформації на CD-ROM, DVD-ROM та інших носіях.

Очікують, що на хвилі сучасного науково-технічного прогресу найближчим часом будуть реалізовані засоби збереження та обробки інформації, побудовані на принципі об'ємної голографії, що приведе до нового витка науково-технічної революції, що, зокрема, знайде своє втілення у мовленнєвих технологіях.

Функції мовленнєвої служби

На рис. 7.1 наведено наскрізну модель системи мовлення, погоджену на зборах Дослідної Комісії-6 у березні 2001 р. Ця модель характеризує функції служби мовлення і відповідні аспекти в тому вигляді, як це склалося завдяки накопиченому міжнародному досвіду донині.

Виробництво	Монтаж	Розподіл	Приймання
Характеристики вихідного сигналу	Аналогове / цифрове мультиплексування	Канальне кодування	Середовище розподілу. Інтерфейси
Аналогове / цифрове представлення	Керування доступом	Модуляція	Демультиплексування
Методи кодування джерела	Транспортування	Планування каналів	Можливість взаємодії
Вимоги / інтерфейси для доставки програм (SNG, ENG)	(Первинний) Розподіл	Антенні	Аспекти наскрізної системи. (інтерфейси взаємозв'язку людини з машиною)
Обмін записами, програмами, архівування, плівки	Службова інформація (програмний гід)	Середовище розподілу Характеристики розподілу	
Вимоги користувача	Мультимедіа	Оцінка характеристик. Керування якістю	

Рис. 7.1. Наскрізна модель системи мовлення

Класифікація систем мовлення

На рис. 7.2 приведено засновану на використанні технологій різного рівня загальну класифікацію типів мовлення. За сформованими уявленнями, тепер є п'ять видів мовлення – телевізійне, звукове, мультимедійне, гіпермедійне, а також мовлення даних. У загальному випадку в поняття мовлення входить виробництво мовленнєвих програм і власне мовлення, тобто розповсюдження мовленнєвих програм.

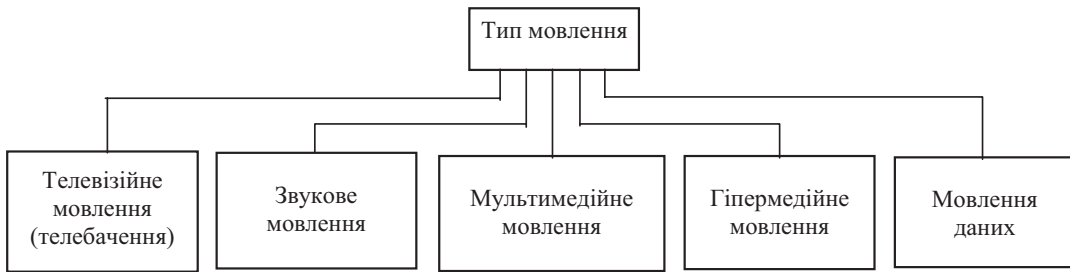


Рис. 7.2. Класифікація типів мовлення

Телебачення є типом аудіовізуальних застосувань, основне призначення яких – передача відеосцен зі звуковим супроводженням. Аналогічні системи може бути реалізовано на технологічній базі різних рівнів – від найпростіших аналогових до досконалих цифрових систем з високим ступенем інтелектуалізації. Системи можуть бути мовленнєвими та прикладними, монохромними й кольоровими, моноскопічними та стереоскопічними. У них можуть сполучатися функції відтворення зображень, звуку і виконання інших операцій, наприклад у спеціалізованих прикладних системах – упізнання образів. Звукове супроводження у деяких цифрових системах може не передаватися.

Звукове мовлення можна також віднести до аудіовізуальних систем. Залежно від рівня використовуваних технологій звукове мовлення може реалізовуватися на різних рівнях – від звичайного вузькосмугового звукового мовлення на приймач, наприклад, діапазону СЧ і до звукового мовлення на рівні звукового оточення з відеосупроводженням.

Логічним продовженням телевізійного і звукового мовлення є мультимедійне мовлення, що спирається на широке використання комп'ютерних технологій, причому аудіовізуальні сцени сполучають у собі натурні відео- і аудіосцени, відеоінформацію в графічному і векторному форматах, текстову інформацію, синтетичний звук. Важливою відмінною рисою мультимедійного мовлення є також об'єктно-орієнтована передача інтерактивних аудіовізуальних сцен.

Дальшим кроком у розвитку мультимедійного мовлення є гіпермедійне мовлення, в якому, на додаток до мультимедійного, застосовуються гіперпосилання, використання яких дозволяє будувати аудіовізуальні сцени за ієрархічним принципом, так що на різних рівнях ієрархії сцени можуть відтворюватися подробиці та додаткова інформація.

Ще одним типом мовлення є мовлення даних. До систем такого типу належить система ТЕЛТЕКСТ. До них також належать системи мовлення комп'ютерних програм, деякі інформаційні служби, такі, як «газета-всім», тощо.

До мовленнєвих служб можна також віднести служби відео за замовленням, телебачення в будь-який час, поширення аудіовізуальної інформації на магнітних і оптичних носіях.

На рис. 7.3 приведено класифікацію типів звукового мовлення. Мовлення може бути моно- чи стереофонічним, на більш високому рівні воно може бути організовано за системою звукового оточення. Відповідно передача звуку

здійснюється одним каналом або двома каналами (лівим і правим), або шістьма каналами (лівим, центральним, правим, лівим звукового оточення, правим звукового оточення, каналом поліпшення відтворення нижніх частот), або більшою кількістю каналів. Мовлення може відбуватися також однією мовою або бути багатомовним. В останньому випадку число каналів передачі збільшується в число раз, яке дорівнює числу мов.

На рис. 7.3 приведено класифікацію типів телевізійного мовлення за низкою ознак (колір, стереоефект, рівень звукового супроводження, інтерактивність). ТВ мовлення може бути монохромним або кольоровим, моноскопічним або стереоскопічним, зі звуковим супроводженням типу моно-, стерео- або звуковим оточенням, інтерактивним і неінтерактивним. Використання технологій різного рівня є основою реалізації відповідного рівня ТВ мовлення. На теперішній час чорно-біле ТВ мовлення являє історичний інтерес і в основному цю технологію використовують у прикладних застосуваннях.



Рис. 7.3. Класифікація типів ТВ мовлення

На рис. 7.4 приведено класифікацію систем і середовищ розподілу мовленнєвих ТВ програм. Середовище поширення може бути наземним, супутниковим, кабельним. До середовищ поширення можна також віднести тверді диски та інші засоби зберігання, котрі можна масово розповсюджувати. Окремо слід виділити мікрохвильові системи поширення (LMDS, MMDS, MVDS). Строго кажучи, їх можна розглядати як різновид систем наземного мовлення.

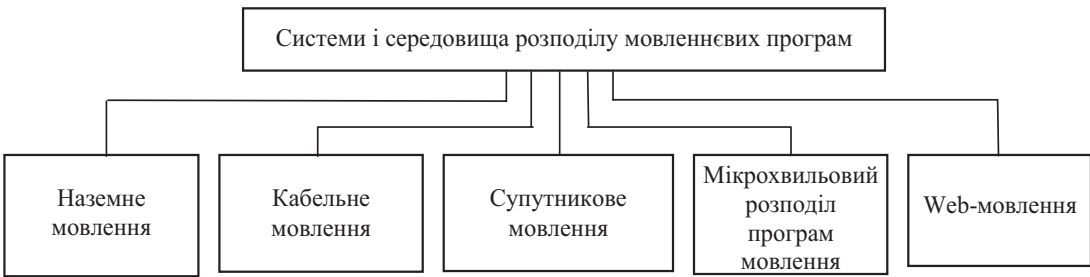


Рис. 7.4. Класифікація систем і середовищ розподілу мовленнєвих програм

На **рис. 7.5** приведено класифікацію ТВ систем за типом надання відеосигналу – цифрового чи аналогового і типи цих систем.

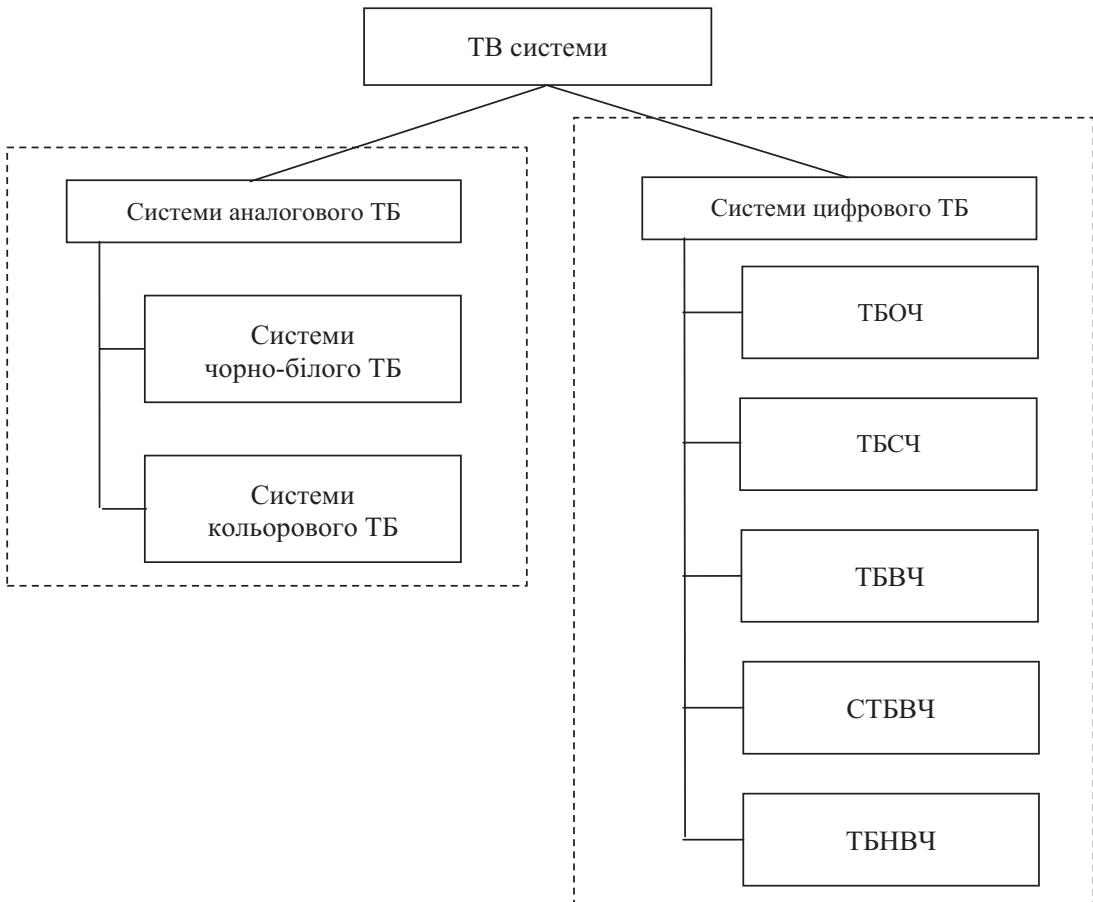


Рис. 7.5. Класифікація ТВ систем за типом надання відеосигналу (цифрового або аналогового) і рівень систем

На **рис. 7.6** приведена класифікація композитних систем аналогового кольорового телебачення.

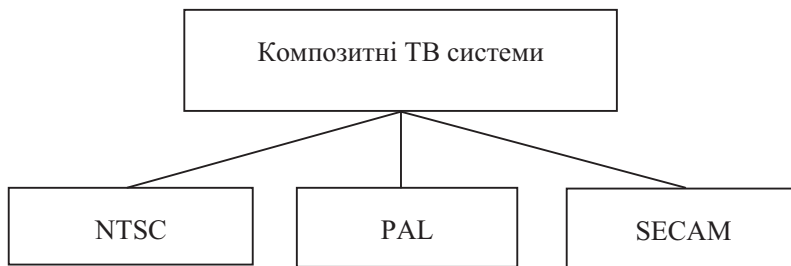


Рис. 7.6. Класифікація композитних ТВ систем

Композитні системи – це системи SECAM, PAL і NTSC (рис. 7.6) (ITU-R BT.470 [7.2]), використовувані в традиційному аналоговому мовленні. Усі три системи сумісні із системою чорно-білого телебачення та відрізняються способом передачі інформації про колірність зображення на колірному носійному коливанні. Композитні системи відповідають стандартам передачі ТВ сигналів В, D, D1, G, H, K, K1, I, M, N.

Аналогове ТВ мовлення в наземному середовищі, згідно з Угодою «Женева-2006», починаючи від липня 2015 р. буде замінено на цифрове, і з цього моменту наземне аналогове телебачення буде використовуватися в рамках існуючого парку ТВ приймачів аналогового телебачення, на вхід яких буде подаватися сигнал аналогового ТВ від приставок цифрового ТВ з поступовим переходом на використання сучасних приймачів цифрового ТВ. У середовищі супутникового мовлення перехід на цифрові технології вже відбувся. У кабельному середовищі слід очікувати також перехід цілком на цифрові технології. Таким чином, аналогові технології мовлення стають технологіями минулого.

На рис. 7.7 приведено класифікацію систем аналогового ТВ підвищеної якості. До числа систем ТВ підвищеної якості (ТВПЯ) входять поліпшені варіанти систем SECAM, PAL і NTSC – сумісні з ними системи ENHANCED SECAM, PALplus та ENHANCED NTSC (CLEAR VISION), а також системи сімейства MAC (A-MAC, B-MAC, C-MAC, D-MAC, D2-MAC). Системи ENHANCED SECAM, PALplus та ENHANCED NTSC були розраховані на використання цифрового кодера на передавальній стороні (що перетворює компонентні яскравісні та кольорорізницеві сигнали на композитний сигнал), і відповідного цифрового декодера в приймачі, причому кодування та декодування організується так, що взаємні завади між сигналами яскравості та колірності придушуються до практично непомітного рівня. Системи були розраховані на широкекранне відтворення зображення. У них було передбачене використання опорних сигналів для автоматичної корекції лінійних спотворень композитного сигналу та для автоматичної підтримки діапазону рівнів відео-сигналу. Ці системи не застосовуються і являють собою історичний інтерес.

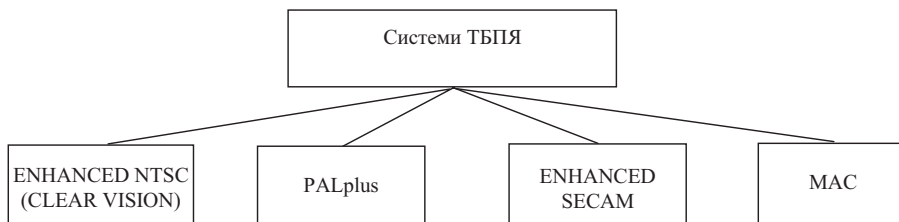


Рис. 7.7. Класифікація систем ТВПЯ

Системи сімейства MAC несумісні з композитними системами. Вони побудовані за принципом стиснення в часі яскравісного та кольорорізницевих сигналів і передачі їх у загальному каналі послідовно із сигналами цифрового звукового супроводження, додатковою інформацією та сигналом цифрової синхронізації. З цього сімейства в Європі набула поширення система D2-MAC як загальноєвропейська, яка мала прийти на зміну системам PAL і SECAM. Але ця система зазнала обмеженого поширення, оскільки не змогла конкурувати із системою цифрового телебачення.

На зміну аналоговим системам у світі прийшли системи цифрового телебачення, що мають незаперечні переваги перед аналоговими системами, серед яких:

➤ можливість цифрового кодування аудіовізуальної інформації зі стисненням, ступінь якого для відеосигналу досягає десятків і сотень разів, і в результаті реалізувати нові рівні якості ТВ мовлення, не змінюючи потрібного каналного ресурсу, традиційного для аналогового телебачення;

➤ гнучкість, а саме: за рахунок керування параметрами, що передаються в цифровому потоці, та зміни структури і змісту інформації, яка передається, можна керувати типом системи та її основними характеристиками;

➤ унеможливлення накопичення завад і спотворень завдяки використанню завадостійкого каналного кодування, що дозволяє в зоні впевненого приймання організувати високоякісне мовлення;

➤ можливість організувати комп'ютеризоване програмне виробництво з використанням досконалих алгоритмів цифрової обробки і збереження сигналів ТВ програм.

У результаті стає доступною організація ТВ мовлення в системах:

• ТБОЧ (LDTV) – телебачення обмеженої чіткості (Limited Definition Television – із приблизно вдвічі меншою чіткістю, ніж стандартне);

• ТБСЧ (SDTV) – телебачення стандартної чіткості (Standard Definition Television – 720×576 чи 720×480 активних елементів зображення відповідно для європейського й американського стандартів розкладення згідно з Рекомендацією ITU-R BT.601 [7.1.3]);

• ТБВЧ (HDTV) – телебачення високої чіткості (High Definition Television – 1280×720 активних елементів зображення з порядковою розгорткою відповідно до Рекомендацій ITU-R BT.1543 [7.4] і BT.1847 [7.5] та 1920×1080 активних елементів зображення з черезрядковою або порядковою розгорткою або з передаванням сегментованого кадру відповідно до Рекомендації ITU-R BT.709 [7.6]);

• ТБНВЧ (UHDTV) – телебачення надвисокої чіткості (Ultra High Definition Television – 3840×2160 та 7680×4320 активних елементів зображення з порядковою розгорткою відповідно до Рекомендації ITU-R BT.2020 [7.7]);

• СТБВЧ – стереоскопічне телебачення високої чіткості відповідно до Рекомендацій ITU-R BT.2024 [7.8] та ITU-R BT.2025 [7.9].

Цифрова реалізація ТВ систем дозволяє, організувавши відповідним чином цифровий потік, реалізувати різні варіанти систем відповідно до класифікації, побудованої на рис. 7.5.

Характеристики систем мовлення

Характеристики систем ТБСЧ визначено в Рекомендації ITU-R BT.601 [7.2]. Рекомендація охоплює характеристики, які представляють цифрове телевізійне зображення з кількістю рядків 525 або 625 і черезрядковою розгорткою. Передбачена частота дискретизації 13,5 МГц для обох форматів зображення – 4:3 та 16:9 – з показниками, що відповідають вимогам сучасних систем передавання.

Початковими в системах ТБСЧ є сигнали основних кольорів E_R, E_G, E_B та одержані з них гама-кореговані сигнали E'_R, E'_G, E'_B . Основні характеристики цих сигналів відповідають *табл. 7.1*.

Таблиця 7.1

Характеристики оптиелектронного перетворення в системах ТБСЧ

Характеристики				
Параметр	625		525	
Координати колірності, МКО 1931	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i>	<i>y</i>
Основні кольори: Червоний	0,640	0,330	0,630	0,340
Зелений	0,290	0,600	0,310	0,595
Синій	0,150	0,060	0,155	0,070
Колірність рівносигнального опорного білого	D_{65}			
$E_R = E_G = E_B$	<i>x</i>		<i>y</i>	
	0,3127		0,3290	
Оптиелектронна світлова характеристика до гама-корекції	Приймають лінійною			
Оптиелектронна характеристика "від світла до сигналу"	$E = \begin{cases} 1,099 \cdot L^{0,45} - 0,099 & \text{при } 0,018 \leq L \leq 1,00 \\ 4,500 \cdot L & \text{при } 0 \leq L \leq 0,018 \end{cases}$ де L – яскравість зображення основного кольору $0 \leq L \leq 1$ E – відповідний електричний сигнал.			

Цифрові сигнали яскравості та кольорорізницеві сигнали позначають як Y, C_R, C_B . Ці сигнали формують таким чином:

$$E'_Y = 0,299 \cdot E'_R + 0,587 \cdot E'_G + 0,114 \cdot E'_B$$

$$(E'_R - E'_Y) = E'_R - 0,299 E'_R - 0,587 E'_G - 0,114 E'_B = 0,701 E'_R - 0,587 E'_G - 0,114 E'_B$$

$$(E'_B - E'_Y) = E'_B - 0,299 E'_R - 0,587 E'_G - 0,114 E'_B = -0,299 E'_R - 0,587 E'_G + 0,886 E'_B$$

При тому, що значення E'_Y лежать в межах від 0 до 1,0, значення $(E'_R - E'_Y)$ лежать в межах від -0,701 до +0,701, а значення $(E'_B - E'_Y)$ – в межах від -0,886 до +0,886.

Для встановлення одиничного розмаху кольорорізницевих сигналів (тобто від +0,5 до -0,5) переходять до повторно нормованих червонорізницевого та синерізницевого сигналів E'_{C_R} та E'_{C_B} , які обраховують таким чином:

$$E'_{C_R} = \frac{E'_R - E'_Y}{1,402} = \frac{0,701E'_R - 0,587E'_G - 0,114E'_B}{1,402}$$

$$E'_{C_B} = \frac{E'_B - E'_Y}{1,772} = \frac{-0,299E'_R - 0,587E'_G + 0,886E'_B}{1,772}$$

Позначення E'_{C_R} і E'_{C_B} застосовують тільки для позначення повторно нормованих кольорорізницевих сигналів, тобто сигналів, що мають номінальний розмах, рівний розмаху сигналу яскравості E'_Y , вибраний, таким чином, еталонним.

У разі 8-бітового або 10-бітового бінарного кодування з рівними кроками квантування визначають 2^8 або 2^{10} , тобто 256 або 1024 рівновіддалених рівнів квантування. Рівні 0,00_d й 255,75_d зарезервовано для передавання даних синхронізації, рівні від 1,00_d до 254,75_d застосовують для видеосигналу.

Для того щоб залишатися в робочих межах, сигнал яскравості повинен охоплювати тільки 220 (8-бітових) або 877 (10-бітових) рівнів, а рівень чорного має бути розміщено на рівні 16,00_d. Зважаючи на це, десяткове значення квантованого сигналу яскравості Y становить:

$$Y = \text{round}\{(219 \cdot E'_Y + 16) \times D\} / D,$$

де D набуває або значення 1, або значення 4 при 8-бітовому та 10-бітовому квантуванні відповідно. Оператор $\text{round}()$ повертає значення 0 для дробових частин у діапазоні від 0 до 0,4999... та +1 для дробових частин у діапазоні від 0,5 до 0,999..., тобто цей оператор округлює у велику сторону дробові частини, що перевищують 0,5.

Подібним же чином, приймаючи, що кольорорізницеві сигнали повинні займати 255(8-бітових) або 897(10-бітових) рівнів і що нульовим рівнем має бути рівень 128,00_d, десяткові значення квантованих кольорорізницевих сигналів, C_R і C_B , складають:

$$C_R = \text{round}\{(224E'_{C_R} + 128) \times D\} / D$$

$$C_B = \text{round}\{(224E'_{C_B} + 128) \times D\} / D$$

У Рекомендації ІТУ-Р ВТ.601 визначено такі члени сімейства систем ТБСЧ:

- ❖ 4:2:2 для систем з форматом зображення 4:3 і для широкоекранних систем з форматом зображення 16:9, коли необхідно зберегти однаковими ширину смуги аналогового сигналу і швидкість передачі цифрового потоку для обох форматів;

- ❖ 4:4:4 для систем з форматом зображення 4:3 і 16:9 з більш високою колірною роздільною здатністю.

Визнано, що зараз іноді використовується практика, відповідно до якої, якщо створювана у форматі ТБВЧ програма виходить у форматі ТБСЧ, то її схема розміщення елементів зображення перетвориться на схему для ТБСЧ, при цьому колориметрія початкової програми не змінюється.

Для стандартів 4:4:4 сімейства сигнали, що їх дискретизують, можуть бути сигналами яскравості та кольорорізницевими сигналами (або сигналами червоного, зеленого і синього, якщо вони використовуються).

Характеристики систем ТБВЧ з кількістю активних рядків розгортки 1080 визначено в Рекомендації ІТУ-Р ВТ.709 [7.6], частині 2. У рекомендації визначено загальний формат зображення (CIF), для якого загальні для систем ТБВЧ параметри не залежать від частоти зображень. Визначено такі значення частоти зображень: 60, 50, 30, 25 і 24 Гц. Для частот 60, 30 і 24 Гц також визначено значення частоти, отримані діленням цих частот на 1,001.

Зображення визначено для випадків прогресивної (P) і черезрядкової (I) розгортки в процесі зйомки. Зображення, отримані в процесі зйомки з прогресивною розгорткою (прогресивна структура зображення), може бути передано в режимі

прогресивної структури або в режимі сегментованого кадру з прогресивною структурою (PsF). Зображення, отримані в процесі зйомки з черезрядковою розгорткою, може бути передані в режимі черезрядкової розгортки (I).

Таким чином, визначено такі комбінації частот і структури зображень:

Система	Зйомка (Гц)	Передавання
60/P	60 – прогресивна структура	Прогресивна структура
30/P	30 – прогресивна структура	Прогресивна структура
30/PsF	30 – прогресивна структура	Сегментований кадр
60/I	30 – черезрядкова структура	Черезрядкова структура
50/P	50 – прогресивна структура	Прогресивна структура
25/P	25 – прогресивна структура	Прогресивна структура
25/PsF	25 – прогресивна структура	Сегментований кадр
50/I	25 – черезрядкова структура	Черезрядкова структура
24/P	24 – прогресивна структура	Прогресивна структура
24/PsF	24 – прогресивна структура	Сегментований кадр

У випадках, коли зображення отримане в результаті зйомки з прогресивною розгорткою і передається як сегментований кадр або сигнал сегментованого кадру обробляється в прогресивному форматі, необхідно дотримуватися таких правил (рис. 7.8):

- ⇒ нумерація рядків від верхньої до нижньої межі кадру має бути послідовною;
- ⇒ активні рядки 1 і 1080 зображень з прогресивною структурою повинні відповідати рядкам 42 і 1121 цілого кадру із загальним числом рядків 1125;
- ⇒ непарні активні рядки зображення з прогресивною структурою;
- ⇒ (1, 3, ... 1079) повинні відповідати рядкам від 211 до 560 для інтерфейсу із сегментацією кадру;
- ⇒ парні активні рядки зображення з прогресивною структурою (2, 4, ... 1080) повинні відповідати рядкам від 584 до 1123 для інтерфейсу із сегментацією кадру.

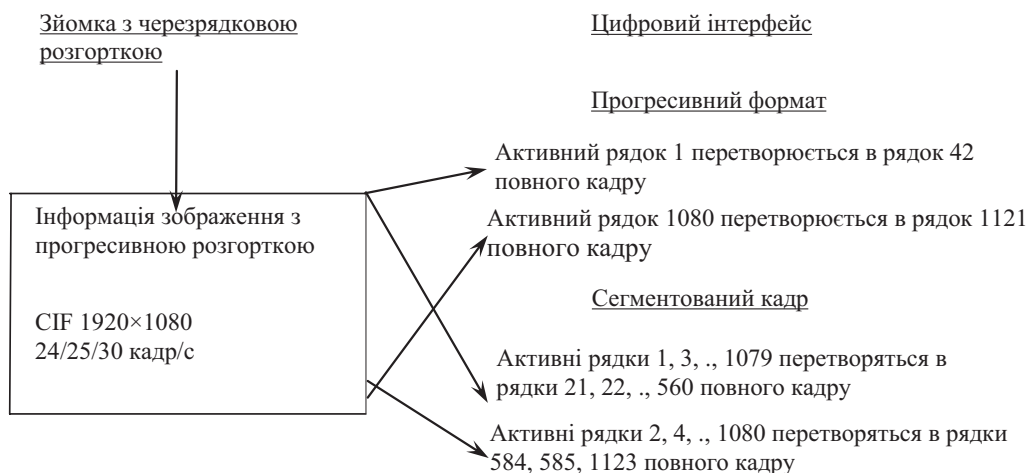


Рис. 7.8. Перетворення зображень з прогресивною структурою для передавання через цифрові інтерфейси системи передавання з прогресивною структурою зображень і сегментацією кадрів

У разі дотримання цих правил нумерація рядків у системі з передаванням сегментованих кадрів збігається з нумерацією при передаванні зображень з черезрядковою структурою.

Початковими в системах ТБВЧ є сигнали основних кольорів E_R , E_G , E_B та одержані з них гама-кореговані сигнали E'_R , E'_G , E'_B . Основні характеристики і формат цих сигналів подано в *табл. 7.2* та *7.3*.

Таблиця 7.2

**Характеристики оптикоелектронного перетворення
в системах ТБВЧ**

Параметр	Параметри системи									
	60/P	30/P	30/PsF	60/I	50/P	25/P	25/PsF	50/I	24/P	24/PsF
Характеристики оптикоелектронного перетворення перед нелінійним перетворенням	Передбачають лінійними									
Загальні характеристики оптикоелектронного перетворення в джерелі	$V = \begin{cases} 1,099 \cdot L^{0,45} - 0,099 & \text{для } 0,018 \leq L \leq 1 \\ 4,500 \cdot L & \text{для } 0 \leq L \leq 0,018 \end{cases}$ <p>де: L – яскравість зображення, $0 \leq L \leq 1$ V – відповідний електричний сигнал</p>									
Координати колірності (МКО 1931)	x					y				
Первинний колір: – червоний (R) – зелений (G) – синій (B)	0,640					0,330				
	0,300					0,600				
	0,150					0,060				
Передбачувана колірність рівносигнального білого	D65									
	x					y				
$E_R = E_G = E_B$	0,3127					0,3290				

Для форматів 60/P та 50/P передбачена частота дискретизації сигналу яскравості 148,5 МГц, для всіх інших форматів – 74,25 МГц.

Характеристики систем ТБВЧ з порядковою розгорткою та кількістю активних рядків 720 визначено в Рекомендаціях ІТУ-Р ВТ.1543 [7.4] для частоти кадрів 60 Гц та ВТ.1847 [7.5] для частоти 50 Гц. Використовується частота дискретизації сигналу яскравості 74,25 МГц. Характеристики оптикоелектрон-

ного перетворення і формат сигналів такі самі, як для систем з кількістю рядків 1080.

Таблиця 7.3

Формат сигналів

Параметр	Значення									
	60/P	30/P	30/PsF	60/I	50/P	25/P	25/PsF	50/I	24/P	24/PsF
Рівняння для сигналу яскравості E'_Y	$E'_Y = 0,2126 E'_R + 0,7152 E'_G + 0,0722 E'_B$									
Рівняння для кольорорізницевих сигналів	$E'_{CB} = \frac{E'_B - E'_Y}{1,8556} = \frac{-0,2126 E'_R - 0,7152 E'_G + 0,9278 E'_B}{1,8556}$ $E'_{CR} = \frac{E'_R - E'_Y}{1,5748} = \frac{0,7874 E'_R - 0,7152 E'_G - 0,0722 E'_B}{1,5748}$									
Квантування сигналу яскравості та кольорорізницевих сигналів	$D'_Y = \text{ROUND}[(219 E'_Y + 16) \cdot 2^{n-8}]$ $D'_{CB} = \text{ROUND}[(224 E'_{CB} + 128) \cdot 2^{n-8}]$ $D'_{CR} = \text{ROUND}[(224 E'_{CR} + 128) \cdot 2^{n-8}]$									
n – розрядність коду квантованого сигналу										

Характеристики систем ТБНВЧ визначено в Рекомендації ITU-R BT2020 [7.7]. У табл. 7.4 та 7.5 подано просторові та часові характеристики зображення. У табл. 7.6 подано колориметричні характеристики системи. У табл. 7.7 подано формат сигналу.

Таблиця 7.4

Просторові характеристики зображення

Параметр	Значення	
Співвідношення сторін зображення	16:9	
Кількість елементів зображення	7 680 × 4 320	3 840 × 2 160
Решітка дискретизації	Ортогональна	
Співвідношення сторін елемента зображення	1:1	

Таблиця 7.5

Часові характеристики зображення

Параметр	Значення
Частота кадрів (Гц)	120, 60, 60/1.001, 50, 30, 30/1.001, 25, 24, 24/1.001
Структура розгортки	Прогресивна

Колориметричні характеристики системи

Таблиця 7.6

Параметр	Значення		
Характеристики оптоелектронного перетворення перед нелінійним перетворенням	Передбачають лінійними		
Первинні кольори та опорний білий колір ¹	Координати колірності (CIE, 1931)	x	y
	Червоний первинний колір (R)	0.708	0.292
	Зелений первинний колір (G)	0.170	0.797
	Синій первинний колір (B)	0.131	0.046
	Опорний білий колір (D65)	0.3127	0.3290

Формат сигналів у системі ТБНВЧ

Таблиця 7.7

Параметр	Значення	
Формат сигналу	$R'G'B'$ ¹	
	Виконання принципу постійної яскравості $Y'C'_{BC}C'_{RC}$ ²	Невиконання принципу постійної яскравості $Y'C'_{BC}C'_R$ ³
Нелінійна характеристика передачі	$E' = \begin{cases} 4,5E, & 0 \leq E < \beta \\ \alpha E^{0,45} - (\alpha - 1), & \beta \leq E \leq 1 \end{cases}$ <p>де E – напруга, нормалізована відносно рівня опорного білого і пропорційна інтенсивності світла, яка може бути визначена опорними каналами R, G, B камери; E' – вислідний нелінійний сигнал.</p> <p>$\alpha = 1,099$ та $\beta = 0,018$ для системи з десятибітовим кодуванням $\alpha = 1,0993$ та $\beta = 0,0181$ для системи з дванадцятибітовим кодуванням</p>	
Формули для Y'_C та Y'	$Y'_C = (0,2627R + 0,6780G + 0,0593B)'$	$Y' = 0,2627R' + 0,6780G' + 0,0593B'$
Формули для кольорорізницевих сигналів	$C'_{BC} = \begin{cases} \frac{B' - Y'_C}{1,9404}, & -0,9702 \leq B' - Y'_C \leq 0 \\ \frac{B' - Y'_C}{1,5816}, & 0 < B' - Y'_C \leq 0,7908 \end{cases}$ $C'_{RC} = \begin{cases} \frac{R' - Y'_C}{1,7184}, & -0,8592 \leq R' - Y'_C \leq 0 \\ \frac{R' - Y'_C}{0,9936}, & 0 < R' - Y'_C \leq 0,4968 \end{cases}$	$C'_B = \frac{B' - Y'}{1,8814}$ $C'_R = \frac{R' - Y'}{1,4746}$

Примітки:

¹ $R'G'B'$ можуть бути застосовані для обміну програмами, якщо найбільш важливо виробництво програм найвищої якості.

² Принцип постійної яскравості ($Y'_C C'_{BC} C'_{RC}$) може бути реалізовано, коли найважливіше – найбільш коректне передавання яскравісної інформації, але коли буде очікувано використання підвищеної ефективності кодування для передавання (див. Звіт ITU-R BT.2246 [7.10]).

³ Звичайний режим, коли не реалізується принцип постійної яскравості ($Y'C'_{BC}C'_R$), може бути реалізовано, коли найважливіша – звичайна практика роботи мовленнєвого тракту така, як прийнята для середовищ ТБСЧ та ТБВЧ (див. Звіт ITU-R BT.2246 [7.10]).

Вимоги до характеристик систем СТБВЧ визначено в Рекомендації ITU-R BT.2024 [7.8]. У рекомендації визначено системи виробництва та міжнародного обміну програмами 3DTV, які слід застосовувати у світі. У рекомендації визначено:

1 – для виробництва та міжнародного обміну програмами 3DTV слід використовувати системи ТБВЧ 1920×1080, визначені в частині 2 Рекомендації ITU-R BT.709;

2 – сітка дискретизації, яку будуть, звичайно, застосовувати для програм мовлення 3DTV, має відповідати формату дискретизації 4:2:2, причому сітку, що відповідає формату дискретизації 4:4:4 (R,G,B.), можна використовувати в процесі виробництва, разом із процесом комплексного оброблення;

3 – переважна розрядність кодування для 3DTV може бути 10 біт/елемент зображення;

4 – зображення L та R стереопари 3DTV слід застосовувати як два зображення з високою чіткістю 1920×1080 з такою самою структурою елементів зображення і такою самою частотою зображень;

5 – взаємна синхронізація зображень L та R у точці обміну програмами має бути реалізована із задовільною точністю і дозволяти в обладнанні ТВ тракту повторну синхронізацію для відтворюваних кадрів;

6 – вибір параметрів зображення серед визначених у цій Рекомендації має бути внесено в метадані, що передаються паралельно із зображеннями.

Принципи побудови та характеристики відеоінформаційних систем надано у Звіті ITU-R BT.2249 [7.11].

Термін «відеоінформаційні системи» (ВІС) стосується багатofункціональних інтерактивних систем, що забезпечують високоякісне відтворення відеоінформації на екранах із варійованими розмірами в густонаселених місцях як у відкритих (парки, вулиці, стадіони тощо), так і закритих місцях (зали, торгові центри, станції метро тощо).

Люмінесцентні екрани ВІС можуть працювати при денному світлі та в темряві, за будь-якої погоди і за різних кліматичних умов. Таким чином, ВІС вносять новий зміст в концепцію «позастудійне телевізійне мовлення» з використанням фрагментів звичайних ТВ програм, виробництвом програм, що створюються спеціально для такого представлення, служби попередження, реклами і, загалом кажучи, будь-яких інших служб, що використовують відтворення відеоінформації для спостереження за згаданих умов.

7.2. Мовленнєві тракти й обладнання

Загальні положення

Наскрізний тракт мовлення охоплює все коло передавання сигналу від джерела сигналу до відтворювального пристрою та охоплює дві складові системи мовлення: систему виробництва мовленнєвих програм і власне систему мовлення.

Широке коло питань, які стосуються побудови систем і трактів цифрового мовлення, опубліковано в літературі [7.12–7.18], де висвітлюються принципи побудови і основні характеристики мовленнєвих трактів та обладнання.

Сучасні тракти мовлення базуються на використанні цифрових технологій. У мережах цифрового передавання сигнали не супроводжуються накопиченням спотворень. Основним чинником є накопичення помилок бітів, залежне від використовуваних методів каналного кодування та методів модуляції. На результуючу якість передавання мовленнєвих сигналів впливають алгоритми роботи і параметри

кодеків, використовуваних на окремих ділянках мовленнєвих трактів. Важливою перевагою використання цифрових технологій є можливість прогресу аудіо-візуальних систем незалежно від використовуваних систем мовлення.

З точки зору вирішуваних завдань і вимог до частин мовленнєвого тракту, мережі можна розділити на два класи:

- мережі системи доставки програмних матеріалів, що входять до системи виробництва програм;
- мережі системи розподілу програм, що входять до складу власне системи мовлення.

Мережа доставки програмних матеріалів – це мережа, що входить до мережевої структури програмного виробництва, яка вимагає високоякісної обробки зображень і звуку (наприклад, мережа зв'язку між студіями).

Розподільна мережа є мережею, на кінці якої, ймовірно, буде обмежена або взагалі не потрібна висока якість оброблення зображень (наприклад, лінія зв'язку між студією та передавачем).

Побудову мережі мовлення показано на **рис. 7.9** [7.18].

Доставляння ТВ матеріалів охоплює різні елементи:

- ♦ розподіл усередині студії – висока якість передавання відео- та аудіоматеріалів, що підходять для дальшого оброблення;
- ♦ доставляння між студіями;
- ♦ доставляння репортажних матеріалів електронними та супутниковими системами збирання новин (ENG/SNG).

Систему передавання мовленнєвих програм можна поділити на такі дві складові:

⇒ систему первинного розподілу: лінії зв'язку, що передають сигнали програм мовлення на передавальні станції (наземні передавачі, головні станції кабельного телебачення та супутникові лінії вгору) зі студії, можливо, через центр комутації;

⇒ систему вторинного розподілу: лінії зв'язку, що виходять від головної станції кабельного телебачення, лінії від супутника, та ін.

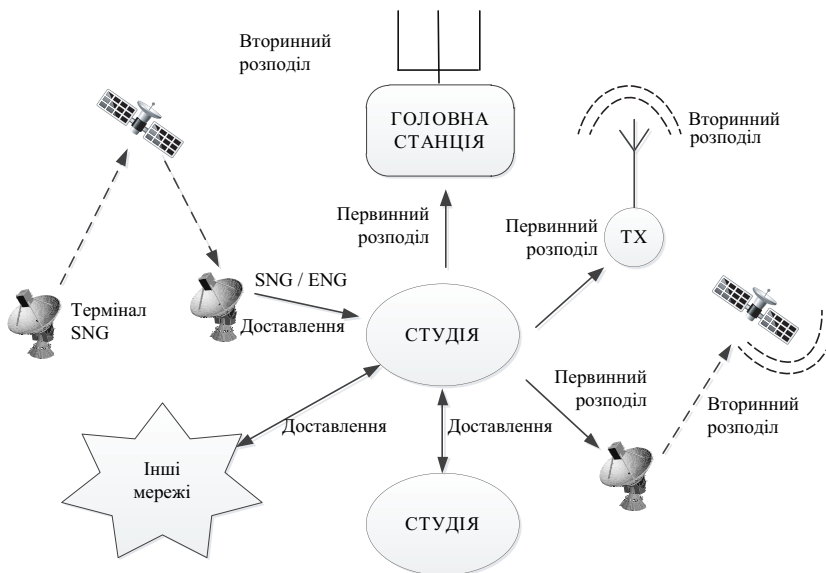


Рис. 7.9. Мережі доставляння програмних матеріалів і розподільні мережі

Структура цифрового мовленнєвого тракту

Мовленнєві сигнали надають у цифровій формі для отримання притаманної їм якості й відсутності погіршення під час копіювання та передавання даних. Цифровий мовленнєвий сигнал зазвичай є стиснутим для підвищення ефективності передавання та зберігання. Структурну схему оброблення зі стисненням і передавання мовленнєвих сигналів зображено на **рис. 7.10**.

У *табл. 7.8* наведено деякі приклади значень швидкості цифрового потоку нестисненого сигналу систем ТВ мовлення, з якого видно, що ця швидкість може бути величезною, і тому використання стиснення є необхідним.

Формат студійного цифрового ТВ сигналу та його передавання для стандартів ТВСЧ та ТВВЧ має відповідати Рекомендаціям ITU-R BT.656, ITU-R BT.799 та ITU-R BT.1120 для послідовних інтерфейсів. Формат 24-бітового звукового сигналу має відповідати Рекомендації ITU-R BT.1365. Формат кодованих зі стисненням ТВ сигналів має відповідати Рекомендаціям ITU-R BT.1381, ITU-R BT.1577 та ITU-R BT.1578. Після того як здійснено виробництво програми, телевізійний сигнал може бути стиснуто та оброблено на системному рівні для зберігання, ефективного передавання та розподілу всередині студії. Як правило, це стиснення – MPEG-2/MPEG-4, у результаті чого може бути отримано транспортний потік MPEG, який може бути мультимплексовано з іншими транспортними потоками MPEG.

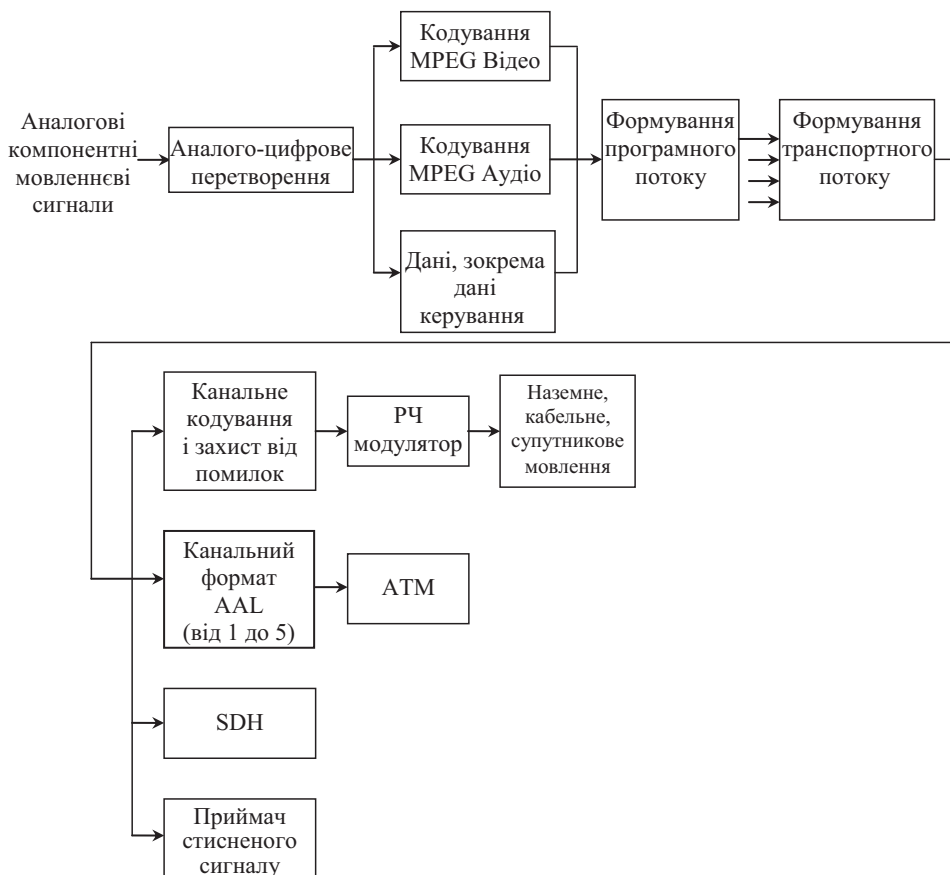


Рис. 7.10. Оброблення і передавання стиснених сигналів мовлення

Для передавання стиснених телевізійних сигналів може бути використано декілька методів телекомунікаційного транспортування. Синхронна цифрова ієрархія (SDH) являє собою набір стандартів, який уможливило передавання потоків даних із синхронним мультиплексуванням на високій швидкості зв'язку. SDH може безпосередньо здійснювати передавання транспортного потоку MPEG-2 з простим форматуванням даних, хоча на цей час немає відповідних стандартів.

Стандарт MPEG-2 забезпечує сумісність із механізмами транспортування АТМ. Для цього застосовують спеціальний шар адаптації АТМ (AAL від 1 до 5) для відображення 188-байтових пакетів транспортного потоку MPEG у 53-байтові пакети АТМ. Системи цифрового телевізійного (Digital Video Broadcasting, DVB) та мультимедійного мовлення охоплюють методи радіочастотного (РЧ) наземного, кабельного та супутникового передавання даних транспортного потоку MPEG. Стандарти цифрового звукового мовлення в основному розраховані на передавання транспортного потоку MPEG у наземному середовищі.

Таблиця 7.8

Приклади швидкості цифрового потоку вхідного сигналу

Система	Сигнали	Формат дискретного представлення	Розрядність +/-	Швидкість цифрового потоку, Мбіт/с
ТБСЧ [7.2.2] 720×576/50/I	Y, C_R, C_B	4:2:2	8	216,0
			10	270,0
	R, G, B	4:4:4	8	324,0
			10	405,0
ТБВЧ [7.2.3, 7.2.4] 1280×720/60/P 1280×720/50/P	Y, C_R, C_B	4:2:2	8	1188,0
			10	1485,0
	R, G, B	4:4:4	8	1336,5
			10	2227,5
ТБВЧ [7.2.5] 1920×1080/50/I	Y, C_R, C_B	4:2:2	8	1188,0
			10	1485,0
	R, G, B	4:4:4	8	1336,5
			10	2227,5
ТБВЧ [7.2.5] 1920×1080/50/P	Y, C_R, C_B	4:2:2	8	2376,0
			10	2970,0
	R, G, B	4:4:4	8	3564,0
			10	4455,0

Відеосигнал з якістю доставляння програмних матеріалів є необхідним у разі, якщо планується дальша обробка нестисненого відеоматеріалу. У цьому разі є необхідними швидкості цифрового потоку від 10 до 15 Мбіт/с для ТБСЧ і від 21 до 52 Мбіт/с для ТБВЧ.

Якість зображення для розподілу відеопрограм до будівель користувачів може відповідати діапазону швидкостей від 2 до 8 Мбіт/с для телебачення стандартної чіткості (ТБСЧ) і від 8 до 20 Мбіт/с для телебачення високої чіткості (ТБВЧ).

До систем зв'язку може бути застосовано інструмент багаторівневого аналізу, тобто еталонну модель взаємодії відкритих систем (OSI), визначену в стандарті ISO/IEC 7498-1. У *табл. 7.9* наведено відображення семишарового стандарту стосовно передавання мовленнєвих сигналів [7.18].

Таблиця 7.9

Семишарова еталонна модель взаємодії відкритих систем ISO

Шар	Традиційне визначення	Передавання мовленнєвих програм	Приклад реалізації
Прикладний	Визначає користувач	Виробництво програм, ефекти, запис, доставляння програмних матеріалів, розподіл програм	Список відтворення
Представницький	Перетворення даних	Кодування сигналу, стиснення, файлові системи	Шифрування, кодування зі стисненням за стандартами MPEG -2/MPEG-4
Сеансовий	Керування з'єднанням	Контроль, керування доступом	Стандарт MPEG Системи
Транспортний	Управління наскрізним трактом	Мультиплексування / демюльтиплексування, якість обслуговування, синхронізація	Транспортний потік MPEG-2
Мережний	Управління фрагментами мережі	Маршрутизування, перемикання, мережні протоколи	Комутація
Канальний	Обробляння помилок і синхронізація	Виявлення / корекція помилок, підтвердження приймання, формування кадрів	Синхронізація SDI
Фізичний	Механічні, електричні, функціональні аспекти	Рівні сигналу, повні опори, конвектори, джиттер	Вита пара, коаксіальний кабель, оптоволоконний кабель, радіо

Системи та технології виробництва мовленнєвих програм

Для професійного виробництва становить інтерес швидкість близько 20 Мбіт/с і вище. Коли сигнал не стиснено, для систем різних рівнів застосовують швидкість згідно з табл. 7.8. Кожен процес, буфер або кремнієвий чіп, через який проходить сигнал, повинні бути в змозі підтримувати ці швидкості. Це також

означає, що ємність зберігання для повнометражних фільмів поширюється на сотні і тисячі гігабайт.

Телевізійні сигнали на теперішній час обробляють за процедурами реального та нереального часу. Якщо сигнал передають або подають у режимі реального часу, середня затримка між стороною призначення і передавальною стороною повинна бути сталою, і зміни затримки (джиттер) мають бути досить малими, щоб не спричиняти пропущення телевізійних кадрів, замороження зображення, втрат або дублювання зображень. У разі якщо передавання сигналу не в реальному часі, воно все одно має бути синхронним із джерелом інформації і уможливлювати правильне відновлення вихідної інформації.

Категорії алгоритмів стиснення для відеосигналів наведено в *табл. 7.10*. Важливо, що наскрізні втрати не мають бути перебільшені через невідповідність двох варіантів стиснення. Доступні мережні інтерфейси мають відповідати категоріям, наведеним в *табл. 7.10* [7.12].

Таблиця 7.10

Категорії цифрового стиснення відеосигналу

Категорія	Швидкість цифрового потоку	Основні застосування
Лінійне	140/155 Мбіт/с	Доставляння програмного матеріалу, виробництво програм
Середнє стиснення	34/45 Мбіт/с	Доставляння програмного матеріалу, первинний розподіл
Максимальне стиснення	2–8 Мбіт/с	SNG, вторинний розподіл

Для студійних операцій виробництва і поствиробництва найвищої якості надзвичайно бажані цифрові взаємоз'єднання таких модулів, як стрічкові або оптичні плеєри/рекордери, дискові рекордери, відео/аудіосервери, кодеки, аудіо/відео-процесори та робочі станції, щоб уникнути погіршення у зв'язку з багатократним перетворенням і фільтруванням. Є два типи стандартів цифрового відеоз'єднання: паралельне і послідовне. При паралельному з'єднанні використовують 25-провідний багатожильний кабель і 25-контактні роз'єми. Для побітового перенесення інформації необхідна одна пара проводів. У одній парі проводів також передають сигнали системного годинника.

У системі ТБСЧ у структурі дискретизації 4:2:2 відповідно до Рекомендації ITU-R BT.601 сигнал яскравості дискретизують із частотою 13,5 МГц, а два кольорорізницевого сигнали дискретизують із частотою, яка дорівнює половині цієї частоти. Кодування сигналів здійснюють з розрядністю 8 або 10 біт. Повний цифровий відеосигнал ТБСЧ може бути переданий паралельним потоком даних частотою 27 МГц. Для коротких відстаней такий підхід являє собою оптимальне рішення. Допустима відстань до 50 м. За межами цієї відстані дані і відповідна інформація годинника починає «спотворюватись» у часі через відмінності їх частотно-го контенту. Сигнал синхронізації та дані надходять у різний час, що призводить

до помилок у даних. Крім того, кабель і з'єднувачі є фізично великими, їх важко застосовувати в обладнанні великого об'єму і дорого реалізувати. Відповіддю на ці проблеми є послідовне з'єднання. Усі цифрові відліки зсувають у регістрі, застосовуючи частоту в 10 разів більшу тактової частоти паралельного з'єднання, як показано на **рис. 7.11**. Коли ми перетворюємо у послідовну форму сигнал ТБСЧ з тактовою частотою 27 МГц у застосуваннях з 10-розрядною довжиною слова, у результаті швидкість передавання послідовних даних становить 270 Мбіт/с.



Рис. 7.11. Послідовний передавач

У послідовному інтерфейсі SDI для ТБСЧ визначено тактову частоту 270 МГц, і це уможливорює використання коаксіального кабелю довжиною до 200 метрів або одномодового оптичного волокна довжиною до 20 км. Хоча SDI є прийнятним способом передавання сигналу основної смуги послідовного цифрового відеосигналу між обладнанням, що відповідає Рекомендації ITU-R BT.601, сигнали стиснутого відеосигналу бажано передавати у форматі цифрового потоку. Одне з можливих рішень – це є послідовний цифровий інтерфейс даних (SDDI). Його призначено використовувати для транспортування пакетованих даних у середовищі студії/центру виробництва програм. SDDI може передавати множини стиснених відеосигналів єдиною лінією SDI.

Світ телекомунікацій і комп'ютерів має велику кількість методів реалізації високошвидкісних послідовних мереж.

Плезіохронна цифрова ієрархія (PDH) є специфікацією набору цифрових потоків, які передаються, організованих ієрархічно (*табл. 7.11*). Використання PDH як середовища для передавання відеосигналів має свої недоліки. Для цього необхідно виконувати повне демультимплексування і мультимплексування всієї ієрархії для того, щоб вибрати або вставити деяку інформацію в потік даних. Структура мультимплексорів ускладнює вимірювання характеристик мережі та керування віддаленими елементами мережі.

Синхронна цифрова ієрархія (SDH), також відома як SONET у США, пропонує низку важливих поліпшень. Вона являє собою прозору багатоцільову транспортну мережу, на якій може бути засновано різні послуги. SDH працює на декількох фіксованих швидкостях передавання даних: 51,84 Мбіт/с (так званий модуль синхронної передачі STS-1), 155,25 Мбіт/с (STS-3) і 622,08 Мбіт/с (STS-12). Завдяки функціям керування окремі маршрути можна контролювати, і за потреби маршрут може бути переспрямовано. SDH є основою структури, на якій може бути змонтовано інші системи. З них до найважливіших можна віднести АТМ.

АТМ є протоколом, який ставить пакет корисного навантаження у 53-байтові комірки і має наскрізне адресування (віртуальних шляхів і віртуальних каналів). Протокол характеризується технологіями комутації кіл і змінною пропускну

здатністю. Фіксовані комірки полегшують змішування різних застосувань, дозволяють прогнозувати затримки в мережі і включити трафік від різних джерел до кількох різних місць призначення. ATM є тільки протоколом, а не системою передавання – він потребує фізичного рівня, щоб передавати дані. Інтерфейс ATM, як правило, є інтерфейсом SDH або, можливо, інтерфейсом E-3/T-3. Деякі швидкості передавання даних інтерфейсами ATM наведено в *табл. 7.12*.

Таблиця 7.11

Європейська та американська плезіохронні цифрові ієрархії

Європа		США	
DS0	– 64 кбіт/с	DS0	– 64 кбіт/с
30×DS0 → E1	– 2,048 Мбіт/с	24×DS0 → DS1 або T-1	– 1,544 Мбіт/с
4×E1 → E2	– 8,448 Мбіт/с	4× T1 → DS2 або T-2	– 6,312 Мбіт/с
4×E2 → E3	– 34,368 Мбіт/с	7× T2 → DS3 або T-3	– 44,376 Мбіт/с
4×E3 → E4	– 139,264 Мбіт/с	6× T3 →	274,176 Мбіт/с *
4×E4 → E5	– 565,148 Мбіт/с		
* Швидкість не визначено ІТУ			

Таблиця 7.12

Швидкості передавання даних інтерфейсами ATM

Тип	Швидкість передавання даних (Мбіт/с)	Фізичне середовище
SONET 12	622,08	Оптичний кабель
SONET STS-3	155,52	Оптичний/коаксіальний кабель
SONET STS-1	52,84	UTP
Базований на комірках	155,52	Оптичний кабель/STS/UTP
Базований на комірках	100	Оптичний кабель
UTP – неекранована вита пара		
STP – екранована вита пара		

Кодер MPEG-2/MPEG-4 спочатку стискає дані від джерел зі швидкостями потоку нестиснутих даних, починаючи з 270 Мбіт/с, а потім використовує свій власний визначений транспортний рівень, щоб транспортний потік постійної швидкості (Constant сформувавши bit Rate, CBR), що складається з 188-байтових пакетів вхідного матеріалу. Шар адаптації ATM (AAL) забезпечував перетворення між 188-байтовими пакетами MPEG і 53-октетними комірками. Для різних типів трафіка ATM існують різні версії цього шару, один з яких, стандартизований для CBR MPEG-2 відео, називається AAL-5. Комірками ATM можуть бути упаковані в

контейнер SDH. Це лише один із способів транспортування комірок ATM. Альтернативний інтерфейс – «базований на комірках», в якому комірки безпосередньо відображають на фізичний рівень. Перевага інтерфейсу SDH полягає в тому, що комірки готові, щоб вийти з локальної мережі (Local Area Network, LAN) і перейти у глобальну мережу (Wide Area Network, WAN). Сьогодні фактично немає обмеження в тому, наскільки далеко ці сигнали можуть бути передано. Замість того, щоб обслуговувати тільки один або декілька комплексів виробництва програм в одній будівлі, сигнали можуть бути передані в межах міста або в масштабах всієї країни.

Передавання закодованих компонентів сигналів цифрового телебачення для застосувань з якістю доставляння відеосигналу зі швидкостями близько 140 Мбіт/с визначено у Рекомендації ITU-T J.80, схему кодування за якою призначено для доставляння телевізійних сигналів із черезрядковою розгорткою за Рекомендацією ITU-R BT.601, спрямованого на дуже високу якість (практично без втрати якості). Рекомендація ITU-T J.81 визначає цифрове кодування компонентних телевізійних сигналів для застосувань з якістю доставлення відеосигналу зі швидкостями цифрового потоку в діапазоні 34–45 Мбіт/с. Така якість зображення є достатньою для обмежених цілей пост-виробництва (див. табл. 7.12). Комп'ютерний світ пропонує безліч мережних технологій. Більшість з них є занадто повільними, щоб бути корисними для передавання відеоданих. Проте більш пізні стандарти забезпечують принаймні основну швидкість передачі даних у 100 Мбіт/с. Прикладами є цифровий інтерфейс волоконного розподілу (Fibre Distributed Digital Interface, FDDI), що працює зі швидкістю 100 Мбіт/с, та Ethernet, що працював спочатку зі швидкістю 10 Мбіт/с, а тепер доступний зі швидкістю 100 Мбіт/с. Більшість з цих мереж не забезпечують легкого доступу в режимі реального часу.

Найбільш поширеними функціями, необхідними користувачам цифрового контенту в межах виробничого об'єкта, є передавання файлами та потокове передавання (відтворення контенту). Це означає середовище мережі локальної території. Мережі великої території надають можливість включення віддалених пристроїв зберігання в логічний кластер (розподілене відеовиробництво). Хоча технологія мережного і комп'ютерного секторів є корисною для переміщення цифрових файлів, переміщення цифрового програмного відео/аудіоматеріалу в кадрі, синхронізоване з фіксованою затримкою в режимі реального часу з невеликими втратами або без втрат, є невідповідною концепцією для більшості користувачів мереж і комп'ютерів.

Передавання файлами є передавання будь-яких даних, загорнутих у відому оболонку. Оболонки використовують для групування та маркування програмного матеріалу та відповідної інформації. Матеріал програми та відповідну інформацію називають контентом. Оболонки призначено для використання у зв'язуванні фізичних середовищ для потокового передавання вмісту через взаємні з'єднання і збереження контенту у файлових системах і серверах.

Два основні методи передавання даних:

- ⇒ методи гарантованого передавання «File Transfer»;
- ⇒ методи передавання обмеженої якості, передавання контенту цифровим потоком («Content Play»). Цифровий контент може бути передано за допомогою потокового передавання зі службового пристрою з вибраними користувачем швидкостями корисного навантаження в режимі реального часу або в режимі повільніше/швидше за реальний час.

Гарантована доставка означає, що все корисне навантаження буде досягати пункту призначення без бітових помилок за бітами, без блокування та руйнування фізичного зв'язку. Термін «обмежена якість» використовується для методу передавання даних, який призначено для переміщення корисного навантаження від джерела до одержувача, але без безумовно визначеного насправді гарантованого доставляння.

Чистому передаванню файлами повинні відповідати такі мінімальні вимоги користувача: необхідність безпомилкового передавання; двосторонній зв'язок між відправником та одержувачем; має бути підтримано передавання файлів «якомога швидше» (AFAP – «as fast as possible»); потрібні малі та великі швидкості передавання; доступ до файлів і керування доступом; LAN і WAN, які обумовлюють підтримання маршрутизованого мережного шару, наприклад, Інтернет-протоколу; передавання від точки до точки, від точки до багатьох точок. На теперішній час не існує одного доступного перевіреного методу передавання файлів, що здатний задовольнити всім вимогам користувачів. До деяких можливих технологій належать такі: протокол передавання файлів (FTP), експрес-транспортний протокол (ХТР), передавання оптоволоконним каналом (FC) та мережною файловою системою (NFS). На рис. 7.12 показано приклади різноманітного застосування технології передавання/доступу файлів.

Потокове передавання відеоданих має відповідати спеціальним вимогам користувача стосовно відтворення відеоінформації, аудіоінформації, даних тощо в середовищі виробництва телевізійних програм. Оскільки повторне пересилання відеоданих (та, як результат, затримка) викликає спотворення даних, яке не можна виправити, можуть бути прийняті деякі помилки, і не слід використовувати зворотний канал. Іншими важливими унікальними вимогами до виробництва телевізійних програм є такі: обмежена якість програм через обмежену якість роботи лінії зв'язку; непотрібний режим AFAP; можливість використання швидкості потокового передавання в реальному часі або передавання швидше чи повільніше за передавання в реальному часі, що є режимом передавання за замовчуванням; лінії зв'язку мають бути односпрямованими за природою; потрібні керування доступом до файлів та контроль доступу; приймачі можна «підключати» до потоку в будь-який час без необхідності починати з початку передачі; передачі з точки в багато точок є загальними. Передавання відеоінформації в середовищах виробництва і розподілу може бути розділено на дві основні категорії:

♦ загальне використання – потокове передавання за IP-протоколом, ATM через різноманіття фізичних шарів, SDI/SDDI;

♦ спеціальне використання – IEEE 1394, T1, T3, E1, E3, DVB, FC.

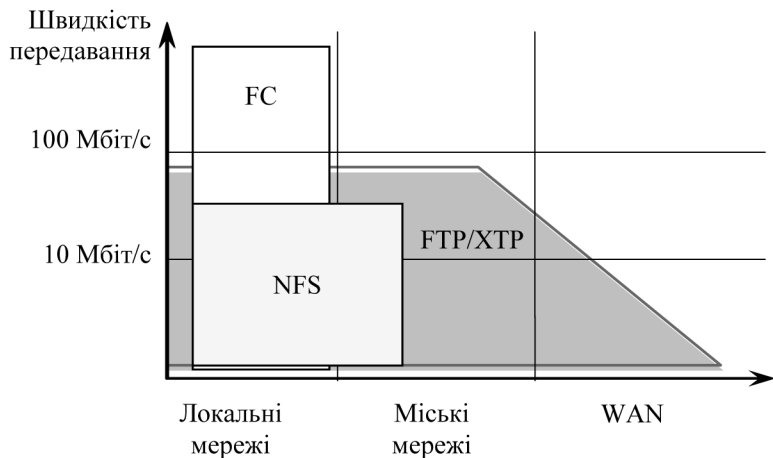


Рис. 7.12. Застосування, пов'язані з передаванням файлів

На рис. 7.13 зіставлено прикладні області з технологіями потокового передавання. SDI, звичайно, обирають як основний шлях потокового передавання відео-контенту. ATM може використовуватися для з'єднання засобів виробництва, але його рідше використовують у студійному середовищі. Потокове передавання аудіоінформації/відеоінформації не є достатньо досконалим, щоб його використовували як переважне.

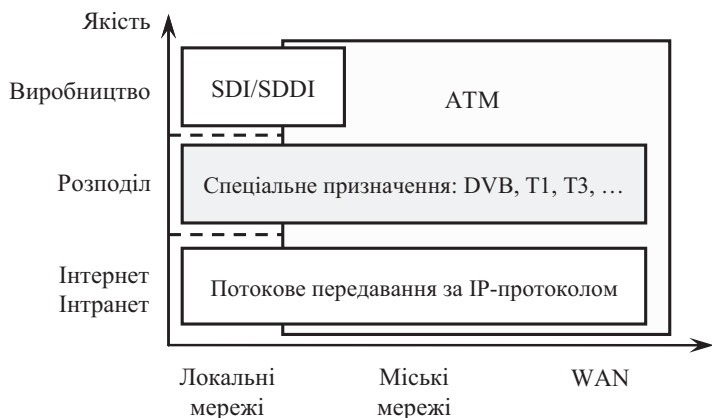


Рис. 7.13. Застосування, пов'язані з потоковим передаванням

Системи та технології цифрового мовлення

Основною системою цифрового мовлення, прийнятою в Європі для впровадження, є система DVB.

Основні принципи та вимоги до засобів і технологій цифрового мовлення визначено в системі стандартів системи DVB [7.19, 7.20]. Хоча ця система в багатьох документах розглядається як система цифрового телевізійного мовлення, вона насправді є також системою звукового та мультимедійного мовлення, що здатна здійснювати мовлення даних, які містять інформацію будь-яких застосувань.

Основними системами цифрового звукового мовлення є системи T-DAB, DRM та DRM+.

Нижче подано принципи побудови, характеристики компонентів систем DVB та опис відповідної нормативної бази.

Кодування джерела цифрових сигналів для передавання в системах DVB. Одним із фундаментальних рішень, прийнятих на початку роботи Проекту DVB, був вибір стандартів MPEG-2 Відео та MPEG-2 Аудіо якості алгоритмів кодування аудіо- та відеоданих. На системному рівні формування програмних елементарних потоків, транспортних потоків використовують стандарт MPEG-2 Системи.

У серії європейських стандартів DVB-MPEG у мовленнєвих застосуваннях системи передавання прийнято поділяти на системи первинного та вторинного розподілу. Параметри сигналу, що розподіляються в них, відрізняються. У серії DVB-MPEG зберігається подібна класифікація. Вона містить:

- ⇒ ETSI TS 102 154 щодо формату сигналу в мережах подання програмних матеріалів та первинного розподілу;
- ⇒ ETSI TR 101 154 щодо параметрів сигналу у мережах вторинного розподілу.

Під час розвитку систем DVB було вирішено розробити серію стандартів з доставки сигналів послуг DVB через IP-мережі та відповідно серію стандартів DVB-MPEG доповнено технічною специфікацією ETSI TS 102 005.

Передавання субтитрів у системах DVB. Для багатьох країн є звичайним мовлення телевізійних програм з оригінальним звуковим супроводженням та забезпеченням перекладу на місцеву мову у формі субтитрів. Іншою практикою є додавання графічних елементів до переданих зображень, таких, як, наприклад, логотип станції. У ETSI EN 300 743 описано механізм DVB-SUB, який дозволяє передавати всі типи субтитрів та графічних елементів у складі сигналів DVB.

Мультиплексування цифрових потоків програм мовлення. Важливою серією нормативних документів, розроблених Проектом DVB, є стандарти з визначення службової інформації (DVB-SI) та методів уведення її в транспортні потоки.

Протягом перехідного періоду до цифрового мовлення через системи DVB передають програми аналогового мовлення у цифровому форматі, в яких вже досить давно використовують систему звичайного та поліпшеного телетексту. Отже, виникла необхідність у визначенні механізму, який надасть можливість доставляння таких сигналів до приймача за допомогою системи DVB. Цей механізм визначено в ETSI EN 300 472. Окрім традиційного телетексту, в системах цифрового мовлення з'явилась можливість доставляти його розширення, такі, як телетекст з інверсією кодів, дані щодо VPS (Video Programming System) і WSS (Wide Screen Signaling), що використовуються в 625-рядкових ТВ системах. Для доставляння таких даних в системі DVB було створено стандарт ETSI EN 301 775, в якому визначено механізми передавання під час інтервалу кадрового гасіння (VBI – Vertical Blanking Interval), який є доповненням до відповідних стандартів MPEG-2 і DVB та забезпечує керування передаванням даних, призначених для транскодування додаткових даних (таких як телетекст) з програмного потоку цифрової програми до формату даних, які передають під час інтервалу кадрового гасіння в аналоговому ТВ сигналі.

У системах DVB додатково передбачено передавання електронної програми передач (EPG – Electron Program Guide), реалізацію його визначено в ETSI EN 300 707.

Проектом DVB створено ETSI TS 102 823, де визначено методи синхронізації, які є загальними для всіх видів допоміжних даних, які передають у транспортному потоці DVB.

У майбутньому за допомогою служб DVB будуть доставляти велику кількість програм через різні середовища розподілу. Для забезпечення налаштування інтегрованого приймача-декодера (IRD – Integrated Receiver-Decoder) на потрібні канали та керування такою великою кількістю програм необхідно, щоб в потоці, який доставляють до абонентської приставки користувача, були наявні всі потрібні інструменти. Службова інформація, яку описано в ETSI EN 300 468, містить набір цих засобів, що склали суть системи DVB-SI. Настанови щодо можливих варіантів її використання наведено у ETSI TR 101 211.

В ETSI TR 101 162 визначено, яким чином передавати інформацію щодо приналежності певної програми певному мовнику та іншу аналогічну інформацію в межах системи DVB-SI.

Одна з переваг технології DVB полягає в тому, що за неї можливо встановлювати з'єднання типу точка – багато точок для доставляння великої кількості да-

них з високою швидкістю передавання за необхідного рівня захисту від помилок, що можуть виникати під час передавання. Для того щоб зробити можливим передавання таких видів інформації, як дані, у т.ч. можливість їх повторного передавання через однакові чи різні часові інтервали, створено специфікацію ETSI EN 301 192 щодо системи мовлення даних (DVB-DATA). У цьому стандарті визначено п'ять видів доставляння даних, а саме: конвейєрне передавання даних, потокове передавання даних, багатопротокольну інкапсуляцію, карусель даних та карусель об'єктів. З огляду на таку кількість можливих варіантів доставляння інформації до користувача, виникає необхідність у визначенні того, яким чином та коли їх використовувати, що і було зроблено в ETSI TR 101 202.

Складність програмного забезпечення приймачів увесь час зростає. Для забезпечення необхідного рівня його функціональності, нарівні з розширенням, необхідно розробити службу оновлення програмного забезпечення (DVB-SSU). Це зроблено у ETSI TS 102 006, де визначено стандартний механізм сигналізації та передавання даних служби оновлення програмного забезпечення. В його розробці використано ISO/IEC 13818-6, ETSI TR 101 162, ETSI EN 300 468 для реалізації сигналізації та ETSI EN 301 192 для доставки відповідних даних.

Під час першої фази діяльності комітету із системи «ТВ у будь-який час» («TV anytime») було визначено основні положення з використання персональних цифрових записувальних пристроїв (PDR). Проект DVB прийняв ці специфікації як основні для забезпечення підтримки використання таких пристроїв у мережах DVB, що розширило функціональність приймачів цієї системи. В ETSI TS 102 323 описано метод, який дозволив забезпечити підтримку використання персональних цифрових записувальних пристроїв у приймачах системи DVB (DVB-TVA).

У першому поколінні стандартів систем DVB передбачено передавання інформації тільки у форматі MPEG у мультиплексі з пакетів аудіо-, відео- та даних, що утворювали транспортний потік MPEG-2. У стандарті з багатопротокольною інкапсуляцією в системі DVB передбачено інкапсуляцію аудіоданих, відеоданих та іншого контенту в пакети транспортного потоку MPEG-2. У другому поколінні систем DVB реалізовано зворотну сумісність з форматом потоку систем першого покоління та додатково передбачено передавання потоку, що містить пакети змінної довжини – універсальний потік (GS). У цьому потоці за допомогою спеціального механізму інкапсуляції можна передавати аудіовізуальну інформацію в будь-якому форматі (MPEG-2, MPEG-4 тощо) та інші дані з використанням різних протоколів. Таким чином, завдяки використанню цього універсального потоку, визначеного Проектом DVB у стандарті ETSI TS 102 606 (DVB-GSE), надалі може бути збільшено гнучкість системи щодо формату транспортного потоку на системному рівні та прискорено процес конвергенції мовленнєвих та немовленнєвих служб.

Проміжне програмне забезпечення. Мультимедійна домашня платформа (MHP – Multimedia Home Platform) є стандартом щодо системи відкритого проміжного програмного забезпечення, який розроблено Проектом DVB для інтерактивного цифрового телебачення. У специфікаціях з MHP визначено побудову середовища виконання програмного забезпечення для цифрового інтерактивного телебачення, що є незалежним від того, яким виробником або в якому програмному середовищі воно розроблено. При цьому MHP є незалежною від системи передавання. Таку універсальність забезпечують завдяки використанню мови програмування Java та загального програмного інтерфейсу застосування, що надає можливість отриман-

ня доступу до типових застосувань інтерактивного телебачення через термінал користувача. На теперішній час розроблено три версії стандарту MHP (ETSI TS 101 812 – MHP 1.0, ETSI TS 102 812 – MHP 1.1, ETSI TS 102 590 – MHP 1.2), кожна з яких є незалежною від інших, при цьому наступні версії доповнюють попередні на предмет підтримки нових послуг. Основою всіх трьох версій MHP є підтримка мовленнєвих застосувань.

Додатково розроблено розширення щодо використання цифрових записувальних пристроїв (DVR) в інтерактивному середовищі (ETSI TS 102 816). Для забезпечення можливості застосування платформи MHP у системах, що не відносять до середовища DVB (тобто ATSC, ARIB, CABLELABS, Blue-ray Disc Association), розроблено специфікацію з універсальної мультимедійної домашньої платформи (GEM), яка має також, як і MHP, дві версії – ETSI TS 102 819 (версія 1.0.2) та ETSI TS 102 543 (версія 1.2). Також, як і в разі мультимедійної домашньої платформи, для GEM розроблено розширення з використання цифрових записувальних пристроїв.

На теперішній час цифрові телевізійні платформи забезпечують надання користувачу великої кількості інтерактивних послуг. Однак різні телевізійні платформи використовують різні технології, що, у свою чергу, викликало появу великої кількості форматів та видів контенту.

Для створення єдиного формату опису інтерактивних служб Проектом DVB було розроблено портативний формат контенту (PCF), який засновано на використанні стандартних форматів надання даних із синтаксисом мови XML, типів MIME та мови UML, які використовують у виробництві. Це дозволило здійснювати обмін інтерактивним контентом між різними платформами. Формат PCF визначено в ETSI TS 102 523 (DVB-PCF).

Захист контенту й управління контентом. З розвитком цифрових технологій запису аудіовізуального контенту та переходом до цифрового формату мовлення виникла необхідність створення нормативної бази, яка б забезпечувала дотримання авторських прав, захист від неліцензійного використання контенту та керування його копіюванням. При цьому необхідно забезпечити захист аудіовізуального контенту, кодованого відповідно до ETSI TS 101 154 та ETSI TS 102 005, який передають через різні середовища доставки до користувача – мережі кабельного, супутникового та наземного мовлення, мережу Інтернет, мобільні служби тощо. Для вирішення цієї проблеми в системах цифрового телевізійного мовлення Проект DVB розробляє специфікацію A094 із системи захисту контенту та керування копіюванням (CPCM), до якої входить п'ять частин, в яких визначено механізми сигналізації з наявності захисту контенту системою CPCM та реалізацію цієї системи в мовленнєвих системах.

Системи передавання цифрових потоків програм мовлення. Усі подані вище стандарти відносять до стандартів з обробки сигналів в основній смузі частот та представлення контенту користувача. Ще одним важливим завданням є організація розподілу цих сигналів від мовників до користувачів через всі типи каналів доставляння інформації. Це було вирішено розробкою серії стандартів із систем передавання, суть яких викладено нижче.

Першим стандартом щодо цифрових систем телевізійного мовлення була специфікація для *супутникового доставляння сигналів* DVB-S ETSI EN 300 421. У

цьому стандарті було описано різні методи каналного кодування, модуляції та відповідних перетворень сигналу, які пізніше стали загальними для всіх інших середовищ передавання.

Із розвитком систем цифрового мовлення Проектом DVB було розроблено друге покоління цього стандарту – систему DVB-S2, в якій використовують адаптивні методи попередньої обробки програмного потоку, нові методи модуляції та кодування, що дозволяє збільшити кількість програм мовлення без зміни ширини смуги частот та надає можливість сумісного використання мовленнєвих і немовленнєвих застосувань, що дозволить збільшити діапазон послуг, які надають провайдери контенту. До серії стандартів з цієї системи входить основний стандарт ETSI EN 302 307, в якому визначено структуру кадрів, методи модуляції та кодування, котрі використовують у системах другого покоління. В ETSI TR 102 376 приведено огляд технічних та експлуатаційних аспектів, до яких також входять аспекти оцінки якості роботи каналу передавання та визначення наявності ресурсу каналу зв'язку, необхідного для термінового доставляння даних у системі DSNG, що виникають під час упровадження системи DVB-S2 та відповідних застосувань. Ще одним стандартом із серії стандартів систем супутникового мовлення другого покоління є технічна специфікація ETSI TS 102 441, в якій визначено аспекти застосування адаптивних методів кодування та модуляції (DVB-S2 ACM) в інтерактивних мережах.

В ETSI EN 300 429 визначено процеси кодування каналу і модуляції в разі доставляння сигналу системи DVB у *системах кабельного телебачення* (DVB-C). Цей стандарт є основою для стандарту ETSI EN 300 473, в якому визначено принципи використання обладнання в розподільних системах DVB (DVB-CS) з колективною приймальною антеною (SMATV). Під час експлуатації систем SMATV/MATV виникло питання щодо підвищення ефективності використання обмеженого частотного ресурсу в цих системах. Для його вирішення Проектом DVB було розроблено технічне рішення, за яким кожному користувачу мережі SMATV/MATV виділяють окремий РЧ канал, через який абонент обирає певний набір послуг. Реалізують це за допомогою каналу керування, який встановлюють між терміналом користувача та головною станцією, встановленою в будівлі. Технічні вимоги та настанови щодо реалізації відповідного обладнання наведено в ETSI TS 101 964 та ETSI TR 102 252.

Стандарт на систему кабельного ТВ другого покоління DVB-C2 ETSI EN 302 769:2011 відображає технічний прогрес кабельного мовлення, який відбувся за останні роки. Відмінність системи DVB-C2 від системи DVB-C характеризується використанням широкого діапазону швидкостей коду (від 2/3 до 9/10), 5 типів сигнального сузір'я, для яких властиві значення спектральної ефективності від 1 до 10,8 біт/Гц, оптимізованих для використання в кабельних мережах, а також використанням адаптивних методів каналного кодування і модуляції (ACM), що дозволяють оптимізувати каналне кодування та модуляцію на покaдровій основі.

На підтримку системи DVB-C2 Проектом DVB розроблено стандарт ETSI TS 102 991, в якому містяться настанови щодо практичної реалізації цієї системи.

Специфікацію із системи цифрового наземного телевізійного мовлення (DVB-T) подано в стандарті ETSI EN 300 744. Настанови щодо впровадження служб системи DVB-T – в ETSI TR 101 190. У разі розгортання мереж цифрового телевізійного мовлення, які побудовано за одночастотним принципом, важливим питанням, яке необхідно вирішити, є синхронізація передавачів усередині зони мовлення.

Тому Проектом DVB було створено стандарт ETSI TR 101 191 щодо передавання мегакадру для синхронізації одночастотних мереж SFN (DVB-SFN). У присвячених питанням електромагнітної сумісності стандартах ETSI EN 301 489-14 та ETSI EN 302 296 визначено специфічні умови для передавачів служб аналогового та цифрового наземного телевізійного мовлення і загальні технічні вимоги до передавального обладнання служби цифрового наземного телевізійного мовлення.

Новим кроком на шляху технічного прогресу наземного телевізійного мовлення є DVB-T2, характеристики якої визначено у стандарті ETSI EN 302 755:2009.

Незважаючи на те, що система передавання DVB-T забезпечує необхідну якість сигналу під час приймання на стаціонарні, портативні та рухомі термінали, яку встановлюють у літаках та потягах, виникла необхідність розробки такої системи, що забезпечувала б специфічні характеристики для приймання сигналів служб телевізійного мовлення та інших служб на термінали, які визначаються як пристрої, невеликі за вагою, живлення яких здійснюється від акумуляторів. У 2002 році Проектом DVB було розроблено новий стандарт ETSI EN 302 304 для системи передавання на переносні термінали DVB-H. За розгортання мереж цифрового телевізійного мовлення на переносні термінали можуть використовуватися мережі системи DVB-T, але при цьому необхідно враховувати деякі особливості системи DVB-H, реалізація яких дозволила б організувати доставляння сигналів мультимедійних служб до терміналу користувача найбільш ефективно. Ці особливості приведено у стандарті ETSI TR 102 377, який разом з ETSI TR 101 190 становить всю необхідну нормативну та технічну базу для розгортання мереж цієї системи. З огляду на очікування, що комерційне використання системи DVB-H буде досить широким, Проектом DVB та основними виробниками було проведено серію випробувань щодо перевірки різних характеристик системи та можливих варіантів її конфігурації. Результати цих випробувань та методи їх проведення, наведені в технічному звіті ETSI TR 102 401, може бути використано у разі впровадження цієї системи.

З моменту розроблення стандарту з цифрового телевізійного мовлення на переносимі термінали систему DVB-H було визнано однією з основних для забезпечення доставки контенту на такі типи приймачів. У більшості країн Європи вже впроваджені та функціонують мережі у цьому стандарті. Однією з проблем щодо розгортання цих мереж, за умови, якщо їх розгортають без використання мереж DVB-T як основних, було те, що цю систему розроблено для використання в діапазоні УВЧ, у якому на теперішній час функціонують системи аналогового та цифрового телевізійного мовлення. Для вирішення цієї проблеми у 2007 році було розроблено гібридну систему передавання DVB-SH, що забезпечує доставку сигналів мультимедійних та телевізійних служб через гібридні мережі супутникового та наземного мовлення на частотах нижче за 3 ГГц на різні типи мобільних та стаціонарних приймачів з невеликими антенами, що мають обмежену вибірковість (переносні термінали, кишенькові персональні комп'ютери – КПК, мобільні телефони тощо), приймачі, встановлені на транспортних засобах, переносні приймачі (ноутбуки) та стаціонарні приймачі. У стандартах ETSI TS 102 585 та ETSI EN 302 583 визначено структуру цієї системи в цілому та принципи побудови передавальних трактів з визначенням всіх режимів та параметрів.

У разі використання діапазону НВЧ для доставляння сигналів DVB для розгортання багаточастотних мікрохвильових розподільних систем (MDS) залежно від обраної частини цього діапазону може бути обрано три стандарти. В ETSI EN 300 748

описано систему MVDS для використання на частотах 10 ГГц і вище (DVB-MS). Цю систему передавання засновано на використанні технології DVB-S. Стандарт ETSI EN 300 749 застосовується для передавання на частотах нижче 10 ГГц (MMDS). Додатково в системах DVB визначено використання розподільних систем, які побудовано за принципом LMDS, що застосовують для розподілу програм частоти вище за 10 ГГц. Серія цих стандартів базована на технології DVB-C, і в зв'язку з цим вони мають назву DVB-МС. Ще в одній специфікації DVB-MT описано, як на основі специфікації DVB-T може бути реалізовано доставляння сигналів телевізійних служб у всіх частотних діапазонах – ETSI EN 301 701.

На вимогу деяких мовників у рамках проекту DVB розроблено серію специфікацій із системи цифрового супутникового збирання новин (DSNG). До цієї серії входять ETSI EN 301 210, в якому описано структуру кадрів, каналне кодування та методи модуляції для каналів передавання, встановлених від DSNG до центрального обладнання (DVB-DSNG), та ETSI EN 301 222, в якому описано використання каналів координації та зв'язку, що використовують під час передавання сигналів системи DSNG. ETSI TR 101 221 містить в собі настанови до реалізації та можливі конфігурації передавального обладнання за розгортання системи цифрового супутникового збору новин. Рішення DVB-DSNG викликають інтерес у багатьох мовленнєвих організацій всього світу, які мають бажання використовувати досягнення швидкого доставляння програмних матеріалів каналами системи DVB.

Інтерактивність систем цифрового телевізійного мовлення. Велика кількість послуг, запропонованих системами DVB, може вимагати наявності взаємодії, наприклад, між користувачем і провайдером програм або оператором мережі. Ця взаємодія може полягати в передаванні малої кількості інформації, але її може бути адресовано не одному, а певній кількості користувачів. Технічні рішення в системах DVB у цьому напрямку можна поділити на дві групи. Одна група – незалежна від мережі (DVB-NIP), яка може розглядатись як стек протоколів, котрий розширює шари ISO/OSI. До цієї групи відносять стандарт ETSI ETS 300 802. Важливу частину цього стека становлять протоколи, створені відповідно до системи цифрового запису – керування і контролю (DSM-CC). З метою допомоги в розумінні та використанні цього достатньо складного стека створено ETSI TR 101 194.

Друга група технічних рішень у системі DVB стосується нижчих шарів моделі ISO/OSI та тому визначає залежні від мережі засоби передавання. До теперішнього часу було створено групу стандартів з цієї серії.

Перша група визначає принципи побудови та структуру інтерактивного каналу в трьох середовищах розподілу телевізійних сигналів – наземному (ETSI EN 301 958, що позначено як DVB-RCT), кабельному (ETSI ETS 200 800 та настанови щодо реалізації інтерактивного каналу за різних умов та конфігурацій в ETSI TR 101 196, що позначено як DVB-RCC) та супутниковому (ETSI EN 301 790 та настанови щодо реалізації інтерактивного каналу ETSI TR 101 790, що позначено як DVB-RCS).

Друга група специфікацій описує те, яким чином поліпшені цифрові безпроводові системи зв'язку (DECT) та системи GSM можуть бути використані для організації зворотних інтерактивних каналів. До цієї серії входять стандарти ETSI EN 301 193 (DVB-RCDECT), ETSI EN 301 195 (DVB-RCGSM) та проект A073 (DVB-RCGPRS).

Ще одним варіантом є застосування телефонної мережі загального користування з комутацією каналів (PSTN) та цифрової мережі з інтеграцією служб (ISDN)

як фізичних мереж для передавання інтерактивних даних від користувача ETSI ETS 300 801 (DVB-RCP).

В ETSI EN 301 199 визначено структуру інтерактивного каналу системи LMDS (DVB-RCL) та ETSI TR 101 205 з настановами щодо його реалізації та використання.

Систему SMATV може бути реалізовано за двома варіантами: з перетворенням сигналу на виході супутникової антени у сузір'я КАМ для доставляння через коаксіальний кабель та з безпосереднім поданням цього сигналу у форматі ФМ-4 до терміналу абонента. Керівництво щодо створення інтерактивного каналу в обох варіантах системи, що базується на супутниковому і коаксіальному середовищах (DVB-RCCS), визначено в ETSI TR 101 201.

Інтерфейси з'єднання мереж цифрового телевізійного мовлення з іншими телекомунікаційними мережами. Для доставки програмного матеріалу до студій та первинного розподілу, окрім супутникових мереж зв'язку, ще одним варіантом є мережі, основані на використанні таких технологій, як ATM та SDH/PDH. У зв'язку з цим Проектом DVB було розроблено відповідні інтерфейси мереж PDH (ETSI ETS 300 813 – DVB-PDH) та мереж SDH (ETSI ETS 300 814 – DVB-SDH). Якщо оператор мережі має бажання передавати сигнали у форматі ATM за допомогою систем DVB, то для цього необхідно використовувати відповідні механізми, які дозволяють вводити комірки ATM до транспортного потоку (ETSI TR 100 815 – DVB-ATM).

Із збільшенням використання цифрових мереж у домашньому середовищі виникла необхідність створення технічної та нормативної бази, яка б дозволила використовувати ці типи мереж для розподілу сигналів системи DVB до користувачів. В ETSI TS 101 224 наведено визначення домашніх мереж доступу (DVB-HAN) з активним мережним термінальним обладнанням. У ETSI TS 101 225 описано внутрішньодомові цифрові мережі (DVB-IHDN) та домашні локальні мережі (DVB-HLN).

Деякі послуги, які надаються користувачу через систему DVB, можуть бути або цілком платними або, щонайменше, містити деякі платні елементи. Щоб зробити можливою обробку сигналів таких послуг у інтегрованому приймачі-декодері, можуть одночасно використовуватися різні системи умовного доступу. Для всіх них було розроблено єдиний інтерфейс, визначений в стандарті CENELEC EN 50 221 (DVB-CI).

Цей загальний інтерфейс може бути застосовано не тільки в системах умовного доступу. Його можна використовувати як вхідний/вихідний для таких застосунків, як моніторинг переваг глядацької аудиторії або навіть для введення модуля супутникового приймача в блок приймача ефірного мовлення. В ETSI TS 101 699 подано таку інформацію.

Не менш важливим завданням є стандартизація інтерфейсів інтегрованих приймачів-декодерів, – як професійних, так і напівпрофесійних. Роботу в цьому напрямку подано двома стандартами з професійних інтерфейсів (DVB-PI) – асинхронного послідовного інтерфейсу (ASI) (DVB-ASI) у ETSI TR 101 891, інтерфейсів головних станцій систем CATV/SMATV та аналогічного обладнання (CENELEC EN 50083-9), а також стандартом ETSI TS 102 201 з напівпрофесійних інтерфейсів до (DVB-IRDI) інтегрованого приймача-декодера. Крім того, в IEC 62216-1 визначено основні вимоги, параметри та інтерфейси приймачів сигналів цифрового наземного телевізійного мовлення.

Використання IP-протоколу в цифровому телевізійному мовленні. Усю серію стандартів Проекту DVB, присвячених використанню IP-протоколу, можливо поділити на два великих класи:

⇒ стандарти щодо передавання сигналів служб DVB IP-мережами, об'єднані загальною назвою DVB-IPTV;

⇒ стандарти щодо передавання мережами DVB даних у форматі IP, позначені як DVB-IPDC.

До DVB-IPTV входить набір нормативних документів, у яких визначають механізми доставки аудіовізуальних служб з використанням IP-протоколу через дво-спрямовані фіксовані широкосмугові мережі. Метою їх створення є розроблення всієї необхідної нормативної бази, яка б дозволила реалізувати інтеграцію служб DVB з іншими широкосмуговими службами зі збереженням сумісності з іншими мовленневими стандартами в серії стандартів Проекту DVB.

Створення цих документів відбувається у дві фази. На протязі першої фази роботи Проектом DVB приділено увагу визначенню інтерфейсів між абонентською приставкою IPTV та домашньою IP-мережею (визначено використання традиційного інтерфейсу мережі Ethernet стандартом ETSI TS 102 814 та високошвидкісного інтерфейсу IEEE 1394 відповідно до ETSI TS 102 813), розробленню механізмів автоматичного встановлення з'єднання та конфігурації приставки, механізмів інкапсуляції транспортних потоків MPEG в IP-мережу, віддаленого керування, служб визначення наявних послуг та контенту в цій мережі (стандарт ETSI TR 102 034) та протоколів для їх доставляння (стандарт ETSI TS 102 539). Також важливим завданням, яке було розв'язано в цих документах, є визначення набору технічних рішень, використовуваних для побудови домашньої мережі в системі DVB, та доповнення до системи проміжного програмного забезпечення MHP на предмет реалізації інтерактивних телевізійних застосувань, можливих у середовищі DVB-IPTV. В ETSI TR 102 542 наведено настанови до реалізації технічних рішень, визначених у ETSI TR 102 034. В ETSI TR 102 033 визначено можливі варіанти служб, які будуть надаватись абоненту системою DVB-IPTV, та вимоги до системи авторизації, аутентифікації та керування абонентами.

Серія нормативних документів Проекту DVB з мовлення даних (IPDC) визначає всі компоненти, необхідні для розгортання служб телевізійного мовлення на переносні приймачі під IP-протоколом.

На першому етапі систему DVB-IPDC було розроблено для системи DVB-H, однак надалі її розширено до використання в усіх системах телевізійного мовлення на переносні приймачі – такі як DVB-SH, в яких можливо застосування IP-протоколу.

Архітектуру системи IPDC при розгортанні в системі DVB-H та весь набір стандартів, які необхідні для її реалізації, визначено у стандартах ETSI TS 102 468 та ETSI TS 102 469.

ETSI TS 102 470 описує систему сигналізації системи IPDC з визначенням усіх таблиць службової інформації PSI/SI, яку використовують в мережах DVB-H, яка забезпечувала б необхідний рівень мобільності терміналу абонента мережі та встановлювала б можливість роумінгу. Формат, структуру, організацію доставляння сигналів служби електронного програмного гіда (EPG), що дозволяє користувачам обирати необхідні послуги та здійснювати пошук контенту, який зберігають у приймачі, та настанови до його реалізації в системі DVB-H визначено в ETSI TS 102 471 та ETSI TS 102 592. Набір протоколів для реалізації служб потокового передавання аудіовізуальної інформації та доставляння даних різного типу визначено в стандарті ETSI TS 102 472. Настави щодо реалізації цих протоколів приведено в ETSI TS 102 591.

Зважаючи на те, що до серії стандартів з DVB-IPDC входить досить велика кількість компонентів, виникає необхідність у визначенні варіантів їх сумісного використання та особливості можливих конфігурацій, що й зроблено в стандарті ETSI TS 102 473. Ще одним аспектом упровадження служб DVB-IPDC є визначення механізмів шифрування, використовуваних для захисту контенту, методів їх ідентифікації в приймачі та організації системи замовлення послуг користувачем. Усі ці питання вирішено в ETSI TS 102 474.

Усі зазначені вище компоненти системи DVB-IPDC відносять до першої фази впровадження цієї системи. У стандарті ETSI TS 102 611, що відносять до другої фази, визначають механізми доставляння служб EPG через двоспрямовану мережу, аспекти оповіщення користувача про входження в мережу та перестроювання приймача при переміщенні з однієї комірки мережі до іншої без переривання обслуговування.

Умовний доступ в цифровому телевізійному мовленні. Одне з основних рішень, прийнятих Проектом DVB щодо стандартизації системи умовного доступу, полягало в тому, що в ETSI ETR 289 наведено принципи реалізації лише загального алгоритму скремблювання, тоді як систему керування абонентами (SMS) та систему авторизації абонентів (SAS) не визначають. Цей стандарт набув у системі позначень Проекту DVB скорочення DVB-CSA.

Ще одним варіантом реалізації доступу абонента до платних програм, оброблюваних за алгоритмами різних систем CA, є система SimulCrypt.

Специфікація архітектури головної станції системи SimulCrypt та рішення, необхідні для синхронізації різних систем умовного доступу, описано в ETSI TS 101 197 (DVB-SIM). Пізніше було розроблено стандарт ETSI TS 103 197, який доповнює нормативну базу системи умовного доступу щодо визначення архітектури системи керування та контролю головної станції в системі SimulCrypt. З огляду на те, що за різних конфігурацій мережі система має деякі особливості реалізації, Проектом DVB створено ETSI TR 102 035, в якому визначено різні варіанти реалізації та відповідні інтерфейси, що дозволить підвищити ефективність системи SimulCrypt.

Методи вимірювання характеристик систем цифрового телевізійного мовлення. Системи DVB обрано як основні системи для впровадження цифрового телевізійного мовлення в Європі. Саме тому стандарти з цих систем є основними для виробників обладнання, мовників і провайдерів мереж. Випробування і впровадження таких систем вимагає створення загальних для всіх систем настанов з вимірювань їх параметрів. Ці настанови, наведені у ETSI TR 101 290, позначені як DVB-M, допомагають визначити, які з вимірювань необхідно проводити в тій або іншій системі, та надають відомості з послідовності їх проведення. Щоб надати можливість вводити спеціальні випробувальні та вимірювальні сигнали у транспортний потік MPEG-2, зарезервовано спеціальний ідентифікатор пакета (PID). В ETSI TR 101 291 визначено, як можна використовувати цей ідентифікатор.

Адміністрування комплексних мереж, якими є мережі подання та первинного розподілу програмного матеріалу, є важливим завданням, особливо тепер, коли використовують різні формати контенту, який передають через різні мережі прозорим шляхом. Отримання своєчасної інформації про відхилення характеристик від нормальних, переривання в обслуговуванні або навіть за невеликих змін у мережі є дуже важливим для встановлення певних параметрів якості обслуговування (QoS) [11]. Як основний протокол, найбільш прийнятний для використання за віддаленого моніторингу мереж мовлення, обрано простий протокол керування мережею SNMP.

До того ж цей протокол дуже широко використовують у різних телекомунікаційних мережах, на основі яких буде побудовано мережі первинного розподілу програмного матеріалу. При проведенні всіх вимірювань за стандартом ETSI TR 101 290 використовують базу адміністрування протоколу SNMP у разі потреби в інформації про параметри, визначені в настановах з вимірювання в системах DVB, які надано в ETSI TS 102 032 (повний перелік стандартів цієї серії приведено там в табл. 11).

7.3. Мікрохвильові розподільні системи

В останнє десятиліття інтенсивно розробляються і розвиваються мікрохвильові ширококутні розподільні системи (MPC), що надають операторам зв'язку можливості швидкого розгортання і нарощування абонентської ємності за порівняно невеликі капіталовкладення. MPC дозволяють об'єднати в одній системі надання послуг телебачення, телефонного зв'язку, передачі даних, оповіщення і збору даних.

До MPC належать: MMDS (Microwave Multipoint Distribution Systems) [7.21], LMDS (Local Multipoint Distribution Systems) [7.22], MVDS (Multipoint Video Distribution Systems) [7.23] і вітчизняна МІТРА (мікрохвильова інтегрована телерадіоінформаційна система) [7.24]. Найчастіше MPC будуються як наземні місцеві розподільні мережі супутникового та місцевого телевізійного мовлення і являють собою альтернативу сучасним кабельним мережам, побудованим на коаксіальних або оптичних кабелях. MPC порівняно з кабельними мережами мають важливі переваги [7.24]:

- ⇒ не потрібне дороге прокладання підземних або повітряних кабельних ліній;
- ⇒ легше досягається висока якість телевізійного сигналу, оскільки на шляху його поширення немає безлічі підсилювачів;
- ⇒ система компактна і мобільна, не вимагає утримання великого штату співробітників для експлуатації;
- ⇒ малий час розгортання і швидка окупність вкладених коштів та ін.

Основою будь-якої MPC є центральна станція (ЦС), призначена для приймання, оброблення і трансляції телерадіоінформації, що надходить через розподільні радіолінії і кабельні мережі, а також із супутникового телепорту, телерадіостудії і вузла приймання ефірного мовлення. Для обробки і контролю телерадіопрограм, що надходять на ЦС, використовується спеціальний телерадіовузол.

До складу ЦС входить вузол комутації цифрових потоків, який обробляє цифрові потоки даних (доступ в Інтернет або локальну інтра-мережу). Він забезпечує з'єднання апаратури передавачів із цифровими потоками даних, що надходять з радіорелейних і кабельних ліній, супутникових каналів. У разі необхідності до складу вузла комутації може входити повний комплекс устаткування провайдера Інтернет із виходом на телефонну мережу загального користування (ТМЗК).

ЦС містить систему кодування доступу й обліку абонентів, побудовану на основі комп'ютерної бази даних, аналогової і цифрової систем кодування. Комп'ютерна база даних постійно відстежує індивідуальні запити абонентів на трансляцію тих або інших телерадіопрограм і потоку даних, має вихід у ТМЗК і надає дані для управління системами кодування теле- та радіомовних каналів.

Система кодування й обліку абонентів разом із модемною частиною, антенною системою і передавачем (або приймачем-передавачем) складають базову станцію (БС) – головний вузол з забезпечення трансляції телерадіоінформації в мікрохвильовому діапазоні. Модемна частина являє собою сукупність аналогових і цифро-

вих модемів. Вони забезпечують необхідну модуляцію вхідної проміжної частоти передавача БС сигналами, що надходять на них. Передавачі можуть бути з незалежними стволами і груповим стволом з одним вихідним підсилювачем.

Фідерний тракт здійснюється на основі хвилеводів або коаксіальних кабелів. Антени мають звужені діаграми спрямованості (ДС) у вертикальній площині, щоб не спричиняти завад супутниковим приймальним установкам. Антени можуть бути всенаправленими з круговою ДС і рупорні секторні з розкривами від 30° до 270° . Для якісного приймання ЧМ аналогових і цифрових телерадіоінформаційних сигналів супутникових каналів використовується телепорт, до складу якого входять декілька приймальних комплексів з антенами діаметром від 1,5 до 5 м.

Інфраструктуру МРС утворюють ЦС, БС, розподільні радіолінії, які забезпечують з'єднання з ТМЗК, зв'язують студійні центри з ЦС, базові станції з центральною і між собою. Радіолінії будуються, в основному, на основі мікрохвильових малогабаритних радіорелейних станцій. У разі великого обсягу інформації, що передається в МРС (десятки аналогових телеканалів, доступ до мультимедійних банків даних, цифрові потоки із сумарними швидкостями передачі до 100 Мбіт/с), як розподільні лінії застосовують також ВОЛЗ.

Найбільшою розмаїтістю в МРС вирізняються абонентські станції (АС). Вони бувають індивідуальними і колективними, сумісними зі стандартними супутниковими тюнерами або виконаними тільки під певний тип МРС, тобто призначеними для приймання лише телепрограм або/і потоку даних.

Залежно від використовуваних базовими станціями антенних систем зона трансляції МРС може бути круговою (при всенаправленій антені) і секторною (при відповідній антені або антенах). У круговій зоні дії БС розміщується в центрі кола, радіус якого визначає дальність роботи системи. Остання залежить від погодних умов і рельєфу місцевості. Тому під радіусом дії зазвичай розуміють відстань від БС до точки впевненого приймання в разі найгірших для місцевості погодних умов. Висока ефективність використання смуги частот і потужності передавачів для МРС забезпечується організацією мережі за стільниковим принципом, що можливе завдяки швидкому загасанню міліметрових хвиль в атмосфері.

Основу для розвитку інформаційних технологій становить інфраструктура системи зв'язку країни, призначена для транспортування інформаційних потоків між терміналами користувачів. В Україні згадана інфраструктура розвинена недостатньо. Саме за таких умов доцільно використовувати МРС. В Україні розроблена та запроваджена в деяких великих містах багатофункціональна система МІТРС [7.24]. Її структурну схему наведено на **рис. 7.14**. На основі системи МІТРС можлива побудова екологічно безпечної безпроводової мережі інтегрального обслуговування при оптимальному поєднанні можливостей мікрохвильових та кабельних розподільних мереж. Завдяки такому поєднанню користувачам може бути наданий весь комплекс телекомунікаційних послуг:

- багатоканальне аналогове або цифрове телебачення, у тому числі інтерактивне;
- організація абонентської мережі DirectPC;
- цифровий телефонний зв'язок як провідними лініями, так і з використанням безпроводового доступу;
- доступ до мереж передачі даних та Інтернет;
- організація локальних мереж передачі даних для виділених груп абонентів (адміністративні органи й органи місцевого самоврядування, органи МВС, заклади освіти, медичні установи, промислові підприємства);

- конференц-зв'язок, у т.ч. відеоконференц-зв'язок;
- диспетчеризація інженерного устаткування будинків;
- електронні платежі та торгівля;
- охоронна і протипожежна сигналізація.

Базове устаткування системи МІТРІС містить:

- ЦС, до складу якої входять багатоканальний мікрохвильовий приймач-передавач з пристроєм об'єднання частотних каналів, антена з круговою діаграмою спрямованості в горизонтальній площині, система гарантованого електроживлення;
- абонентські приймально-передавальні станції, розміщені в зоні радіовидимості центральної станції чи ретранслятора;
- ретранслятори сигналів ЦС до АС для розширення зони покриття.

У складі системи МІТРІС можна виділити три підсистеми, здатні працювати як спільно, так і незалежно одна від одної:

- ⇒ багатоканального аналогового або цифрового телебачення, у тому числі інтерактивного;
- ⇒ передачі даних, у т.ч. доступ в Інтернет;
- ⇒ цифрового телефонного зв'язку.

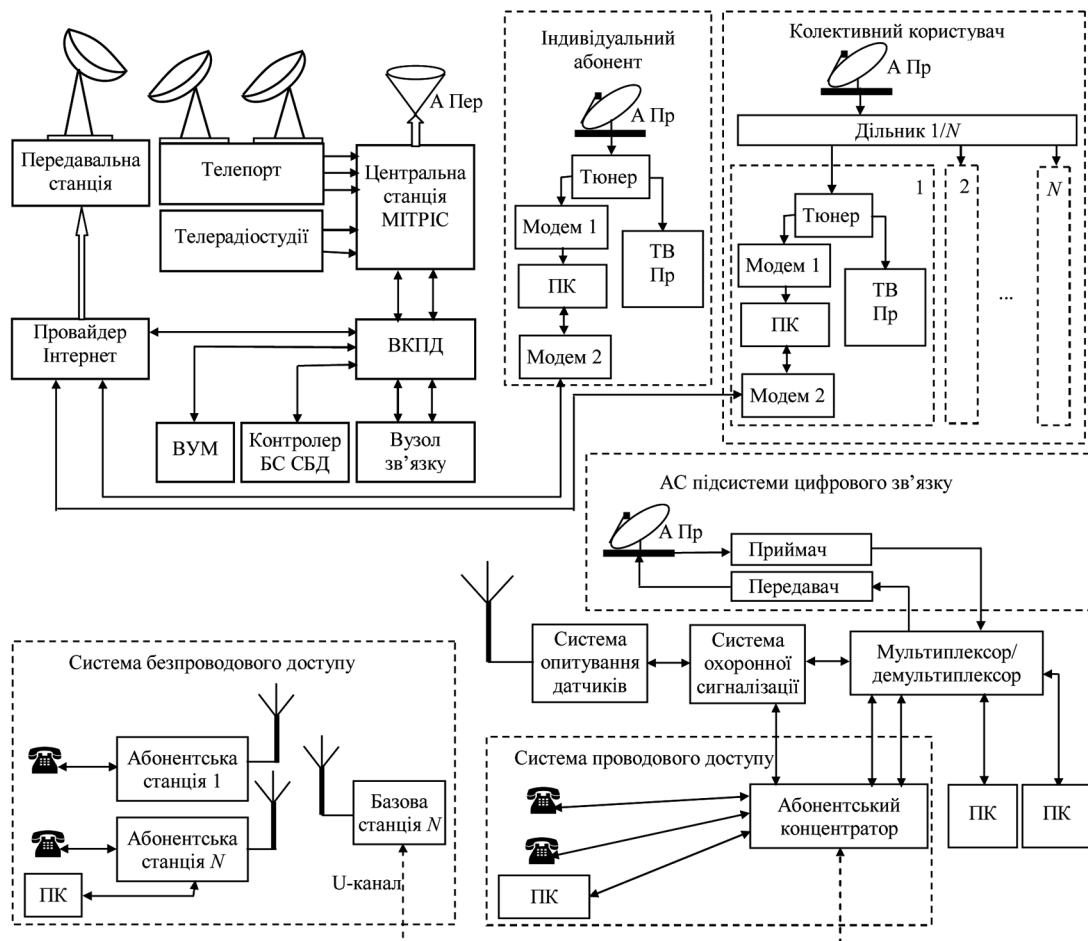


Рис. 7.14. Структурна схема системи МІТРІС

Підсистема багатоканального телебачення. До ЦС підключаються телепорт для приймання програм супутникового й ефірного телебачення, телерадіостудійне обладнання, радіорелейні станції виділених напрямків для зв'язку з віддаленими телерадіостудіями, система кодування й обліку абонентів. До АС індивідуального користування підключається тюнер, а колективного – дільник $1/N$ і індивідуальні абонентські тюнери.

Підсистема передачі даних. До ЦС підключаються вузол комутації потоків даних (ВКПД) і вузол управління мережею (ВУМ), до АС – цифровий приймач-передавач і мультиплексор/демультиплексор, що підтримує необхідні протоколи.

Підсистема цифрового телефонного зв'язку. До ЦС підключаються вузол комутації потоків, як такий може бути використана місцева цифрова АТС, і вузол управління мережею зв'язку (у разі потреби – і контролер ВС системи безпроводового доступу), до АС – цифровий приймач-передавач, мультиплексор/демультиплексор, що підтримує необхідні протоколи, до якого підключені абонентський концентратор для проводових абонентів і, якщо потрібно, – ВС системи безпроводового доступу для безпроводових абонентів.

Система будується за зоновим принципом з радіусом зони покриття до 40 км. Для унеможливлення впливу завад від систем, що працюють у сусідніх зонах, застосовується просторово-частотне розділення.

ЦС системи МІТРС, приймаючи сигнали телерадіопрограм кількох супутників через телепорт, сигнали місцевих студій та ефірних телевізійних передавачів, групові сигнали цифрової телефонії і даних, об'єднує їх, щоб реалізувати частотне чи часове розділення сигналів. Результуючий сигнал формується і випромінюється в сантиметровому або міліметровому діапазонах хвиль.

Діаграма спрямованості передавальної антени ЦС, що розміщується на спеціальній опорі або висотному будинку, – кругова в горизонтальній і вузька (ширина не більше за $4-5^\circ$) у вертикальній площині. Користувачі, що перебувають у зоні прямої видимості ЦС, можуть приймати сигнали як на індивідуальні абонентські приймальні станції, так і на колективні. При відсутності прямої видимості приймання здійснюється через ретранслятори.

Характеристики і конфігурація системи визначаються відповідно до необхідного переліку й обсягу послуг, що надаються. Крім того, можлива поетапна установка системи.

Для організації цифрових каналів зв'язку використовується комбінований метод багатостанційного доступу: в напрямку від ВС – часове розділення каналів, у напрямку до ВС – частотно-часове розділення. Такий метод доступу дозволяє мультиплексувати різношвидкісні потоки.

Послуги з організації локальних мереж передачі даних, диспетчеризації інженерного устаткування будинків, електронних платежів і торгівлі, охоронної і протипожежної сигналізації забезпечуються підсистемою передачі даних. У разі потреби можлива організація цих послуг у підсистемі цифрової телефонії за рахунок виділених каналів зв'язку.

Забезпечення доступу в Інтернет можливе трьома способами:

- ❖ із використанням підсистеми передачі даних (швидкість обміну – до 144 кбіт/с);
- ❖ на основі абонентської мережі DirectPC (швидкість прийому даних – до 10 Мбіт/с), при цьому до ЦС підключається станція прийому DirectPC, а до АС – модем DirectPC (Модем 1). Зворотний канал організується по існуючій телефонній мережі (Модем 2) або з використанням підсистеми цифрового телефонного зв'язку;
- ❖ традиційно – із використанням підсистеми цифрового телефонного зв'язку (швидкість обміну – до 56 кбіт/с).

Наступний крок розвитку інтегрованих МРС – створення зонової цифрової мікрохвильової мережі (ЦММ), побудованої на сучасних технологіях доставки інформації: комп'ютерних мережних транспортних протоколах, АТМ і Frame Relay. У разі створення такої зонової інтра-мережі можлива її інтеграція з ТМЗК і діючими в цій зоні БС системи МІТРІС [7.24]. Поєднуючи в собі переваги високих швидкостей передачі радіорелейних систем і мобільність стільникового зв'язку, ЦММ здатна в мікрохвильовому діапазоні здійснити дуплексний високошвидкісний радіообмін інформацією з Інтернет і сформувати в межах радіовидимості інтра-мережу між користувачами.

До складу ЦММ із топологією «зірка» входять базова і кілька абонентських станцій. БС розташована в центрі зони обслуговування, має антену з круговою або секторними діаграмами спрямованості, реалізує мультиплексування і комутацію АС, забезпечуючи при цьому внутрішню інтра-мережу і високошвидкісний вихід до Інтернет або інших глобальних мереж. Залежно від конфігурації ЦММ обмін інформацією здійснюється зі швидкостями від 56 кбіт/с до 34 Мбіт/с. Дуплексний режим роботи системи заснований на частотному і часовому розділенні каналів.

Мережа будується на базі протоколу доступу за стандартом IEEE 802.3 із специфікацією 10BASE-T або 100BASE-T. При цьому протокол рівня управління доступом до середовища використовує схему множинного доступу з контролем несучої і запобіганням конфліктам (CSMA/CA) відповідно до стандарту IEEE 802.11.

Окрема ЦММ може функціонувати в одному або в кількох частотних діапазонах. Як правило, інтра-мережа на основі ЦММ працює тільки на двох фіксованих частотах приймання/передачі. За необхідності можна і далі нарощувати частотні стовпи прийому/передачі шляхом підключення додаткових модулів вузькосмугових приймачів, передавачів і апаратури доступу. Цей процес нарощування обмежений шириною смуги дозволеного робочого діапазону й умовою реалізації в ній необхідного для системи частотного поділу каналів.

У районах, де функціонують БС системи МІТРІС, ЦММ може легко з ними інтегруватися. Наприклад, використовуючи один із вільних крайніх (щодо частоти сигналу в смузі передачі) телерадіомовних каналів передавача МІТРІС, можна ввести в зоні мовлення передачу мікрохвильового цифрового каналу. При цьому для користувачів такої телевізійної системи стане можливий доступ через ЦММ до Інтернет зі швидкістю 300–400 кбіт/с шляхом установа модуля доступу між приймальним виносним конвертором і телевізійним тюнером.

На завершення наголосимо на важливих якостях мікрохвильових широкосмугових розподільних систем:

⇒ підвищення продуктивності роботи користувачів завдяки більш швидкому доступу до великих обсягів інформації;

⇒ багатифункціональність, можливість розширення мережі одно- або багаторанговим об'єднанням зон;

⇒ широкий вибір видів послуг і вартості апаратури для користувачів;

⇒ гнучкі та відкриті інтерфейси, що гарантують сумісність із майбутніми мережами і запитами замовників;

⇒ можливість інтеграції ЦММ із наявними в зоні її дії як ефірними, так і кабельними телевізійними системами мовлення.

Щодо системи МІТРІС, то організація на її основі багатифункціональних інтегрованих телекомунікаційних мереж дозволяє у стислий термін підвищити рівень інформатизації країни за рахунок надання користувачам широкого спектра послуг телерадіомовлення і телефонії – як традиційних, так і додаткових: інтерактивне телебачення, доступ до регіональних і світових інформаційних мереж, організація локальних мереж передачі даних і інші додатки на їхній основі.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 7.1. Резолюція МСЗ-R 4-6 (AP-2012): Структура исследовательских комиссий по радиосвязи.
- 7.2. Recommendation ITU-R BT.470-7:2005 Conventional television systems.
- 7.3. Recommendation ITU-R BT.601-7:2011 Studio encoding parameters of digital television for standard 4:3 and wide screen 16:9 aspect ratios.
- 7.4. Recommendation ITU-R BT.1543:2001 1280x720, 16:9 Progressively-captured image format for production and international program exchange in the 60 Hz environment.
- 7.5. Recommendation ITU-R BT.1847:2009 1280x720, 16:9 Progressively-captured image format for production and international program exchange in the 50 Hz environment.
- 7.6. Recommendation ITU-R BT.709-5:2002 Parameter values for the HDTV standards for production and international program exchange.
- 7.7. Recommendation ITU-R BT.2020:2012 Parameter values for ultra-high definition television systems for production and international program exchange.
- 7.8. Recommendation ITU-R BT.2024:2012 HDTV digital image systems for the production and international exchange of 3DTV programs for broadcasting.
- 7.9. Recommendation ITU-R BT.2025:2012 1280x720 Digital image systems for the production and international exchange of 3DTV programs for broadcasting.
- 7.10. Report ITU-R BT.2246:2011 The present state of ultra high definition television.
- 7.11. Report ITU-R BT.2249:2011 Digital broadcasting and multimedia video information systems.
- 7.12. Ronald de Bruin, Jan Smits Digital Video Broadcasting: Technology, Standards, and Regulations / Ronald de Bruin, Jan Smits. – Boston; London: Artech house, 1999. – 315 p.
- 7.13. Jack Keith Video Demystified: A handbook for the Video Engineer – LLN Technology Publishing: Eagle rock, VA, 2007. – 810 p.
- 7.14. Локшин Б.А. Цифровое вещание: от студии к телезрителю / Локшин Б.А. – М.: Компания САЙРУС СИСТЕМС, 2001. – 446 с.
- 7.15. Ю.Б. Зубарев. Цифровое телевизионное вещание. Основы, методы, системы / Ю.Б. Зубарев, М.И. Кривошеев, И.Н. Красносельский. – М.: НИИР, 2001. – 568 с.
- 7.16. Jens-Rainer Ohm Multimedia Communication Technology: Representation, Transmission and Identification of Multimedia Systems – Springer-Verlag: Berlin, Heidelberg, 2004. – 859 с.
- 7.17. Introduction to Multimedia Communications: Applications, Middleware, Networking / K.R. Rao, Zoran S. Bojkovic, Dragorad A. Milovanovic – Wiley: New Jersey, 2006. – 733 p.
- 7.18. Digital television transmission and broadband network technologies / Sonja Grgic, Mislav Grgic, Branka Zovko-Cihlar. – Режим доступу: http://www.vcl.fer.hr/dtv/radovi/sgrgic_icomt98.pdf
- 7.19. О.В. Гофайзен. Стан створення нормативної бази впровадження в Україні цифрового телевізійного та мультимедійного мовлення / О.В. Гофайзен, В.Б. Баляр, Н.В. Ічаджик. – М.: Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Технології цифрового мовлення: Стратегія впровадження» (ДВТ–2008), 26–27 червня 2008 року. С.11–44.
- 7.20. Гофайзен О.В., Баляр В.Б. Міжнародна стандартизація в МСЕ-Р системи наземного цифрового телевізійного мовлення другого покоління / Гофайзен О.В., Баляр В.Б. – М.: Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Технології цифрового мовлення: Стратегія впровадження» (ДВТ–2008), 25–26 червня 2009 року. С.21–34.
- 7.21. ETSI EN 300 749:1997 Digital Video Broadcasting (DVB); Microwave Multipoint Distribution Systems (MMDS) below 10 GGz.
- 7.22. ETSI EN 300 748:1997 Digital Video Broadcasting (DVB); Multipoint Video Distribution Systems (MVDS) at 10 GGz and above.
- 7.23. ETSI EN 301 199:1998 Digital Video Broadcasting (DVB); Interaction channel for Local Multi-point Distribution Systems (LMDS).
- 7.24. Інститут електроніки та зв'язку Української академії наук [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.mitris.com/>

БЕЗПЕКА

Розділ 8

ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ

8.1. Проблеми інформаційної безпеки

Процеси, що відбуваються в сучасному світі, все більше демонструють взаємозв'язок і взаємозалежність глобалізації та розвиток інформаційно-комунікаційних технологій. Інформаційні, технологічні інновації та інновації управління істотно розширюють можливості управління державою, розвитку інформаційного обміну, надавання державних послуг, а також підвищують цінність інформації як стратегічного ресурсу.

Разом з розвитком нових технологій і розширенням доступу до інформаційно-комунікаційних систем і технологій (далі – інфокомунікацій) зростають і загрози для інформаційної безпеки (далі – ІБ), від міжнародного тероризму, ризику для розвитку особистості, суспільства і держави.

Заходи щодо забезпечення ІБ і кіберзахисту є основою для конструктивної взаємодії органів державної влади, організацій та громадських об'єднань для захисту національних інтересів і забезпечення безпеки особи, суспільства і держави.

Еволюція парадигми інформаційної безпеки

Поняття парадигми розглядають як сукупність цінностей, методів, підходів, технічних навичок та засобів, способів розв'язання завдань, прийнятих у науковому співтоваристві фахівців (інформаційної безпеки), в рамках усталеної наукової традиції в певний період часу. Історично парадигми ІБ послідовно змінювали одна одну, зберігаючи, доповнюючи і вдосконалюючи попередні:

- ☉ класична парадигма захисту інформації, заснована на контролі доступів;
- ☉ парадигма ешелонованої багаторівневої системи ІБ інформаційних ресурсів і технологій (система кругової оборони);
- ☉ мережецентрична парадигма ІБ інформаційних ресурсів;
- ☉ парадигма кібербезпеки підприємств.

Класична парадигма захисту інформації, заснована на контролі доступів, була застосована до автономної персональної електронної обчислювальної машини (ПЕОМ). Класична парадигма полягає в забезпеченні збереження заданих властивостей інформації та автоматизованої системи, а саме в конфіденційності та цілісності інформації, доступності ресурсу системи, цілісності та спостережності автоматизованої системи [8.1, с. 5].

Головною метою системи захисту інформації є попередження загроз безпеці інформації, недопущення крадіжки інформації та комп'ютерних засобів, розголошення, втрати, спотворення і знищення інформації, забезпечення нормальної виробничої діяльності всіх підрозділів об'єкта інформаційної діяльності. Теоретичною базою систем захисту стала теорія гарантовано захищених систем [8.2, с. 150–196]. Загальним принципом діяльності в сфері захисту інформації є максимум ефективності за припустимого ризику не нижче від зафіксованого ризику, коли оперативний ризик є мінімальним.

Згідно з міжнародними рекомендаціями [8.3], служби безпеки в мережі будуються за ієрархічним багаторівневим модульним принципом: служба безпеки – сервіси безпеки – функціональні послуги безпеки – механізми безпеки. Один або комбінація декількох механізмів захисту утворюють послугу захисту. Сервіс – це використання механізмів захисту, які утворюють послугу [8.4, с. 56]. У цілому механізми будуть належати до одного з трьох класів, які можуть перетинатися: запобігання, реєстрація, поновлення. Щоб забезпечувати послуги, використовують механізми безпеки.

Класична парадигма захисту інформації була поширена на локальну обчислювальну мережу (ЛОМ), з'єднання між комп'ютерами якої не виходять за межі контрольованої зони. Системи захисту інформації будувалися на основі теорії гарантовано захищених мереж, модель яких містить у собі гарантовано захищені вузли і гарантовано захищені канали, які з'єднують вузли між собою. У комунікаційних системах міжнародними рекомендаціями [8.5, с. 6] визначаються такі завдання безпеки мереж зв'язку:

- ⇒ конфіденційність інформації, яка зберігається або переноситься;
- ⇒ цілісність даних, тобто інформації, яка зберігається або переноситься;
- ⇒ цілісність системи, то є завданням захисту операційної системи;
- ⇒ звітність (до якої входить і завдання спостережності), коли кожен об'єкт/суб'єкт відповідальний за будь-які дії, які ним ініційовані;
- ⇒ готовність, за якої всі авторизовані об'єкти повинні отримувати коректний доступ до комунікаційної системи.

Свого найвищого розвитку класична парадигма захисту інформації досягла в автоматизованих системах, в яких інформація передається через незахищене середовище. На цьому етапі змінилася термінологія: замість терміна «автоматизована система» стали застосовувати більш коректний термін: «інформаційно-телекомунікаційна система» (ІТС).

Адекватний рівень ІБ в ІТС може бути забезпечений лише на основі комплексного підходу, що передбачає планомірне використання фізичних, програмно-технічних та організаційних заходів і засобів. Захисту підлягають усі складові інформаційно-телекомунікаційної системи: лінії, канали, системи передачі, обладнання, програмне забезпечення, інформація і персонал. Із теоретичних положень технічного захисту інформації відомо, що найслабша ланка, яка не блокувана організаційними та/або організаційно-технічними або криптографічними засобами, визначає результуючий рівень захищеності.

Парадигма ешелонowanego багаторівневого захисту інформаційних ресурсів розвинулася з розширенням сфери застосування інформаційних технологій, глобальним поширенням Інтернету. Передумовами концепції є поява операційних систем з багаторівневим захистом від несанкціонованого доступу, застосування криптографії для шифрування транзакцій, упровадження засобів блокування підключення пристроїв. Характерною особливістю цієї парадигми є перехід від концепцій захисту інформації до концепції ІБ технологій та інформаційних ресурсів. Додатково до головної мети системи ІБ додається забезпечення сталого функціонування ІТС, захист законних інтересів підприємств від протиправних посягань, недопущення крадіжки фінансових коштів, підвищення якості наданих послуг і гарантій безпеки майнових прав та інтересів абонентів. Концептуальна технічна модель ешелонowanego багаторівневої системи інформаційної безпеки надана міжнародним стандартом ISO / IEC 15408 [8.6], який визначає технологію розробки профілів за-

хисту і проектів безпеки [8.7]. Модель системи ІБ містить у собі набір послуг безпеки, які забезпечують функції моніторингу, захисту та застосування інформаційних ресурсів з метою поетапного запобігання можливості проникнення порушника, виявлення факту проникнення, локалізації об'єкта вторгнення і нападу, нейтралізації і видворення порушника, відновлення втрачених функцій системи. Новим в концептуальній моделі є широке застосування фільтрів, міжмережних екранів, які забезпечують захист периметра. Оскільки близько половини проблем з інформаційною безпекою пов'язано з людським фактором, для захисту від внутрішніх і зовнішніх зловмисників упроваджуються системи виявлення атак, розпізнавання аномальної поведінки, адаптивні алгоритми відновлення систем.

Мережецентрична парадигма ІБ інформаційних ресурсів впливає із сучасного набутого досвіду і наукових досягнень у цій галузі, бурхливого розвитку ІТС, з розвитку, складності та зростаючої ролі мереж зв'язку як критичного державного ресурсу. Характерною особливістю цієї парадигми є:

- дедалі більше переплетіння ІБ з процесами управління комунікаціями: енергетичними, транспортними, трубопровідними мережами;
- вихід на перший план властивостей доступності та цілісності як показників сталого й ефективного функціонування систем [8.8].

ІБ телекомунікаційних мереж повинна забезпечуватися за умов інтеграції інформаційних і телекомунікаційних технологій, різноманітних типів мереж і телекомунікаційних послуг, а також дії на мережах операторів різної форми власності. Комплексний підхід означає необхідність створення мережної інфраструктури забезпечення ІБ, оскільки вразливість будь-якої ланки мережі може створити проблеми для провайдерів, операторів, споживачів послуг.

Захист інформації в системах телекомунікацій є складним комплексним завданням. Безпечна телекомунікаційна мережа повинна бути захищена від злочинних і ненавмисних атак, бути надійною, масштабованою, забезпечувати гарантований час відповіді, доступність послуг та інформації, цілісність інформації та обладнання, точність білінгової інформації. ІБ повинна забезпечуватися не тільки від загроз кожного елемента або сервісу, а має бути забезпечена у взаємодії засобів і заходів безпеки в мультимедійному середовищі за цілковитою комплексною реалізації безпеки передачі інформації з кінця в кінець [8.4, с. 95].

В ІТС забезпечення інформаційної безпеки тісно інтегрується з такими складовими:

- ◇ управління якістю надання послуг зв'язку, де захищеність і готовність інформаційних ресурсів є складовою оцінки якості;
- ◇ управління економічною ефективністю, де є взаємозв'язок між інформаційними та економічними ризиками;
- ◇ завдання технічної експлуатації щодо забезпечення вимог до збереження мінімального набору критично важливих функцій, до живучості інформаційних систем, до запасу сталості при дії дестабілізуючих факторів зовнішнього середовища.

Сучасна парадигма ІБ, що розвивається у США, розглядає інформаційні системи як принципово відкриті, де синергетика гомеостазу (стан сталої рівноваги) визначається балансом ентропії (мірою невизначеності) зовнішнього середовища і запасом живучості елементів. Парадигма передбачає, перш за все, підвищені вимоги до живучості інформаційних систем, які характеризуються високим ступенем розподілу ресурсів (технічна експлуатація та обслуговування, алгоритми, програмне та апаратне забезпечення, телекомунікації) і децентралізацією управління.

На розвиток моделі ІБ ІТС і мереж зв'язку впливають нові чинники: зростання ролі мереж зв'язку серед критичних фізичних та інформаційних ресурсів держави; особливості функціонування мереж зв'язку, необхідність посиленого розвитку певних функцій і послуг мереж зв'язку у світі впровадження систем електронного уряду, електронного документообігу, електронного цифрового підпису, розвитку електронної торгівлі тощо. Забезпечення ІБ містить у собі такі поняття, як цілісність (integrity) інформації, конфіденційність (confidentiality), захищеність від несанкціонованого доступу (authentication, non-repudiation), забезпечення надійності (availability) системи.

Реалізація сучасної парадигми ІБ, з огляду на всі перелічені фактори, дає гарантію, що навіть при випадковому або зловмисному спотворенні інформації, несанкціонованому проникненні в контур управління, втраті частини ресурсів і переважанні трафіка, комплекс організаційно-технічних заходів захисту забезпечить виконання найбільш важливих завдань.

Парадигма кібербезпеки підприємств як розвиток мережецентричної парадигми передбачає перехід від забезпечення інформаційної безпеки технологій до кібербезпеки кіберсередовища та ресурсів організацій і користувачів. Для підприємств ІТС актуальна концепція кібербезпеки.

Кібербезпека (КБ) – це набір засобів, стратегії, принципи забезпечення безпеки, гарантії безпеки, керівні принципи, підходи до управління ризиками, дії, професійна підготовка, практичний досвід, страхування і технології, які можуть бути застосовані для захисту кіберсередовища, ресурсів організацій та користувача. Ресурси організації або користувача охоплюють приєднані комп'ютерні пристрої, персонал, інфраструктуру, застосування, послуги, системи зв'язку і всю сукупність переданої та/або збереженої інформації в кіберсередовищі. КБ полягає в намаганні досягти і зберегти властивості безпеки у ресурсів організації або користувача, спрямованих проти відповідних загроз безпеки в кіберсередовищі. Загальні завдання забезпечення безпеки містять у собі: доступність; цілісність, яка може охоплювати автентичність і невідомість; конфіденційність.

Кіберсередовище передбачає користувачів, мережі, пристрої, все програмне забезпечення, процеси, збережену або транзитну інформацію, застосування, послуги і системи, які можуть бути прямо чи опосередковано з'єднані з мережами. До кіберпростору входять програмне забезпечення, яке працює в комп'ютерних пристроях, інформація, що зберігається (і передається) у цих пристроях або створюється цими пристроями. Обладнання та будівлі, в яких розміщені ці пристрої, також є частиною кіберсередовища.

«У сучасному діловому оточенні концепція периметра зникає. Межі між внутрішніми і зовнішніми мережами стають більш розмитими» [8.9, с. 6, 8]. Безпека забезпечується на всіх рівнях телекомунікаційних мереж, мережах доступу, мережному, транспортному рівнях, рівнях управління мережею і надавання послуг.

Кіберзлочинність являє собою реальну загрозу для демократичної стабільності та національної безпеки країни, зачіпаючи найважливіші питання прав людини і верховенства закону.

Боротьба з кіберзлочинністю є найважливішим завданням з огляду на те, що цей різновид злочинності може стати (стає) перешкодою на шляху розвитку нових технологій і в цілому для правової, економічної та громадської безпеки. Загрози віртуальних атак, здатних паралізувати фінансову систему або критичну інфраструктуру всієї країни, стають все реальніше. Тому це питання розглядатиметься як найбільш пріоритетне.

Головні напрями, цілі, завдання та основні поняття у сфері інформаційної безпеки України

Основні напрями забезпечення безпеки. Нині основними напрямками забезпечення ІБ України є стратегічні національні пріоритети, якими визначаються завдання найважливіших соціальних, політичних та економічних перетворень для створення безпечних умов реалізації конституційних прав і свобод громадян України, здійснення сталого розвитку країни, збереження територіальної цілісності та суверенітету держави.

Головними напрямками державної політики в сфері забезпечення ІБ на довгострокову перспективу мають стати посилення ролі держави як гаранта безпеки особистості, перш за все дітей та підлітків, удосконалення нормативного правового регулювання попередження та боротьби з кіберзлочинністю, тероризмом та екстремізмом, підвищення ефективності захисту прав і законних інтересів громадян за кордоном, розширення міжнародного співробітництва у правоохоронній сфері.

Основна мета системи ІБ – захист кіберпростору держави (критично важливих ресурсів), кіберсередовища підприємств і організацій, індивідуальних користувачів і дітей за умов мінливої природи кіберзагроз та ризиків в он-лайнному середовищі за допомогою впровадження належних заходів для захисту критичних і життєво важливих об'єктів інформаційної інфраструктури та комп'ютерних систем і мереж від загроз кібернападу; попередження, виявлення, припинення кіберзлочинності та мінімізації її наслідків; виявлення та усунення причин і умов, що сприяють вчиненню кіберзлочинів.

Головне завдання системи ІБ – організація забезпечення національної кібербезпеки та протидії кіберзлочинності, сприяння розвитку культури кібербезпеки, створення сприятливих умов для реалізації стратегічних національних пріоритетів. Загальні завдання забезпечення безпеки містять у собі: доступність; цілісність, яка може охоплювати автентичність і неспростованість; конфіденційність.

Термін «кіберзлочинність» охоплює будь-який злочин, що може відбуватися за допомогою комп'ютерної системи або мережі, в рамках комп'ютерної системи або мережі чи проти комп'ютерної системи або мережі.

Проблеми, пов'язані з протидією кіберзлочинності

У зв'язку зі стрімким розвитком інфокомунікацій, глобальним охопленням і транснаціональним характером Інтернету, зростанням швидкості обміну інформацією і необхідністю боротьби зі збільшенням числа і розмаїття загроз (віруси, черв'яки, троянські коні, спуфінг, крадіжка ідентичності, спам та інші форми кібератак) проблеми забезпечення інформаційної і кібербезпеки та протидії кіберзлочинності стали одними з найбільш пріоритетних завдань.

Механізми забезпечення національної кібербезпеки. Забезпечення національної інформаційної та кібербезпеки здійснюється за допомогою впровадження належних заходів щодо захисту критичних і життєво важливих об'єктів інформаційної інфраструктури і комп'ютерних систем та мереж від загроз кібернападів.

Стратегії, що мають на меті забезпечення національної безпеки в кіберпросторі, повинні поступово переходити від традиційних підходів, заснованих на реагуванні, до підходів, які дедалі більшою мірою ґрунтуються на попередженні можливих подій, зменшуючи тим самим періоди вразливості, скорочуючи час реагування і послаблюючи атаки. Залобігання атакам шляхом коригування вразливих

систем, встановлення брандмауерів та інших технологій управління доступом, здійснення моніторингу з використанням систем виявлення проникнень і реагування на загрози в режимі реального часу набувають вирішального значення для забезпечення ефективної роботи комп'ютерних систем і мереж.

Загрози, ризики та вразливості. Ресурси, які повинні бути захищені, містять у собі: послуги в галузі зв'язку та комп'ютерних операцій; інформацію та дані, у тому числі програмне забезпечення і дані, пов'язані з послугами забезпечення безпеки; персонал, обладнання і засоби.

Загроза безпеки – це потенційне порушення безпеки. Приклади загроз:

- ✓ несанкціоноване розкриття інформації;
- ✓ несанкціоноване руйнування або зміна даних, обладнання, інших ресурсів;
- ✓ крадіжка, видалення, втрата інформації або інших ресурсів;
- ✓ переривання обслуговування або відмова в обслуговуванні;
- ✓ видавання себе за допущений об'єкт.

Загрози бувають випадковими або навмисними і можуть бути активними або пасивними. **Випадкова загроза** – це загроза без будь-якого умисного наміру, як, наприклад, помилка в системі або програмі чи фізичний збій обладнання. **Навмисна загроза** – це загроза, яка реалізується певним суб'єктом, що чинить навмисну дію. До навмисних загроз належать загрози від простого перегляду з використанням легкодоступних інструментів стеження до витончених спроб порушення захисту з використанням спеціальних знань про систему. Якщо реалізується навмисна загроза, вона називається *атакою*.

Активна загроза – це загроза, яка призводить до деякої зміни стану або роботи системи, таких, як зміна даних або руйнування обладнання. **Пасивна загроза** не призводить до зміни стану.

Прикладом пасивної загрози є перехоплення інформації.

Уразливість захисту являє собою результат помилки або дефекту, якими можна скористатися для порушення системи або інформації, що міститься в ній. Існування уразливості означає можливість реалізації загрози.

Рекомендації МСЕ-Т розрізняють чотири види уразливості:

- ⇒ уразливість, що залежить від моделі загроз, обумовлена складністю прогнозування майбутніх загроз;
- ⇒ уразливість, що обумовлена проектом і технічними характеристиками, є наслідком помилок та упущень при розробці системи або протоколу, які роблять їх уразливими за визначенням;
- ⇒ уразливість реалізації являє собою уразливість, що виникає внаслідок помилок в процесі реалізації системи або протоколу;
- ⇒ уразливість експлуатації та конфігурації виникає внаслідок неналежного використання варіантів при реалізації або неправильної політики та практики впровадження, наприклад: незастосування шифрування в бездротовій мережі.

Ризик порушення безпеки є показником негативних наслідків, які можуть стати, якщо скористатися уразливістю захисту, тобто якщо буде реалізована загроза. Хоча ризик неможливо цілком усунути, однією з цілей захисту є зменшення ризику до прийняттого рівня.

Хоча загрози і фактори загроз змінюються, уразливість захисту буде існувати протягом всього терміну експлуатації системи або протоколу, якщо не вжити конкретних заходів щодо усунення уразливості. Ризики порушення безпеки, зумовлені властивостями протоколу, в разі стандартизованих протоколів можуть бути

досить істотними і глобальними за масштабом. Тому важливо зрозуміти і виявити уразливість протоколів та вжити заходів щодо усунення уразливих елементів при їх виявленні.

Організаційні заходи. Для ефективного вирішення питань і безпосереднього виконання функцій щодо забезпечення кібербезпеки в системі виконавчої влади утворюються (створюються) організаційні структури, відповідальні за кібербезпеку та кіберзахист у державі, що займаються системами спостереження й оповіщення та реагують на інциденти, а також організаційні структури для координації діяльності з реагування на кібератаки. Якщо кібератака відбувається в одній країні, її руйнівні наслідки можуть протягом декількох хвилин досягти своїх жертв у країнах, між якими є з'єднання. Вільний потік інформації, спільна робота та співпраця між національними організаційними структурами мають життєво важливе значення для ефективного усунення таких інцидентів і реагування на них.

Деякі можливі компоненти такої структури можуть містити:

☉ національний координатор з питань кібербезпеки, до завдання якого буде входити організація роботи та координація зусиль, взаємодія з урядом, представниками ділових кіл та наукового співтовариства;

☉ можливості щодо усунення інцидентів з відповідальністю на державному рівні. Ця діяльність повинна передбачати можливе створення Національного центру кібербезпеки з метою установи в середньостроковій/довгостроковій перспективі спеціальних груп CERT/CSIRT.

Для органів державного управління важливо створити або визначити національну організацію (національний центр кіберзахисту) зі статусом первинної ланки, яка була б координуючим органом для забезпечення безпеки кіберпростору та захисту найважливішої інформаційної інфраструктури, основним завданням якого була б діяльність із спостереження, попередження, реагування та відновлення, а також сприяння співробітництву між урядовими органами, приватним сектором, науковими колами та міжнародним співтовариством. Слід передбачити заходи щодо посилення можливостей антикризового реагування в разі катастроф та надзвичайних ситуацій. Доцільно створити національний координаційний орган, відповідальний за збір, аналіз та зберігання статистичної інформації про всі правопорушення (інциденти) у сфері кібербезпеки, у тому числі і про ті, що стосуються поширення та масштабів кіберзлочинності для розробки рекомендацій.

Потрібно створити і впровадити механізм з надання зрозумілих правил щодо того, як повідомляти про незаконний контент, виявлений у мережі Internet (наприклад, державна гаряча лінія, яка має можливість швидкого реагування та видалення незаконного матеріалу або заборони доступу до нього); посилити роль регуляторних органів та уповноважити їх взяти на себе завдання моніторингу діяльності, наприклад, за допомогою груп реагування на комп'ютерні інциденти (CIRT) або груп реагування на порушення комп'ютерного захисту (CERT).

Правові заходи щодо протидії кіберзлочинності

Суспільна небезпека кіберзлочинів полягає в тому, що неправомірний доступ до комп'ютерних систем і мереж може порушити діяльність різноманітних систем автоматизованого контролю та управління об'єктами життєзабезпечення, оборони, енергетики, транспорту, зв'язку, фінансових і медичних установ, завдати не тільки великих матеріальних збитків, а і заподіяти шкоду здоров'ю людей, їх гибель.

При забезпеченні національної кібербезпеки потрібно виходити з необхідності постійного вдосконалення правоохоронних заходів щодо виявлення, попередження, припинення і розкриття кіберзлочинів, актів тероризму, екстремізму, інших злочинних посягань на права і свободи людини, власність, громадський порядок і громадську безпеку, конституційний лад.

Для цього необхідно:

⇒ переглянути (оновити) існуючу правову базу з огляду на стандарти, рекомендації та вимоги ООН, МСЕ, РЕ, ЄС та інших міжнародних організацій;

⇒ удосконалювати законодавство, що дозволяє ефективно розслідувати нові форми кіберзлочинів, які не охоплюються нормами чинного кримінального законодавства, і притягати до відповідальності винних осіб.

Технічні заходи. Слід розробити і впровадити національні стандарти та технічні регламенти застосування ІКТ, гармонізованих з відповідними міжнародними стандартами. Необхідно створити сучасну, надійну й ефективну систему кіберзахисту (СКЗ), здатну в безперервному режимі виявляти кібератаки та несанкціоновані дії, реагувати на них і запобігати їм.

Необхідно визначити об'єкти критичної інфраструктури та створити державні програми щодо їх захисту, а також забезпечити функціонування комплексних систем безпеки об'єктів критичної інфраструктури. Впровадити стандарти та рекомендації МСЕ в сфері кібербезпеки, різні технології на підприємствах і в організаціях для усунення загроз, ризиків і уразливостей.

Захист від кібератак. Неможливо забезпечити адекватний захист без систематичного застосування захисту відповідно до встановленої політикою кібербезпеки. Політика повинна періодично переглядатися і оновлюватися. Також слід належним чином забезпечити управління заходами безпеки та реагування на інциденти. Це передбачає встановлення відповідальності та конкретних дій, які повинні сприяти попередженню, виявленню, розслідуванню та реагування на будь-який інцидент в області безпеки.

Послуги та механізми забезпечення безпеки повинні захищати мережі від навмисних атак, таких, як відмова в обслуговуванні, підслуховування, спуфінг, спотворення повідомлень (зміна, затримка, видалення, вставка, повторна передача перехопленого повідомлення, перемаршрутизація, неправильна маршрутизація або зміна порядку надходження повідомлень), заперечення факту отримання або відправлення чи фальсифікація.

Захист містить у собі попередження, виявлення та відновлення після атаки, а також управління інформацією, що стосується безпеки. Захист повинен передбачати заходи щодо запобігання переривань в обслуговуванні внаслідок природних явищ (таких, як шторми і землетрус) і зловмисних атак (зловмисних або насильницьких дій). Слід також передбачити можливість перехоплення і спостереження належним чином уповноваженими правоохоронними органами.

Сучасні методи забезпечення кібербезпеки містять у собі:

➤ криптографію: ця потужна технологія підтримує низку послуг безпеки, у тому числі шифрування даних при передачі та під час зберігання;

➤ контроль за доступом – для обмеження можливості користувачів у доступі, перегляді або зміні інформації в головних комп'ютерах або мережах;

➤ технічний захист інформації: завдання полягає в недопущенні витоку інформації технічними каналами; у запобіганні зовнішнього впливу на інформацію, обладнання та інші ресурси, забезпечення фізичного захисту інформаційних ресурсів і кіберсередовища від несанкціонованого доступу;

- цілісність системи – для того, щоб система та її дані не були змінені або створені неуповноваженими сторонами чи несанкціонованим чином;
- аудит, реєстрацію та моніторинг: допомагає системним адміністраторам збирати й аналізувати мережні журнали під час і після зловмисних дій. Дані можуть використовуватися для оцінки ефективності стратегії безпеки;
- управління безпекою: забезпечується і допомагає системним адміністраторам при аналізі та налаштуванні параметрів безпеки на їх головних комп'ютерах і мережах. Адміністративний контроль може використовуватися для перевірки точності функціонування мережі та підключення установки елементів. Керівництвом для розробки всеосяжної політики в галузі безпеки, планів реагування на інциденти та відновлення може служити Архітектура, передбачена в Рекомендації МСЕ-Т Х.805.

Захист дітей в онлайн-середовищі (заходи щодо посилення захисту дітей). Захист дітей в онлайн-середовищі передбачає створення технічних механізмів, що мають на меті зменшення ризиків для дітей та молоді, які працюють в онлайн-режимі, передаючи:

- розробку механізмів автентифікації і авторизації для забезпечення захисту дітей від неналежного матеріалу;
- розробку міжнародно визнаної бази даних для правоохоронних органів;
- розроблення та впровадження національної стратегії (концепції), спрямованої на безпеку дітей в онлайн-режимі;
- ознайомлення з існуючими на цей час пакетами програм забезпечення безпеки дитини, що містять як безкоштовні, так і комерційні продукти, і впровадити (використовувати) їх на національному рівні.

8.2. Технічний захист інформації

Поняття про систему технічного захисту інформації

Технічний захист інформації (ТЗІ) – це вид захисту інформації, спрямований на забезпечення за допомогою інженерно-технічних заходів та/або програмних і технічних засобів унеможливлення витоку, знищення та блокування інформації, порушення цілісності та режиму доступу до інформації [8.10]. Він реалізується системою ТЗІ, яка згідно з державним стандартом [8.11] є сукупністю організаційних структур, нормативно-правових документів та матеріально-технічної бази. Системи складаються з технічних засобів, організаційних заходів захисту та криптографічних засобів. Криптографічні заходи мають тут обмежене, але невід'ємне застосування – для захисту інформації, що зберігається на носіях та передається каналами зв'язку між елементами інформаційної системи. Серед організаційних засобів захисту істотною роль відіграють механізми захисту, які пов'язані з персоналом.

У технічному плані ціль захисту інформації полягає у виконанні норм, заходів та дій, спрямованих на попередження шкоди та/або збитків у разі реалізації атак і загроз інформації. Захист здійснюється комплексною системою захисту інформації (КСЗІ), яка складається з правового, організаційно-методичного, технічного, програмного, інформаційного та математичного забезпечень, які попереджують реалізацію загроз або істотно утруднюють реалізацію атак. Комплекс засобів захисту розглядається як набір функціональних послуг, які становлять необхідний функціональний профіль захисту. Кожна послуга являє собою набір функцій, які дозволяють протистояти певній множині загроз.

У сфері ТЗІ розглядаються канали витоку інформації та канали впливу на інформаційні ресурси. Каналами витоку інформації є технічні, антропогенні канали витоку та канали несанкціонованого доступу (НСД). Вплив на інформацію та інші інформаційні ресурси здійснюється технічними каналами.

Класифікація технічних каналів витоку інформації

Технічний канал витоку інформації – це сукупність об'єкта розвідки, технічного засобу розвідки, за допомогою якого добувається інформація про цей об'єкт, і фізичного середовища, в якому поширюється інформаційний сигнал. Класифікацію технічних каналів витоку показано на **рис. 8.1**.

Сигнали є матеріальними носіями інформації. За своєю фізичною природою сигнали можуть бути електричними, електромагнітними, акустичними та ін. Тобто сигналами, як правило, є електричні, електромагнітні, механічні та інші види коливань (хвиль), причому інформація утримується в їх змінюваних параметрах. Залежно від природи сигнали поширюються в певних фізичних середовищах. У загальному випадку середовищем поширення можуть бути газові (повітряні), рідинні (водні) та тверді середовища. Наприклад, повітряний простір, конструкції будинків, з'єднувальні лінії та струмопровідні елементи, ґрунт (земля) тощо.

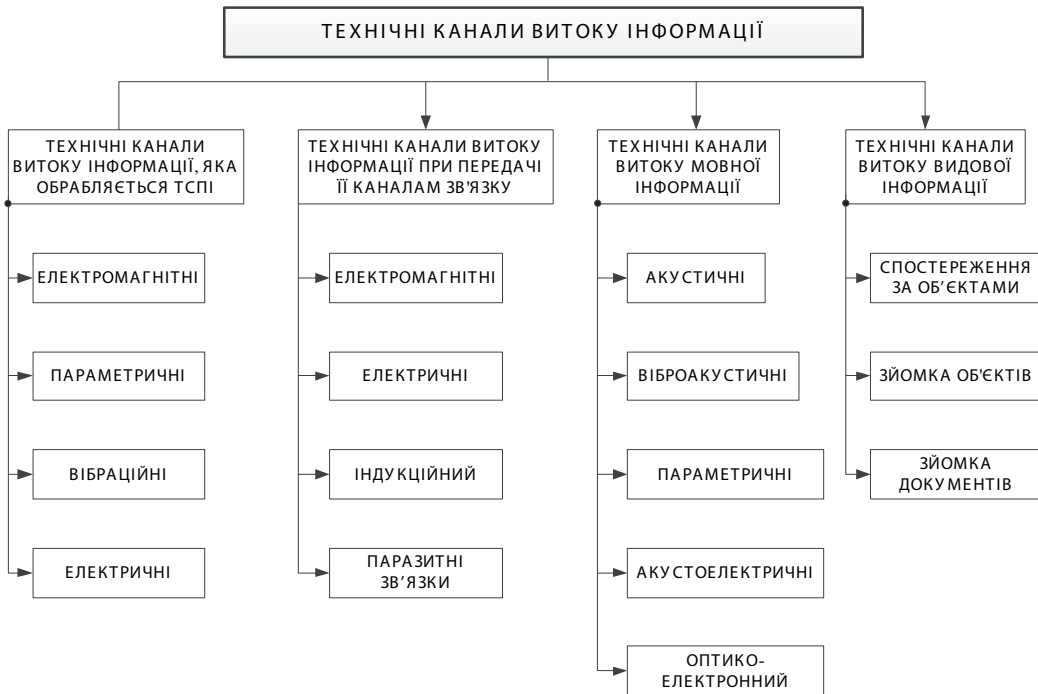


Рис. 8.1. Технічні канали витоку інформації

Під акустичною мається на увазі інформація, носієм якої є акустичні сигнали. Якщо джерелом інформації є людське мовлення, акустична інформація називається мовною. Акустичний сигнал являє собою збурювання пружного середовища, що виявляється у виникненні акустичних коливань різної форми та тривалості. Акустичними називаються механічні коливання часток пружного середови-

ща, що поширюються від джерела коливань у навколишній простір у вигляді хвиль різної довжини.

Первинними джерелами акустичних коливань є механічні коливальні системи, наприклад органи мовлення людини, а вторинними – перетворювачі різного типу, у тому числі електроакустичні. Останні являють собою пристрої, які призначені для перетворення акустичних коливань на електричні та навпаки. До них належать п'єзоелементи, мікрофони, телефони, гучномовці та інші пристрої. Залежно від форми акустичних коливань розрізняють прості (тональні) та складні сигнали. Тональний – це сигнал, спричинюваний коливанням, що відбувається за синусоїдальним законом. Складний сигнал містить цілий спектр гармонічних складових. Мовний сигнал є складним акустичним сигналом у діапазоні частот від 200...300 Гц до 4...6 кГц.

Залежно від фізичної природи виникнення інформаційних сигналів, середовища поширення акустичних коливань і способів їх перехоплювання технічні канали витоку акустичної (мовної) інформації можна розподілити на повітряні, вібраційні, електроакустичні, електричні, електромагнітні, оптико-електронні та параметричні.

Найчастіше канали витоку виникають за рахунок технічних засобів приймання, опрацювання, зберігання та передавання інформації, які безпосередньо опрацюють конфіденційну інформацію. До таких засобів належать: електронно-обчислювальна техніка, режимні АТС, системи оперативного-командного й гучномовного зв'язку, системи звукопідсилювання, звукового супроводження й звукозапису тощо.

При виявленні технічних каналів витоку інформації технічні засоби приймання, опрацювання, зберігання й передавання інформації необхідно розглядати як систему, яка містить основне (стаціонарне) обладнання, прикінцеве обладнання, з'єднувальні лінії (сукупність проводів і кабелів, прокладених поміж окремими технічними засобами прийому, опрацювання, зберігання й передачі інформації та їх елементами), розподільне й комутаційне обладнання, системи електроживлення, системи заземлення.

Окремі технічні засоби чи група технічних засобів, призначених для опрацювання конфіденційної інформації, разом із приміщеннями, в яких вони розміщуються, становлять об'єкт інформаційної діяльності. Під об'єктами інформаційної діяльності розуміють також виділені приміщення, які слугують для проведення закритих заходів.

Поряд з технічними засобами приймання, опрацювання, зберігання й передавання інформації в приміщеннях встановлюються технічні засоби та системи, які безпосередньо не беруть участі в опрацюванні конфіденційної інформації, але використовуються разом з технічними засобами приймання, опрацювання, зберігання та передавання інформації та перебувають у зоні електромагнітного поля, яке ними створюється. Такі технічні засоби і системи є допоміжними технічними засобами та системами. До них належать: технічні засоби відкритого телефонного, гучномовного зв'язку, системи пожежної й охоронної сигналізації, електрифікації, радіофікації, часофікації, електропобутові прилади тощо.

Як можливі канали витоку інформації найбільший інтерес являють допоміжні технічні засоби та системи, котрі мають вихід за межі зони, яка контролюється, тобто зони, в якій унеможливлене неконтрольоване з'явлення осіб та транспортних засобів, які не мають постійних чи тимчасових перепусток.

Окрім з'єднувальних ліній технічних засобів приймання, опрацювання, зберігання й передавання інформації та допоміжних технічних засобів і систем, за межі контрольованої зони можуть виходити проводи та кабелі, які до них не належать, але проходять через приміщення, де встановлено технічні засоби, а також металеві труби систем опалення, водозабезпечення й інші струмопровідні металоконструкції. Такі проводи, кабелі та струмопровідні елементи називають сторонніми провідниками.

Повітряні технічні канали витоку інформації. У повітряних технічних каналах витоку інформації середовищем поширення акустичних сигналів є повітря, і для їх перехоплення використовуються мініатюрні височочутливі мікрофони та спеціальні спрямовувальні мікрофони.

Мініатюрні мікрофони поєднуються (чи з'єднуються) з портативними звукозаписувальними пристроями (диктофонами) або спеціальними мініатюрними передавачами. Автономні пристрої, що конструктивно поєднують мікрофони та передавачі, називають закладними пристроями перехоплення мовної інформації, або просто акустичними закладками.

Перехоплена закладними пристроями мовна інформація може передаватися радіоканалом, оптичним каналом (в інфрачервоному діапазоні довжин хвиль) мережею змінного струму, з'єднувальними лініями допоміжних технічних засобів і систем, сторонніми провідниками (трубами водопостачання та каналізації, металоконструкціями тощо). Причому для передавання інформації з труб та металоконструкцій можуть використовуватися не лише електромагнітні, але й механічні ультразвукові коливання.

Приймання інформації, переданої закладними пристроями, здійснюється, як правило, на спеціальні приймальні пристрої. Однак трапляються закладні пристрої, приймання інформації з яких можна здійснювати зі звичайного телефонного апарата. Такі пристрої встановлюються або безпосередньо в корпусі телефонного апарата, який перебуває в контрольованому приміщенні «телефон-спостерігач», або підключаються до телефонної лінії, найчастіше в телефонній розетці. Такий пристрій конструктивно поєднує мініатюрний мікрофон і спеціальний блок комутації та часто називається «телефонним вухом». Блок комутації підключає мікрофон до телефонної лінії при з'єднанні за певною схемою до «телефону-спостерігача» або подаванні в лінію спеціального кодованого сигналу.

Використання портативних диктофонів та акустичних закладок вимагає проникнення на контрольований об'єкт (у приміщення). У тому разі коли це не вдається, для перехоплення мовної інформації використовуються спрямовувані мікрофони.

Вібраційні технічні канали витоку інформації. У вібраційних технічних каналах витоку інформації середовищем поширення акустичних сигналів можуть бути конструкції будинків, споруд (стіни, стелі, підлоги), труби водопостачання, опалення, каналізації, вентиляційні канали. Для перехоплення акустичних коливань у цьому разі використовуються контактні мікрофони (стетоскопи). Контактні мікрофони, з'єднані з електронним підсилювачем, називають електронними стетоскопами. На вібраційному каналі також можливе перехоплення інформації з використанням закладних пристроїв. Переважно для передавання інформації використовується радіоканал, тому такі пристрої часто називають радіостетоскопами. Можливе використання закладних пристроїв з передаванням інформації з оптичного каналу в близькому інфрачервоному діапазоні довжин хвиль, а також з ультразвуковим каналом.

Електроакустичні технічні канали витоку інформації. Електроакустичні технічні канали витоку інформації виникають унаслідок електроакустичних перетворень акустичних сигналів на електричні та містять у собі перехоплення акустичних коливань технічними засобами й системами, яким притаманний «мікрофонний ефект», а також шляхом «високочастотного нав'язування».

Деякі елементи допоміжних технічних засобів та систем, у тому числі трансформатори, котушки індуктивності, електромагніти вторинних електромагнітників, дзвінки телефонних апаратів, дроселі ламп денного світла, електрореле й т.ін., мають властивість змінювати свої параметри (ємність, індуктивність, опір) під дією акустичного поля, створюваного джерелом акустичних коливань. Змінювання параметрів призводить або до виникнення на цих елементах електрорушійної сили, яка змінюється за законом змінювання впливаючого інформаційного акустичного поля, або до модуляції струмів, що протікають цими елементами, інформаційним сигналом. Наприклад, акустичне поле, впливаючи на якір електромагніта викличного телефонного дзвінка, спричинює його коливання. Внаслідок цього змінюється магнітний потік осердя електромагніту. Змінювання цього потоку спричинює виникнення електрорушійної сили самоіндукції в котушці дзвінка, яка змінюється за законом змінювання акустичного поля.

Допоміжні технічні засоби та системи, окрім зазначених елементів, можуть містити безпосередньо електроакустичні перетворювачі. До таких засобів і систем належать деякі датчики пожежної сигналізації, гучномовці ретрансляційної мережі тощо. Нагадаємо, що ефект електроакустичного перетворення акустичних коливань на електричні часто називають «мікрофонним ефектом». Найбільшу чутливість до акустичного поля мають абонентські гучномовці й деякі датчики пожежної сигналізації.

Перехоплення акустичних коливань у певному каналі витоку інформації здійснюється шляхом безпосереднього приєднання до з'єднувальних ліній допоміжних технічних засобів та систем, яким притаманний «мікрофонний ефект», спеціальних високочутливих низькочастотних підсилювачів. Наприклад, приєднуючи такі засоби до з'єднувальних ліній телефонних апаратів з електромеханічними викличними дзвінками, можна прослуховувати розмови, що відбуваються в приміщеннях, де встановлено ці апарати.

Технічний канал витоку інформації через «високочастотне нав'язування» може бути прокладений шляхом несанкціонованого контактного впровадження струмів високої частоти від відповідного генератора в лінії (колі), що мають функціональні зв'язки з нелінійними чи параметричними елементами допоміжних технічних засобів та систем, на яких відбувається модулювання високочастотного сигналу інформаційним. Інформаційний сигнал у таких елементах допоміжних технічних засобів та систем виникає внаслідок електроакустичного перетворення акустичних сигналів на електричні. Через те, що нелінійні чи параметричні елементи допоміжних технічних засобів та систем для високочастотного сигналу, як правило, являють собою незгоджене навантаження, промодульований високочастотний сигнал відбиватиметься від неї й поширюватиметься у зворотному напрямку або випромінюватиметься. Для приймання випромінених або відбитих високочастотних сигналів використовуються спеціальні приймачі з вельми високою чутливістю. Для запобігання впливові зондувального та перевідбитого сигналів можуть використовуватися імпульсні сигнали. Найчастіше такий канал витоку інформації використовується для перехоплювання розмов,

які відбуваються в приміщенні, через телефонний апарат, котрий має вихід за межі контрольованої зони. Для запобігання впливові високочастотного сигналу на апаратуру АТС у лінію, що йде в її бік, встановлюється спеціальний високочастотний фільтр.

Електричні канали витоку інформації. Причинами виникнення електричних каналів втрати інформації можуть бути:

- ❖ наведення електромагнітних випромінювань технічних засобів обробки інформації на з'єднувальні лінії допоміжних технічних засобів і систем та сторонні провідники, які виходять за межі контрольованої зони;

- ❖ просочування інформації колами електроживлення технічних засобів приймання, опрацювання, зберігання та передавання інформації;

- ❖ просочування інформаційних сигналів у колах заземлення технічних засобів приймання, опрацювання, зберігання й передавання інформації.

Наведення електромагнітних випромінювань технічних засобів приймання, опрацювання, зберігання та передавання інформації виникають при випромінюванні елементами технічних засобів приймання, опрацювання, зберігання та передачі інформації інформаційних сигналів, а також за наявності гальванічного зв'язку з'єднувальних ліній та сторонніх провідників чи ліній допоміжних технічних засобів і систем. Рівень сигналів, які наводяться, чималою мірою залежить від потужності сигналів, що випромінюються, відстані до провідників, а також довжини спільного пробігу з'єднувальних ліній технічних засобів приймання, опрацювання, зберігання й передавання інформації та сторонніх провідників. Випадковою антеною є коло допоміжних технічних засобів і систем або сторонні провідники, які можуть приймати побічні електромагнітні випромінювання. Випадкові антени можуть бути зосереджуваними та розподіленими.

Зосереджувана випадкова антена являє собою компактний технічний засіб, наприклад телефонний апарат, гучномовець радіотрансляційної мережі тощо.

До розподілених випадкових антен належать випадкові антени з розподіленими параметрами: кабелі, проводи, металеві труби й інші струмопровідні комунікації. Просочування інформаційних сигналів в колах електроживлення можливе за наявності електромагнітного зв'язку поміж вихідним трансформатором підсилювача та трансформатором випрямного пристрою. Окрім того, струм підсилювальних інформаційних сигналів замикається через джерело електроживлення, створюючи на його внутрішньому опорі падіння напруги, яке за недостатнього загасання у фільтрі випрямного пристрою може бути виявлене в лінії електроживлення.

Інформаційний сигнал може проникнути до кіл електроживлення також внаслідок того, що середнє значення струму, споживаного в прикінцевих каскадах підсилювачів, більшою чи меншою мірою залежить від амплітуди інформаційного сигналу, що створює нерівномірне завантаження на випрямному пристрої і призводить до змінювання струму за законом змінювання інформаційного сигналу.

Окрім заземлювальних проводів, які призначені для безпосереднього з'єднання технічних засобів приймання, опрацювання, зберігання та передавання інформації з контуром заземлення, гальванічний зв'язок можуть мати різноманітні проводи, які виходять за межі контрольованої зони. До них належать нульовий провід мережі електроживлення, екрани (металеві оболонки з'єднувальних кабелів, металеві труби систем опалення й водопостачання, металева арматура залізобетонних конструкцій тощо). Усі ці провідники разом із заземлювальним

пристроєм створюють розгалужену систему заземлення, на яку можуть наводитися інформаційні сигнали. Окрім того, у ґрунті навколо заземлювального пристрою виникає електромагнітне поле, яке також є джерелом інформації.

Перехоплення інформаційних сигналів в електричних каналах витоку можливе шляхом безпосереднього приєднання до з'єднувальних ліній допоміжних технічних засобів, систем і сторонніх провідників, які проходять через приміщення, де встановлено технічні засоби приймання, опрацювання, зберігання та передавання інформації, а також до їх систем електроживлення й заземлення. Для цих цілей використовуються спеціальні засоби радіотехнічної розвідки, а також спеціальна вимірювальна апаратура.

Електричний канал перехоплення інформації, яка передається кабельними лініями зв'язку, передбачає контактне приєднання апаратури розвідки до кабельних ліній зв'язку. Найпростіший спосіб – це безпосереднє паралельне приєднання до ліній зв'язку. Але такий факт легко виявляється, оскільки призводить до змінювання характеристик лінії зв'язку через спадання напруги. Тому засоби розвідки до лінії зв'язку приєднуються або через узгоджувальний пристрій, дещо знижуючи спадання напруги, або через спеціальні пристрої компенсації спадання напруги. В останньому випадку апаратура розвідки та пристрої компенсації спадання напруги вмикаються в лінію зв'язку послідовно, що істотно ускладнює виявлення факту несанкціонованого приєднання до лінії. Контактний спосіб використовується в основному для знімання інформації з коаксіальних та низькочастотних кабелів.

Електричний канал найчастіше використовується для перехоплення телефонних розмов. При цьому перехоплювана інформація може безпосередньо записуватися на диктофон або передаватися радіоканалом у пункт приймання для її запису й аналізу. Пристрої, які приєднуються до телефонних ліній зв'язку та скомпенсовані з пристроями передавання інформації радіоканалом, часто називають телефонними закладками.

У разі використання сигнальних пристроїв контролю цілісності лінії зв'язку, її активного й реактивного опору факт контактного приєднання до неї апаратури розвідки буде виявлено. Тому спецслужби найчастіше використовують індуктивний канал перехоплення інформації, який не потребує контактного приєднання до каналів зв'язку. У цьому каналі використовується ефект виникнення навколо кабелю зв'язку електромагнітного поля під час проходження ними інформаційних електричних сигналів, які перехоплюються спеціальними індукційними датчиками. Індукційні датчики використовуються переважно для знімання інформації із симетричних високочастотних кабелів. Сигнали з датчиків підсилюються, здійснюється частотне розділення каналів, а інформація, яка передається окремими каналами, записується на магнітофон, або високочастотний сигнал записується на спеціальний магнітофон. Сучасні індукційні датчики можуть знімати інформацію з кабелів, захищених не лише ізоляцією, але й подвійним панцирем із сталеві стрічки та сталевого дроту, який щільно обвиває кабель.

Для безконтактного знімання інформації з незахищених телефонних ліній зв'язку можуть використовуватись спеціальні низькочастотні підсилювачі, забезпечені магнітними антенами. Деякі засоби безконтактного знімання інформації, що передається каналами зв'язку, можуть сполучатися з радіопередавачами для ретрансляції в центр її опрацювання.

Електромагнітні канали витоку інформації. До електромагнітних каналів витоку інформації належать канали, які виникають через різноманітні сторонні

електромагнітні випромінювання технічних засобів приймання, опрацювання, зберігання, передавання (далі – обробки) інформації:

- випромінювання елементів технічних засобів обробки інформації;
- випромінювання на частотах роботи генераторів обробки інформації;
- випромінювання на частотах самозбудження підсилювачів низької частоти технічних засобів обробки інформації.

У технічних засобах обробки інформації носієм інформації є електричний струм, параметри якого (сила струму, напруга, частота та фаза) змінюються за законом інформаційного сигналу. При проходженні електричного струму струмопровідними елементами технічних засобів обробки інформації довкола них виникають електричне та магнітне поля. Тому елементи технічних засобів обробки інформації можна розглядати як випромінювачі електромагнітного поля, модульованого за законом змінювання інформаційного сигналу.

До складу технічних засобів обробки інформації та допоміжних технічних засобів і систем можуть входити різного роду високочастотні генератори. До них можна віднести: задавальні генератори, генератори тактової частоти, генератори стирання та підмагнічування, гетеродини радіоприймальних і телевізійних пристроїв, генератори вимірювальних приладів тощо.

Внаслідок зовнішніх впливів інформаційного сигналу (наприклад, електромагнітних коливань) на елементах ВЧ генераторів наводяться електричні сигнали. Приймачем магнітного поля можуть бути котушки індуктивності коливальних контурів, дроселі в колах електроживлення тощо. Приймачем електричного поля є проводи високочастотних кіл, інші елементи. Наведені електричні сигнали можуть спричинити неумисну модуляцію власних ВЧ коливань генераторів. Ці промодульовані ВЧ коливання випромінюються у навколишній простір.

Самозбудження підсилювачів технічних засобів обробки інформації (наприклад, підсилювачів систем звукопідсилення та звукового супроводження, магнітофонів, систем гучномовного зв'язку) можливе за рахунок випадкових перетворень від'ємних зворотних зв'язків (індуктивних чи ємнісних) на паразитні додатні, що призводить до переведення підсилювача з режиму підсилення до режиму генерування сигналів. Частота самозбудження лежить в границях робочих частот нелінійних елементів підсилювача (наприклад, напівпровідникових приладів, електровакуумних ламп тощо). Сигнал на частотах самозбудження зазвичай є промодульованим інформаційним сигналом. Самозбудження спостерігається переважно при переведенні підсилювача в нелінійний режим роботи, тобто до режиму перевантаження. перехоплення побічних електромагнітних випромінювань технічних засобів обробки інформації здійснюється засобами радіо, радіотехнічної розвідки, розміщеними поза контрольованою зоною.

Оптикоелектронні технічні канали витоку інформації. Оптикоелектронні (лазерні) канали витоку акустичної інформації утворюються при опроміненні лазерним променем вібруючих в акустичному полі тонких відбивальних поверхонь (шибок вікон, картин, дзеркал тощо). Відбите лазерне випромінювання (дифузійне чи дзеркальне) модулюється за амплітудою та фазою (за законом вібрації поверхні) і приймається приймачем оптичного (лазерного) випромінювання, за демодуляції якого виокремлюється мовна інформація. Причому лазер та приймач оптичного випромінювання можуть бути встановлені в одному чи різних місцях (приміщеннях).

Для перехоплення мовної інформації з каналу використовуються складні лазерні акустичні локаційні системи, які іноді називають «лазерними мікрофонами». Працюють вони у близькому інфрачервоному діапазоні хвиль.

Параметричні технічні канали витоку інформації. Унаслідок впливу акустичного поля змінюється тиск на всі елементи високочастотних генераторів технічних засобів передавання інформації та допоміжних технічних засобів і систем. При цьому змінюється (трохи) взаємне розміщення елементів схем, дротів у котушках індуктивності, дроселів тощо, що може призвести до змінювання параметрів високочастотного сигналу, наприклад – до модуляції його інформаційним сигналом. Тому цей канал витоку інформації називається параметричним. Це зумовлено тим, що невелике змінення взаємного розміщення, наприклад дротів у котушках індуктивності (відстані між вітками), призводить до змінення їх індуктивності, а отже, до змінення частоти випромінювання генератора, тобто до частотної модуляції сигналу. Або вплив акустичного поля на конденсатори призводить до змінення відстані між пластинами та, отже, до змінення його ємності, що, у свою чергу, також призводить до частотної модуляції високочастотного сигналу генератора. Найчастіше спостерігається паразитна модуляція інформаційним сигналом випромінювання гетеродинів радіоприймальних та телевізійних пристроїв, які розміщені у виділених приміщеннях та мають конденсатори змінної ємності з повітряним діелектриком у коливальних контурах гетеродинів. Промодульовані інформаційним сигналом високочастотні коливання випромінюються в навколишній простір і можуть бути перехоплені та детектовані засобами радіорозвідки.

Параметричний канал витоку інформації може бути реалізовано і шляхом «високочастотного опромінювання» приміщення, де встановлено напівактивні закладні пристрої з елементами, деякі параметри яких (наприклад, добротність та резонансна частота об'ємного резонатора) змінюються за законом зміни акустичного (мовного) сигналу.

При опромінюванні потужним високочастотним сигналом приміщення, де встановлено такий закладний пристрій, виникає взаємодія опромінювального електромагнітного поля зі спеціальними елементами закладки (наприклад, чвертьхвильовим вібратором), утворюються вторинні радіохвилі, тобто відбувається перевипромінювання електромагнітного поля. А спеціальний пристрій закладки (наприклад, об'ємний резонатор) забезпечує амплітудну, фазову чи частотну модуляцію перевідбитого сигналу за законом змінювання мовного сигналу. Такі закладки іноді називають напівактивними. Для перехоплення інформації на певному каналі необхідні спеціальні високочастотні генератори з антенами, які мають вузькі діаграми спрямованості та спеціальні радіоприймальні пристрої.

Сьогодні для передавання інформації використовують в основному КВ, УКВ, радіорелейні, тропосферні та космічні канали зв'язку, а також кабельні й волоконно-оптичні лінії зв'язку. Залежно від виду каналів зв'язку технічні канали перехоплювання інформації можна поділити на електромагнітні, електричні та індукційні.

Високочастотні електромагнітні випромінювання передавачів засобів зв'язку, модульовані інформаційним сигналом, можуть перехоплюватися портативними засобами радіорозвідки та у разі потреби передаватися до центру опрацювання для їх декодування.

Засоби виявлення технічних каналів витоку

Принцип дії більшості індикаторів електромагнітного поля заснований на широкосмуговому детектуванні електричного поля. Індикатори забезпечують можливість виявлення радіопередавальних прослуховуючих пристроїв з будь-якими видами модуляції. Багато комплексів для проведення спецдосліджень дозволяють в автоматичному режимі розв'язувати низку завдань вимірювань ПЕМВН і полегшують роботу інженера-дослідника.

Деякі комплекси на основі скануючих приймачів або аналізаторів спектра застосовуються для швидкого аналізу спектра ПЕМВН, випромінюваних технічним засобом, але не забезпечують високої точності вимірювань. У разі потреби видачі припису на експлуатацію технічного засобу вимірювання, проведені за допомогою таких комплексів, підлягають обов'язковій ручній перевірці з використанням методологічного вимірювального обладнання (вимірювальних приймачів або аналізаторів спектра).

Автоматизація виявлення гармонічних складових тестового сигналу. Зазвичай інженер-дослідник шукає гармонічні складові «на слух», розпізнаючи розшукувані компоненти за звуком і формою осцилограми демодульованого сигналу. Інструментальна реалізація такого режиму призводить до того, що автоматична система, яка розпізнає сигнали за їх формою, працює не набагато швидше кваліфікованого інженера-дослідника. Тому в перших комплексах цей режим не було реалізовано, а впізнання проводилося за критерієм зміни рівнів сигналів при включенні тестового режиму на досліджуваному технічному засобі (так званий «енергетичний критерій»). Такий спосіб дає непогані результати: вся робота з виявлення зводиться до двох проходів сканування діапазону спецдосліджень: при першому проході запам'ятовується картина шумів у вимкненому тестовому режимі, при другому проході досліджуваний технічний засіб переводиться в тестовий режим, і вимірюються рівні всіх сигналів, що перевищують запам'ятовані шуми на задане значення порогу. Прискорення роботи досягається дуже істотно: замість кількох годин спецдослідження виконується за лічені хвилини. У результаті інженер-дослідник отримує таблицю частот і рівнів сигналів (типова кількість виявлених складових – декілька сотень) і може розрахувати зони розвіддоступності. Однак результати розрахунку можуть виявитися невірними, оскільки електромагнітний стан змінюється з часом. У діапазоні від 9 кГц до 1000 МГц працюють тисячі радіостанцій і джерел радіоперешкод. Деякі з них час від часу вмикаються і вимикаються, і якщо якесь джерело радіовипромінювання не працювало під час сканування спектра шумів, а при другому проході увімкнулось, його частота виявиться у списку виявлених складових. Звичайно, це може випадково змінити розраховані розміри зон розвіддоступності. Операторові доводиться вручну перевіряти всі виявлені складові, на що буде витрачено час.

У більш досконалих комплексах застосовується автоматичне розпізнавання інформаційних сигналів. Згідно з методикою інженеру-досліднику пропонується виконати пошук будь-якої гармонічної складової вручну чи в спеціальному «напівавтоматичному» режимі або створити еталонний образ шуканого сигналу за допомогою редактора (генератора), або обрати раніше створений образ із бібліотеки, після чого комплекс автоматично виявляє в ефірі сигнали, схожі на заданий сигнал. Для впізнання сигналів у таких комплексах застосовується взаємно кореляційна функція. Це більше витратний за часом спосіб, але й істотно більш точний.

Вимірювання наведень у мережі живлення, лініях і комунікаціях. Згідно з чинними нормативними документами, вимірювання наведень у мережі живлення повинно здійснюватися за допомогою еквівалента мережі або пробників напруги. Еквівалент мережі досить складний і порівняно дорогий пристрій, однак вимірювання, проведені за його допомогою, зазвичай точніші вимірювань, виконаних за допомогою пробника напруги. «Чиста» мережа, імітована еквівалентом мережі, дозволяє вимірювати створювані досліджуванним технічним засобом наведення в мережу живлення, рівень яких на 4–6 дБ вище власних шумів еквівалента ме-

режі, тоді як точність вимірювань, що виконуються за допомогою пробника напруги, залежить від рівнів шуму мережі живлення. Для автоматизованих вимірювальних систем дуже важлива можливість використання у своєму складі різних приймальних пристроїв: антен, пробників напруги, еквівалентів мережі. Відповідно в програмному забезпеченні комплексу повинен бути передбачений механізм підтримки додаткових приймальних пристроїв, а саме можливість уведення таких параметрів, як робочий діапазон, антенні коефіцієнти (коефіцієнти загасання або посилення) та їх автоматичний облік у процесі вимірювань.

Особливості функціонування різного роду технічних засобів радіомоніторингу та виявлення закладних пристроїв розглянемо на конкретних прикладах їх технічної реалізації.

Слід наголосити на ефективному використанні досить простих і недорогих багатофункціональних комплектів для виявлення каналів витоку інформації, таких, наприклад, як «ПКУ-6М» і «Піранья». Для виявлення технічних каналів витоку інформації широко застосовують доглядові пристрої, такі, як металодетектори, різноманітні ендоскопи, рентгенотелевізійні установки.

Сфера застосування металодетекторів (металопрошукачів, металовиявлювачів), що дозволяють реєструвати заборонені та небезпечні металеві предмети у непровідному середовищі, весь час розширюється. Останнім часом актуальною стало завдання оснащення металодетекторами таких суто цивільних об'єктів, як школи, лікарні, театри тощо.

Металодетектори застосовуються сьогодні також у дефектоскопії (пошук металевих включень у різних матеріалах), рудний електророзвідці, у системах контролю доступу, запобігання розкраданням тощо.

Портативні рентгенотелевізійні установки застосовуються для проведення заходів щодо виявлення вибухових пристроїв у надісланих згортках, сумках, ручній поклажі, багажі, а також для пошуку приховано встановлених засобів знімання інформації в предметах інтер'єру і меблів, різних побутових приладах.

Ендоскопи призначені для огляду важкодоступних місць у будівельних конструкціях, транспортних засобах, контейнерах, вузлах технологічного устаткування тощо з метою виявлення вибухових пристроїв, зброї, контрабанди, а також негласно встановлених засобів знімання інформації. Спеціальне покриття робочої частини дозволяє обстежити вміст судин з агресивними рідинами, наприклад бензобаки. Ендоскопи можуть комплектуватися мережними освітлювачами (потужністю 100 ВА) і фототелевізійним трактом, що дозволяє отримати високоякісне зображення спостережуваного об'єкта на екрані дисплея.

До сучасного автоматизованого пошуково-вимірювального обладнання належить АКОР ЗПК – автоматизований комплекс радіомоніторингу та пошуку закладних пристроїв, виявлення та вимірювання ПЕМВН від засобів ЕОТ, оргтехніки та пристроїв зв'язку (<http://www.akor.com.ua>). Комплекс складається із скануючого приймача AP3000, ноутбука, антен, мікрофонів, фільтрів тощо та програмного забезпечення.

Функції комплексу:

⇒ перевірка и контроль приміщень, електромережі, телефонних ліній та офісної техніки на наявність пристроїв негласного знімання мовної інформації, відеокамер та інфрачервоних передавачів (заставних пристроїв);

⇒ виявлення каналів витоку інформації, що передається радіоефіром (радіостанції, телефони стільникового зв'язку стандартів GSM 900/1800, CDMA, DECT;

систем передачі даних 3G, Bluetooth, Wi-Fi, WiMAX та інших засобів зв'язку), акустичними та віброакустичними каналами;

⇒ виявлення і вимірювання побічних електромагнітних випромінювань і наведень (ПЕМВН) від персональних комп'ютерів (ПК), оргтехніки, апаратури зв'язку та засобів телекомунікацій;

⇒ знаходження серед виявлених ПЕМВН інформативних сигналів та оцінка можливості їх перехоплення.

Концепція та методи інженерно-технічного захисту інформації

Системи технічного захисту. Концепція інженерно-технічного захисту інформації визначає основні принципи, методи та засоби забезпечення інформаційної безпеки об'єктів. Вона являє собою загальний задум і принципи забезпечення інформаційної безпеки об'єкта за умов загроз і містить у собі: оцінку загроз; систему захисту інформації; принцип побудови системи захисту.

Інженерно-технічний захист – це сукупність спеціальних органів, технічних засобів і заходів щодо їх використання для захисту конфіденційної інформації.

Ефективний технічний захист інформаційних ресурсів є невід'ємною частиною комплексної системи забезпечення інформаційної безпеки та сприяє оптимізації фінансових витрат на організацію захисту інформації. Технічний захист інформації передбачає комплекс заходів щодо захисту інформації від несанкціонованого доступу різними каналами, а також нейтралізацію спеціальних впливів на неї – знищення, перекручування чи блокування доступу.

Цілі та завдання технічного захисту:

- запобігання проникненню зловмисника до джерел інформації для їх знищення, викрадення або зміни;

- захист носіїв інформації від знищення внаслідок різноманітних природних і техногенних впливів;

- запобігання витоку інформації різноманітними технічними каналами.

Принципи проектування систем технічного захисту:

- ⇒ безперервність захисту інформації в просторі та в часі, повсякчасна готовність і висока ступінь ефективності з ліквідації загроз інформаційній безпеці;

- ⇒ багатозональний і багаторубіжний захист, що задає розміщення інформації різної цінності у вкладених зонах з контрольованим рівнем безпеки;

- ⇒ вибірковість, яка полягає в запобіганні загрозам, у першу чергу, для найважливішої інформації;

- ⇒ інтеграція (взаємодія) різноманітних систем захисту інформації з метою підвищення ефективності багатокomпонентної системи безпеки;

- ⇒ створення централізованої служби безпеки в інтегрованих системах.

За функціональним призначенням засоби інженерно-технічного захисту поділяються на такі групи:

- інженерні засоби, що являють собою різні пристрої та споруди, які протидіють фізичному проникненню зловмисників на об'єкти захисту;

- апаратні засоби (вимірювальні прилади, пристрої, програмно-апаратні комплекси тощо), призначені для виявлення каналів витоку інформації, оцінки їх характеристик та захисту інформації;

- програмні засоби, програмні комплекси та системи захисту інформації в інформаційних системах різного призначення і в засобах обробки даних;

➤ криптографічні засоби, спеціальні математичні та алгоритмічні засоби захисту комп'ютерної інформації, що передається відкритими системами передачі даних і мережами зв'язку.

У концепції інженерно-технічного захисту інформації, крім цілей і завдань системи безпеки, визначаються принципи її організації та функціонування, правові основи, види загроз і ресурси, які підлягають захисту, а також основні напрямки розробки системи безпеки, що містять у собі: фізичний, правовий, організаційний, економічний, інженерно-технічний, програмно-математичний захист, інформаційно-аналітичне забезпечення та консультативну допомогу.

До цілей захисту інформації належать: запобігання витоку, розкрадання, втра-ти, перекручування, підробки інформації та запобігання іншим несанкціонованим негативним впливам.

Безпечна інформаційна діяльність вимагає наявності системи її захисту – комплексу організаційних, організаційно-технічних і технічних заходів щодо виявлення, запобігання загрозам та ліквідації виниклих загроз об'єкту. На наступному етапі здійснюється вибір відповідних методів і засобів адекватного захисту.

При оцінці ймовірних загроз об'єкту потрібно зважувати на загрози здоров'ю та безпеці персоналу; загрози цілісності та збереженню матеріальних цінностей і обладнання; безпека інформації, збереження державної або комерційної таємниці.

Для отримання максимально реальної оцінки загроз необхідні вивчення та аналіз статистичних даних, пов'язаних зі спробами розвідувальної діяльності на об'єкті в минулому, оцінка ризику з кожного виду загроз, оцінка ситуації на об'єкті та прилеглих до нього територіях на певному інтервалі часу, вивчення статистики за фактами розвіддіяльності на аналогічних об'єктах.

Незважаючи на велику різноманітність можливих інформаційних загроз, проектування захисту від кожної з них має вписуватися в комплексну систему захисту. Комплексна система захисту передбачає надійне перекриття всіх небезпечних каналів витоку інформації. Ефективність системи захисту основних і допоміжних технічних засобів від витоку інформації технічними каналами оцінюється за різними критеріями, але найчастіше за співвідношенням «сигнал/шум».

Усі способи захисту, згідно з керівною документацією, діляться на дві групи: приховування та дезінформація. До першої групи належать пасивне приховування, активне приховування, спеціальний захист. До другої групи належать: технічна дезінформація; імітація; легендування.

Суть пасивного приховування полягає в унеможливленні або утрудненні виявлення об'єктів, а також в ослабленні до необхідного рівня їх демаскуючих ознак. Пасивне приховування складається з організаційних та технічних заходів.

До організаційних заходів належать:

⇒ територіальне, просторово-часове, енергетичне і частотне обмеження на функціонування об'єктів;

⇒ труднощі для ведення технічної розвідки шляхом використання маскуючих властивостей місцевості, місцевих предметів, часу доби;

⇒ установа контролюваних зон у місці розташування видових об'єктів.

До технічних заходів пасивного приховування належать:

➤ зниження контрастності демаскуючих ознак приховуваних видових об'єктів щодо фону;

➤ зниження рівня інформаційних фізичних полів, що створюються функціонуючим об'єктом;

- застосування маскуючих покриттів для видових об'єктів;
- камуфлювання техніки;
- застосування при налаштуванні радіоелектронної апаратури еквівалентів антен, закритих антенно-фідерних пристроїв, екранованих камер і споруд, що заповібають електромагнітним випромінюванням у навколишнє середовище.

Суть активного приховування складається, головним чином, у створенні маскуючих шумових перешкод різної фізичної природи технічним засобам розвідки і в створенні помилкових умов по фізичних полях приховуваного об'єкта. Активне приховування застосовується здебільшого як додатковий захід до пасивного приховування, коли не забезпечуються умови зниження рівня фізичного поля до безпечного значення.

Спецзахист реалізується апаратними, криптографічними і програмними способами. До спецзахисту належать скремблювання телефонних переговорів, кодування цифрової інформації криптографічними методами, програмні методи модифікації інформації.

До принципів інженерно-технічного захисту інформації належать: надійність захисту інформації; безперервність захисту; прихованість захисту інформації; раціональність захисту; різноманіття способів захисту; комплексне застосування різних способів і засобів захисту; економічність захисту.

Технічний контроль ефективності заходів захисту інформації

Атестація за вимогами безпеки інформації передує дозволу на обробку інформації, що підлягає захисту, та офіційно підтверджує ефективність сукупності застосовуваних на конкретному об'єкті інформатизації заходів і засобів захисту інформації [8.12, с. 303–339].

Комплекс спеціальних атестаційних заходів називається атестаційною перевіркою і містить у собі *контроль ефективності захисту* – перевірку відповідності якісних і кількісних показників ефективності заходів технічного захисту встановленим вимогам або нормам ефективності захисту інформації. Показник *ефективності захисту інформації* являє собою міру або характеристику для її оцінки. Норми ефективності захисту інформації відповідають показникам, встановленим нормативними документами.

Під *методом контролю* ефективності захисту інформації маються на увазі порядок і правила застосування розрахункових і вимірювальних операцій при розв'язанні завдань контролю ефективності захисту.

Контроль ефективності захисту поділяється на такі види:

- ❖ *організаційний контроль* – перевірка відповідності заходів для технічного захисту інформації вимогам керівних документів;

- ❖ *технічний контроль* – контроль ефективності технічного захисту інформації, що проводиться з використанням технічних засобів контролю. Метою технічного контролю є отримання об'єктивної та достовірної інформації про стан захисту об'єктів контролю та підтвердження того, що витік інформації з об'єкта неможливий, тобто на об'єкті нема технічних каналів витоку інформації.

За способом проведення та змістом технічний контроль ефективності технічного захисту інформації належить до найбільш складних видів контролю і може бути:

- ❖ *комплексним*, коли перевіряється можливий витік інформації усіма небезпечними каналами контрольованого об'єкта;

❖ *цільовим*, коли проводиться перевірка окремо кожного з цікавих каналів можливого витоку інформації;

❖ *вибірковим*, коли з усього переліку технічних засобів на об'єкті для перевірки обираються ті, які за результатами попередньої оцінки з найбільшою ймовірністю мають небезпечні канали витоку інформації, що захищаються.

Залежно від виду операцій методи технічного контролю бувають такі:

⇒ *інструментальні*, коли контролювані показники визначаються безпосередньо за результатами вимірювання вимірювальною апаратурою;

⇒ *інструментально-розрахункові*, за яких контролювані показники визначаються частково розрахунковим шляхом і частково виміром значень деяких параметрів фізичних полів апаратними засобами;

⇒ *розрахункові*, за яких контролювані показники розраховуються за методами, що містяться в керівній довідковій літературі.

З метою унеможливлення витоку інформації не допускається фізичне підключення технічних засобів контролю, а також формування тестових режимів, запуск тестових програм на засобах та інформаційних системах, що перебувають у процесі обробки інформації.

Технічний контроль стану захисту інформації в автоматизованих системах управління різного призначення здійснюється цілком відповідно до спеціально розроблених програм і методики контролю, погоджених з державними контролюючими органами України, власником об'єкта та відомством, якому підпорядковується об'єкт контролю.

Метою технічного контролю є отримання об'єктивної та достовірної інформації про стан захисту об'єктів контролю та підтвердження того, що на об'єкті немає технічних каналів витоку інформації. Контроль стану захисту інформації полягає в перевірці відповідності організації й ефективності захисту інформації встановленим вимогам та/або нормам захисту інформації.

Організаційний контроль ефективності захисту інформації – перевірка повноти й обґрунтованості заходів щодо захисту інформації відповідно до вимог нормативних документів про захист інформації.

Технічний контроль ефективності захисту інформації – контроль ефективності захисту інформації, що проводиться з використанням технічних і програмних засобів контролю.

Засіб контролю ефективності захисту інформації – технічний, програмний засіб, речовина і/або матеріал, що використовуються для контролю ефективності захисту інформації.

Технічний контроль визначає дієвість і надійність вжитих заходів захисту об'єктів інформатизації від впливу технічних засобів розвідки.

Технічний контроль призначено для таких цілей:

- виявлення можливих каналів витоку конфіденційної інформації;
- перевірки відповідності та ефективності вжитих заходів захисту нормативним вимогам;
- розробки рекомендацій щодо вдосконалення прийнятих захисних заходів.

Технічний контроль проводиться щодо окремих фізичних полів, створюваних об'єктами інформатизації, і містить у собі такі заходи:

- збір вихідних даних, що характеризують уразливості об'єкта інформатизації від впливів технічної розвідки;
- визначення можливих типів і засобів технічної розвідки;

- ♦ попередній розрахунок зон розвіддоступності;
- ♦ підготовка до роботи контрольно-вимірювальної апаратури;
- ♦ вимірювання нормованих технічних параметрів об'єкта, що захищається, по окремих фізичних полях на межі контрольованої зони;
- ♦ визначення ефективності вжитих заходів захисту та в деяких випадках – розробка необхідних заходів посилення захисту.

Для проведення технічного контролю потрібна наявність норм ефективності захисту, методик (методів) проведення контролю та відповідної контрольно-вимірювальної апаратури.

Усі контрольовані нормативні показники поділяються на *інформаційні* та *технічні*. Інформаційні показники належать до ймовірності виявлення, розпізнавання та вимірювання технічних характеристик об'єктів із заданою точністю. Технічними показниками ефективності вжитих заходів захисту є кількісні показники, що характеризують енергетичні, тимчасові, частотні та просторові характеристики інформаційних фізичних полів об'єкта. Прикладами таких характеристик можуть бути напруженості електричного та магнітного полів ПЕМІН засобів обчислювальної техніки, рівень сигналів наведень у силових і слабкострумових лініях за межами контрольованої зони, рівні акустичних сигналів за межами огорожувальних конструкцій тощо. Нормою ефективності вжитих заходів захисту вважається максимально допустиме значення контрольованих параметрів на межі контрольованої зони (в місцях можливого розміщення технічних засобів розвідки).

Інструментально-розрахункові методи застосовуються тоді, коли комплект контрольно-вимірювальної апаратури не дозволяє отримати відразу кінцевий результат або не володіє достатньою чутливістю.

Розрахункові методи технічного контролю застосовуються в разі відсутності необхідної контрольно-вимірювальної апаратури, а також при необхідності швидкого отримання попередніх орієнтовних результатів про зони розвіддоступності, наприклад перед атестаціями робочих місць.

При проведенні технічного контролю потрібна контрольно-вимірювальна апаратура, яка здебільшого забезпечує отримання об'єктивних характеристик контрольованих параметрів або вихідних даних для отримання інструментально-розрахункових характеристик. Контрольно-вимірювальна апаратура по можливості повинна бути портативною, що важливо для організацій, які атестуються, мати достатню чутливість, відповідну до чутливості апаратури розвідки, бути надійною в експлуатації.

Як правило, при проведенні контролю розрахунково-інструментальним методом здійснюється велика кількість вимірювань на дискретних інтервалах і відповідно велика кількість складних розрахунків, що призводить до швидкої стомлюваності випробувачів. Сучасна тенденція розвитку контрольно-вимірювальної апаратури полягає в розробці для цілей контролю програмно-апаратних комплексів, що забезпечують цілковиту автоматизацію вимірювання параметрів фізичних полів та розрахунку показників захищеності об'єкта.

Захищеність об'єкта інформатизації. Після виконання всіх рекомендацій і комплексу засобів захисту інформації, що забезпечують захист ОІ від можливих витоків технічними каналами і несанкціонованого доступу, проводяться роботи, аналогічні оцінці розвіддоступності ОІ, після яких здійснюється розрахунок ефективності роботи вжитих заходів щодо захисту інформації від її витоку. За результатами розрахунків робиться висновок щодо захищеності ОІ.

Атестация об'єкта інформатизації. Атестація ОІ є кінцевим етапом робіт із захисту інформації, який полягає в оцінці вимог, що висувуються для досліджуваних об'єктів інформатизації організації замовника та у відповідності цим вимогам об'єктів, які атестуються. Результатом цієї роботи є атестат відповідності, що дає право атестованій організації працювати на своїх інформаційних об'єктах з гарантією конфіденційності.

8.3. Криптографічний захист інформації

Поняття про систему криптографічного захисту інформації

Технічний захист інформації можуть здійснювати будь-які організації та підприємства, яким такий захист потрібен. На відміну від цього, згідно з законодавчими та нормативними документами України та інших держав, криптографічний захист інформації (КЗІ) можуть здійснювати лише державні організації та підприємства або інші за їх дорученням. Але за умов всебічного поширення інформаційних технологій та вступу людства у стадію становлення інформаційного суспільства коло застосування КЗІ закономірно розширилось. КЗІ обслуговує сфери бізнесу, банківських послуг, електронної торгівлі, інформаційних технологій, хмарних обчислень та мільярди «звичайних» людей, які починають жити в «електронному» суспільстві.

Криптографічний захист інформації (КЗІ) – це вид захисту інформації, що реалізується шляхом перетворення інформації з використанням спеціальних (ключових) даних з метою приховання/відновлення змісту інформації, підтвердження її справжності, цілісності, авторства тощо [8.13, с. 2]. Система КЗІ складається із власне криптографічних засобів, технічних засобів для захисту від витоку інформації до шифрування та після дешифрування, організаційних заходів щодо захисту від загроз людських факторів, а також правового, методичного, математичного, програмно-алгоритмічного, інформаційного забезпечень, які попереджують реалізацію загроз або істотно утруднюють реалізацію атак.

Цілі КЗІ випливають із поняття криптографії. *Криптографія* як теорія є методологічною основою сучасних систем забезпечення безпеки інформації в інформаційно-комунікаційних системах. *Криптографія* як технологія являє собою сукупність методів перетворення даних, орієнтованих на те, щоб захистити ці дані, зробити їх некорисними для незаконних користувачів [8.14, с. 31]. Такі перетворення забезпечують вирішення трьох проблем захисту даних: гарантію конфіденційності, цілісності та автентичності даних, які передаються чи зберігаються.

Завдання КЗІ. Для забезпечення безпеки даних необхідно підтримувати розв'язання трьох основних завдань:

- ⇒ забезпечення конфіденційності даних, що передаються або зберігаються;
- ⇒ підтвердження цілісності та автентичності даних;
- ⇒ автентифікація абонентів при вході в систему та при з'єднанні.

Для реалізації цих завдань використовуються криптографічні технології шифрування, автентифікації та цифрового підпису. Конфіденційність забезпечується за допомогою алгоритмів та методів шифрування, а також шляхом взаємної автентифікації абонентів на основі багаторазових чи одноразових паролів, цифрових

сертифікатів, флеш-карт тощо. Цілісність та автентичність даних, що передаються, зазвичай досягаються за допомогою технології цифрового підпису. Автентичність дозволяє встановлювати з'єднання лише між легальними користувачами та попереджує доступ до телекомунікаційних послуг небажаних осіб.

КЗІ застосовується для захисту інформації, яка передається каналами зв'язку або зберігається в базах даних, робочих станціях, міститься у парольних та ключових даних систем автентифікації та розмежування доступу.

Криптографічні засоби захисту

Узагальнену модель криптографічної системи, що забезпечує шифрування переданої інформації, показано на **рис. 8.2**. Відправник генерує відкритий текст вихідного повідомлення P , яке повинно бути передане адресату незахищеним каналом. За каналом стежить перехоплювач (зловмисник) з метою перехопити і розкрити передане повідомлення. Для того щоб перехоплювач не зміг дізнатися змісту повідомлення P , відправник шифрує його за допомогою оборотного перетворення E_k і отримує шифротекст (криптограму) $C = E_k(P)$, який відправляє адресату. Адресат, прийнявши шифротекст C , розшифровує його за допомогою зворотного перетворення $D = E_k^{-1}$ і отримує вихідне повідомлення у вигляді відкритого тексту P : $D_k(C) = E_k^{-1}(E_k(P)) = P$.

Перетворення E_k вибирається з сімейства криптографічних перетворень, які називаються криптоалгоритмами. Параметр, за допомогою якого вибирається певне перетворення, що використовується, називається криптографічним *ключем* K . Криптосистема має різні варіанти реалізації: набір інструкцій, апаратні засоби, комплекс програм комп'ютера, які дозволяють зашифрувати відкритий текст і розшифрувати шифротекст різними способами, один з яких вибирається за допомогою конкретного ключа K . Параметр K (ключ) обирається з кінцевої множини K , яка називається простором ключів.

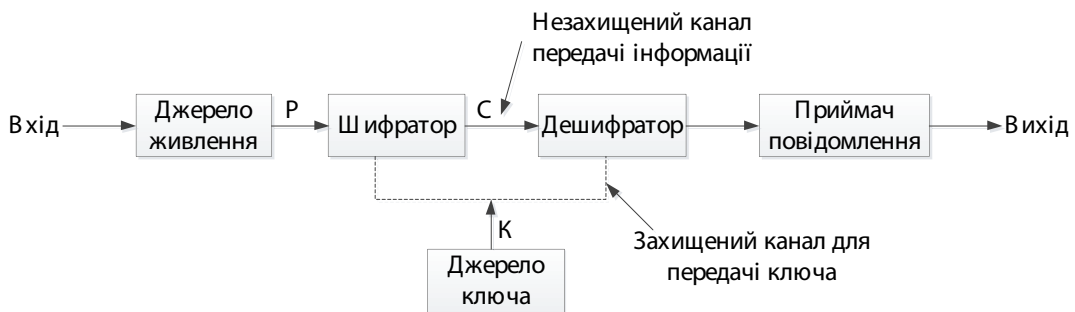


Рис. 8.2. Модель криптографічної системи

У загальному випадку перетворення шифрування може бути симетричним або асиметричним щодо перетворення розшифрування. Ця важлива властивість функції перетворення визначає два класи криптосистем:

- ⇒ симетричні (одноключові) криптосистеми;
- ⇒ асиметричні (двоключові) криптосистеми (з відкритим ключем).

Схема симетричної криптосистеми з одним секретним ключем показана на рис. 8.2. У ній використовуються однакові секретні ключі в блоці шифрування і блоці розшифрування. В асиметричній криптосистемі з двома різними ключами один із ключів відкритий, а інший – секретний.

У симетричній криптосистемі секретний ключ треба передавати відправникові та одержувачеві захищеним каналом розповсюдження ключів, наприклад такому, як кур'єрська служба. На рис. 8.2 цей канал позначений пунктирними лініями. Існують і інші способи розподілу секретних ключів. В асиметричній криптосистемі передають незахищеним каналом тільки відкритий ключ, а секретний ключ зберігають на місці його генерації.

Оскільки між шифратором і дешифратором передача інформації здійснюється незахищеним каналом, перехоплювач може застосувати активні дії, які полягають не тільки у зчитуванні всіх шифротекстів, переданих каналом, а також у спробі зміни їх на свій розсуд. Будь-яка спроба з боку перехоплювача розшифрувати шифртекст C для отримання відкритого тексту P або зашифрувати свій власний текст M' для отримання правдоподібного шифротексту C' , не маючи справжнього ключа, називається криптоаналітичною атакою. Якщо вжиті криптоаналітичні атаки не досягають мети і криптоаналітик не може, не маючи справжнього ключа, вивести P з C або C' з M' , то вважають, що така криптосистема є криптостійкою.

Криптоаналіз – це наука про розкриття вихідного тексту зашифрованого повідомлення без доступу до ключа. Успішний аналіз може розкрити вихідний текст або ключ. Він дозволяє також виявити слабкі місця в криптосистемі, що, в остаточному підсумку, веде до тих самих результатів. Фундаментальне правило криптоаналізу, вперше сформульоване голландцем А. Керкхоффом ще в XIX столітті, полягає в тому, що стійкість шифру (криптосистеми) повинна визначатися тільки секретністю ключа. Іншими словами, правило Керкхоффа полягає в тому, що весь алгоритм шифрування, крім значення секретного ключа, відомий криптоаналітику противника. Це обумовлено тим, що криптосистема, що реалізує сімейство криптографічних перетворень, зазвичай розглядається як відкрита система. Такий підхід відображає дуже важливий принцип технології захисту інформації: захищеність системи не повинна залежати від секретності чогось такого, що неможливо швидко змінити в разі витоку секретної інформації. Зазвичай криптосистема являє собою сукупність апаратних і програмних засобів, яку можна змінити лише за умов великих витрат часу і коштів, тоді як ключ є легко змінним об'єктом. Саме тому стійкість криптосистеми визначається тільки секретністю ключа.

Класифікація криптоалгоритмів захисту інформації

Відомо декілька класифікацій криптографічних алгоритмів [8.15 с.115]. Одна з них поділяє КА залежно від числа ключів, що застосовуються в конкретному алгоритмі: безключові КА – не використовують в обчисленнях жодних ключів; одноключові КА – працюють з одним ключовим параметром (секретним ключем); двохключові КА – на різних стадіях роботи в них застосовуються два ключових параметри: секретний і відкритий ключі.

Перетворення шифрування може бути симетричним або асиметричним щодо перетворення розшифрування. Відповідно, розрізняють два основні класи криптосистем: симетричні криптосистеми та асиметричні криптосистеми.

Існують більш детальні класифікації, наприклад, показана на **рис. 8.3**.

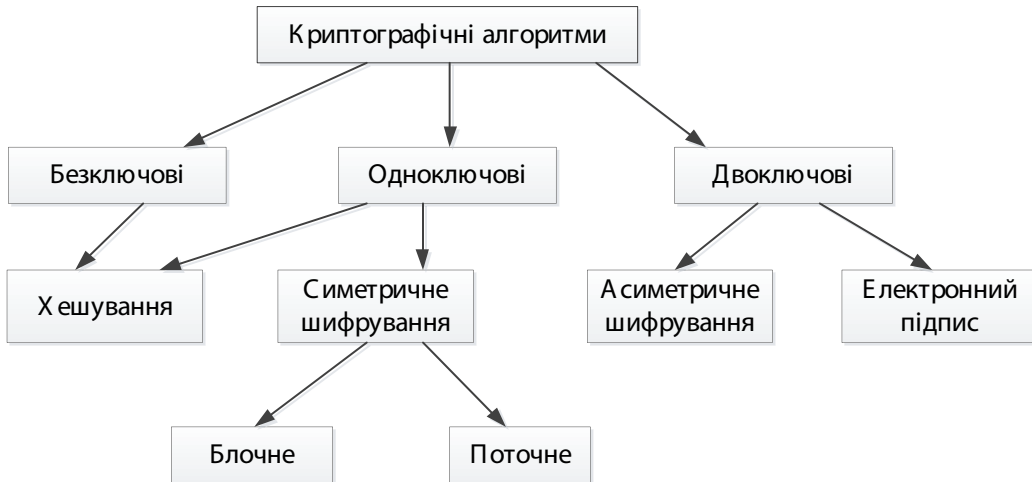


Рис. 8.3. Класифікація криптоалгоритмів захисту інформації

Охарактеризуємо стисло основні типи КА.

Хешування – це метод криптозахисту, що являє собою контрольне перетворення інформації: з даних необмеженого розміру шляхом виконання криптографічних перетворень обчислюється хеш-значення фіксованої довжини, однозначно відповідне вихідним даним. Хешування може виконуватися як з використанням деякого секретного ключа, так і без нього. Таке криптографічне контрольне підсумовування широко використовується в різних методах захисту інформації, зокрема, для підтвердження цілісності даних, якщо використання цифрового підпису неможливе (наприклад, через велику ресурсоемність) або надлишкове. Крім того, даний метод застосовується в схемах електронного підпису («підписується» зазвичай хеш-значення даних, а не всі дані цілком), а також у схемах автентифікації користувачів (при перевірці, чи насправді користувач є тим, за кого себе видає).

Симетричне шифрування використовує той самий ключ як для шифрування, так і для розшифрування інформації. Фактично обидва ключі (зашифрування і розшифрування) можуть і різнитися, але якщо в якомусь КА їх легко обчислити один з одного в обидві сторони, такий алгоритм належить до симетричного шифрування. Симетричне шифрування підрозділяється на два види: блочне і поточне. У деяких класифікаціях вони не поділяються. Тоді поточне шифрування – це шифрування блоків одиничної довжини.

Блочне шифрування характеризується тим, що інформація попередньо розбивається на блоки фіксованої довжини (наприклад, 64 або 128 біт). При цьому в різних КА або різних режимах роботи алгоритму блоки можуть шифруватися як незалежно один від одного, так і зі «зчепленням» – коли результат шифрування поточного блоку даних залежить від значення попереднього блоку або від результату шифрування попереднього блоку.

Поточне шифрування застосовується, насамперед, тоді, коли інформацію неможливо розбити на блоки. Скажімо, є якийсь потік даних, кожен символ яких потрібно зашифрувати і відправити, не чекаючи інших даних, достатніх для формування блоку. Алгоритми поточного шифрування шифрують дані побітово або посимвольно.

Асиметричне шифрування характеризується застосуванням двох типів ключів: відкритого – для зашифрування інформації і секретного – для її розшифрування. Секретний і відкритий ключі пов'язані між собою досить складним співвідношенням. Головне в цьому співвідношенні – легкість обчислення відкритого ключа із секретного і неможливість (за обмежений час при реальних ресурсах) обчислення секретного ключа з відкритого при досить великій розмірності операндів.

Електронний цифровий підпис (ЕЦП) використовується для підтвердження цілісності та авторства даних. Як і у випадку асиметричного шифрування, в цьому методі застосовуються двоключові алгоритми з таким самим простим обчисленням відкритого ключа із секретною та практичною неможливістю зворотного обчислення. Однак призначення ключів ЕЦП зовсім інше. Секретний ключ застосовується для обчислення ЕЦП, відкритий ключ необхідний для її перевірки. При дотриманні правил безпечного зберігання безпечного ключа ніхто, крім його власника, не в змозі обчислити вірний ЕЦП будь-якого електронного документа.

Криптографічні системи з абсолютною стійкістю

Алгоритм шифрування (або шифр) – це переклад відкритого тексту на текст зашифрований (або шифротекст, шифрограму, криптограму) за допомогою секретного ключа. Цей процес називають шифруванням. Ми будемо писати

$$C = E_k(m), \quad (8.1)$$

де m – відкритий текст, E – функція, яка шифрує, k – секретний ключ і C – шифротекст.

Зворотний процес називають **розшифруванням** і пишуть

$$m = D_k(C). \quad (8.2)$$

Зауважимо, що алгоритми шифрування і розшифрування E і D відкриті, і таємність вихідного тексту m в цьому шифротексті C залежить від таємності ключа k . Обидві частини цього процесу використовують той самий ключ, у зв'язку з чим такі алгоритми заведено називати **симетричними криптосистемами**, або **криптосистемами із секретним ключем**. Існують алгоритми шифрування, що залежать від двох різних ключів. Перший з них відкритий і потрібен для шифрування, тоді як другий – секретний і живається при відновленні тексту із шифровки. Ці останні криптосистеми називаються **асиметричними**, або **криптосистемами з відкритим ключем**.

Криптографічна система називається обчислювально захищеною (або обчислювально стійкою), якщо найкращий з можливих алгоритмів, який зламує її, вимагає невиправдано високих витрат обчислювальних ресурсів. Беручи до уваги потужність сучасних комп'ютерів, можна вважати, що 2^{80} операції, необхідних для злому шифру, це та межа, виходячи за яку, алгоритми злому стають занадто дорогими. Таким чином, якщо мінімальне число N операцій, необхідних алгоритму, який атакує криптосистему, більше 2^{80} , то говорять, що вона обчислювально захищена.

Практичний підхід, пов'язаний з обчислювальною захищеністю, полягає в тому, щоб звести злом системи до вирішення добре вивчених важких проблем. Наприклад, ми можемо спробувати показати, що розкриття конкретної криптосистеми рівнозначне розкладанню великого цілого числа на множники. Такі системи часто називають доказово стійкими. Однак при цьому стійкість системи обґрунтовується зведенням до важкої задачі, що не можна вважати коректним доказом. За сутністю можна довести, що стала криптографічна система є сталою стосовно противника, чий обчислювальні ресурси обмежені. Навіть і тоді, коли противник во-

лодіє великими, але обмеженими ресурсами, він все ще не зможе зламати систему [8.16, с. 97]. Це означає, що в еру надшвидкісних квантових комп'ютерів будуть застосовуватися певні стійкі криптографічні системи.

З іншого боку, система називається абсолютно стійкою, або досконалою, якщо ми не обмежуємо обчислювальної потужності противника. Інакше кажучи, криптосистема досконала, якщо її не можна зламати навіть за допомогою нескінченно-го числа операцій. Отже, незалежно від алгоритмічних досягнень і досконалості обчислювальної техніки абсолютно стійку схему зламати неможливо. У літературі можна натрапити й на інший термін, закріплений за абсолютною стійкістю, а саме: теоретико-інформаційна стійкість.

Шифр зсуву, шифр заміни, шифр Віженера являються обчислювально не захищені. До обчислювально стійких систем можна віднести криптографічні системи DES, RSA, Ель-Гамала. Процес шифрування полягає в заміні кожної букви на іншу, віддалену від вихідної на певне число позицій в алфавіті залежно від значення ключа. Так, наприклад, якщо ключ дорівнює 3, то буква «а» вихідного тексту в шифровці зображується «D», замість букви «b» з'явиться «E» і т.ін. Слово «hello» буде представлено шифровкою «KHOOR».

Щоб дати формальне визначення абсолютної стійкості, зафіксуємо такі позначення: $\{P\}$ – множина можливих відкритих текстів, тобто простір повідомлень, $\{K\}$ – сукупність можливих ключів; $\{C\}$ – множина шифротекстів. Кожна множина є простором подій, в якому ймовірності позначаються як $p(P = m)$, $p(K = k)$, $p(C = c)$. Будемо вважати, що будь-які події незалежні. Користувачі не міняють ключів шифру залежно від змісту відкритого тексту. Символом $\{C(k)\}$ позначимо множину всіх криптограм, які отримані з простору повідомлень шифруванням за допомогою ключа k :

$$\{C(k)\} = \{E_k(x) \mid x \in \{P\}\}, \quad (8.3)$$

де E_k – шифруюча функція. Має місце співвідношення

$$p(C = c) = \sum p(K = k) \cdot p(P = D_k(c)), \quad (8.4)$$

де D_k – розшифруюча функція.

Криптосистема, шифротекст в якій не дає жодної інформації щодо відповідного відкритого тексту, називається **абсолютно стійкою**, або **досконалою**. Має місце таке визначення: криптосистема є **абсолютно стійкою**, якщо рівність

$$p(P = m \mid C = c) = p(P = m) \text{ або } p(C = c \mid P = m) = p(C = c) \quad (8.5)$$

має місце для всіх відкритих текстів $m \in \{P\}$ та всіх криптограм $m \in \{C\}$.

Для абсолютно стійкої криптосистеми має місце нерівність

$$\#\{K\} \geq \#\{C\} \geq \#\{P\}, \quad (8.6)$$

де $\#\{K\}$ – число можливих ключів, $\#\{C\}$ – число можливих шифрограм, $\#\{P\}$ – розмір простору повідомлень.

Усе це (8.3) – (8.6) дозволяє сформулювати основну теорему Шеннона, яка дає критерій абсолютної стійкості шифру.

Теорема Шеннона. Нехай набір

$$(\{P\}, \{C\}, \{K\}, e_k(\cdot), d_k(\cdot)) \quad (8.7)$$

позначає симетричну криптосистему, в якій $\#\{P\} = \#\{C\} = \#\{K\}$. Вона володіє абсолютною стійкістю тоді і тільки тоді, коли використання всіх ключів рівно-

ймовірне, тобто для кожної пари $m \in \{P\}$ і $c \in \{C\}$ існує єдиний ключ k такий, що $e_k(m) = c$.

Прикладом системи з абсолютною стійкістю є шифр Вернама.

Шифр Вернама. Головна операція описаного модифікованого шифру зсуву – додавання за модулем 26, що, з огляду на обчислювальну техніку, є дуже дорогим, тоді як двійкова арифметика порівняно легка. У першу чергу нас цікавить додавання за модулем 2.

У 1917 р. Гільберт Вернам запатентував шифр, заснований на цій операції, який тепер називають шифром Вернама, або одноразовим шифр-блокнотом. Для пересилання рядка бітів необхідний ключ, що складається з тієї самої кількості двійкових знаків, що і повідомлення. Кожен біт рядка посилається, складається за модулем 2 з відповідним знаком ключа, і виходить криптограма.

Будь-який ключ дозволяється використовувати для шифрування тільки один раз, звідси і назва «одноразовий шифр-блокнот». Таким чином, розподіл ключів тут – основна проблема. При подвійному вживанні ключа виникає така проблема. Нехай Єва перехопила два повідомлення, зашифровані одним ключем

$$c_1 = m_1 \oplus k, \quad c_2 = m_2 \oplus k. \quad (8.8)$$

Тоді вона може отримати часткову інформацію про повідомлення, склавши шифрограми:

$$c_1 \oplus c_2 = (m_1 \oplus k) \oplus (m_2 \oplus k) = m_1 \oplus m_2.$$

Незважаючи на проблеми, пов'язані з розподілом ключів, одноразовий шифр-блокнот застосовувався в минулих війнах і в дипломатичній пошті.

8.4. Технології фільтрації контенту в телекомунікаційних мережах

Узагальнена модель фільтрації контенту

Як відомо, базовою ідеологією концепції World Wide Web є надання серверним процесом того чи іншого ресурсу на запит клієнтського. З метою аналізу технологій фільтрації, які можуть використовуватись для обмеження доступу до небажаних інформаційних ресурсів, розглянемо процес одержання web-ресурсу на запит користувача (або програмного забезпечення) на різних етапах проходження запиту та відповіді (рис. 8.4). З метою спрощення відображення цього процесу будемо вважати, що під час запитів використовується лише протокол HTTP [8.23] (Hyper Text Transfer Protocol).

Як показано на рис. 8.4, ініціатором запиту на одержання інформаційного ресурсу може виступати як звичайний користувач, так і автоматизований засіб (менеджер завантажень, шкідливе програмне забезпечення тощо). Незалежно від джерела ініціативи для безпосередньої реалізації запиту використовується спеціалізований програмний засіб, який підтримує функціональність HTTP-клієнту – веб-клієнт. Найбільш розповсюдженою та відомою формою веб-клієнтів є веб-браузери. Однак з цією метою можуть використовуватись і будь-які програмні бібліотеки з підтримкою протоколу HTTP та можливістю встановлення TCP-з'єднання з будь-яким вузлом мережі, відправлення HTTP-запитів та одержання HTTP-відповідей.

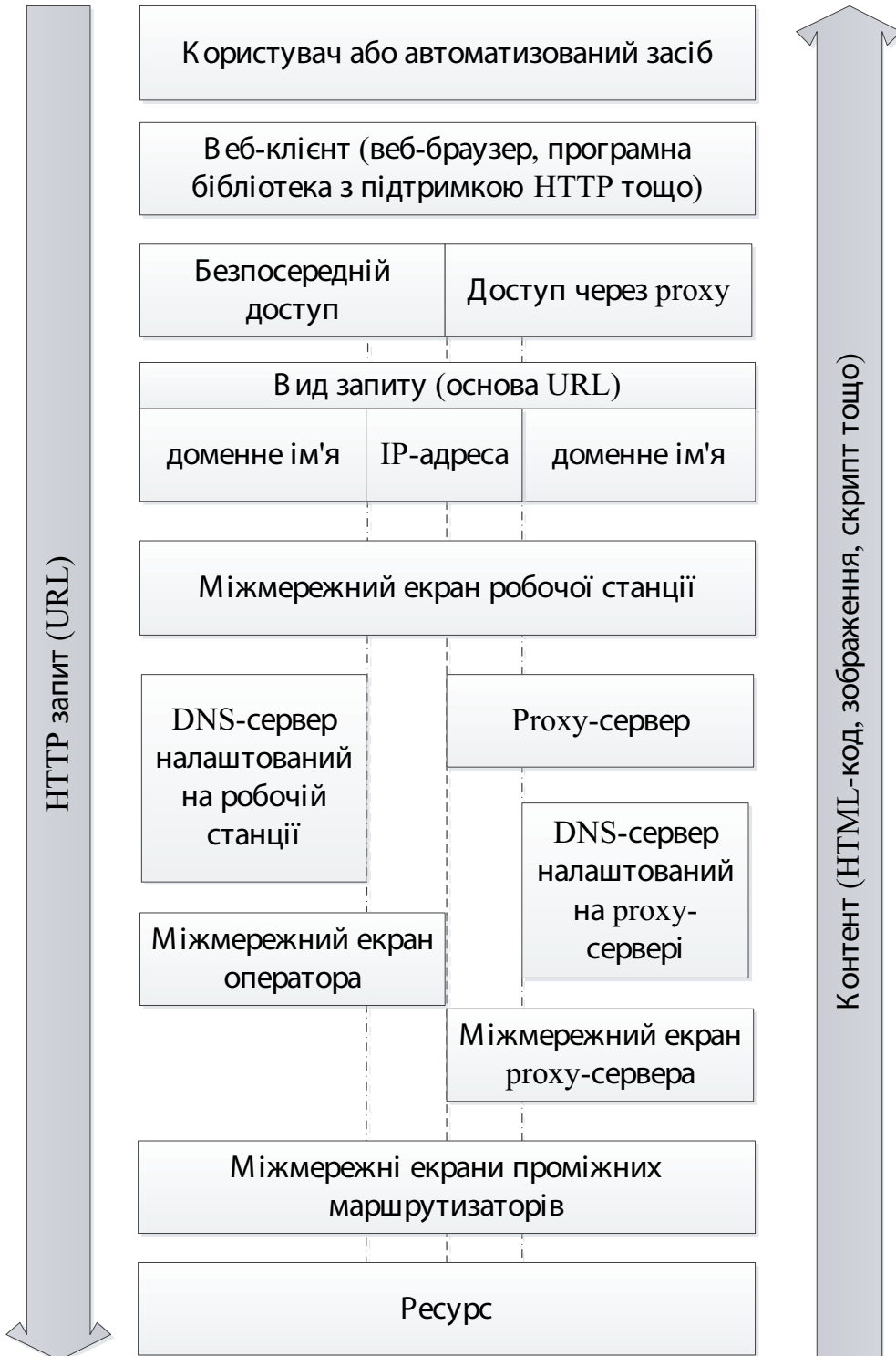


Рис. 8.4. Процес одержання web-ресурсу

Слід зазначити, що початковою точкою, в якій може здійснюватися фільтрація запитів на одержання веб-ресурсів або фільтрація контенту запитаних ресурсів, може бути саме веб-клієнт. Більшість поширених веб-браузерів активно використовують цю можливість через блокування доступу до певних доменних імен, аналіз URL (Uniform Resource Locator) та/або завантаженого контенту на наявність заборонених слів (або частин слів). Слід, однак, зазначити, що важливим недоліком блокування доступу до інформаційних ресурсів за допомогою веб-браузера є можливість використання іншого веб-клієнта в обхід будь-якого обмеження.

Наступним можливим засобом для фільтрації запитів та одержаного контенту може бути міжмережний екран, установлений на робочій станції користувача. Незважаючи на дещо більшу надійність (забезпечується незалежність від використаного веб-клієнта), такий спосіб блокування також має низку вагомих недоліків. Так, наприклад, переважна більшість міжмережних екранів підтримують лише блокування за IP-адресою, що може призвести до помилкового блокування ресурсу, який розміщується на одному сервері (з тією самою IP-адресою) з небажаним контентом. Окремим недоліком блокування на міжмережному екрані робочої станції є різке збільшення навантаження на апаратну платформу при зростанні кількості записів у списках фільтрації. Це пояснюється тим, що при застосуванні міжмережних екранів фільтрації та обробці підлягає кожен IP-пакет, що проходить крізь екран.

Запит на одержання веб-ресурсу представлено у вигляді URL, основу якого становить доменне ім'я (наприклад, www.corworldwide.org) або IP-адреса (наприклад, 193.186.15.1). Якщо TCP-з'єднання встановлюються безпосередньо з вузлом, на якому розміщується необхідний ресурс, а основою запитуваного URL є доменне ім'я, наступним етапом проходження HTTP-запиту є визначення IP-адреси цього доменного імені. Визначення здійснюється шляхом надсилання запиту до DNS-сервера, налаштованого на робочій станції користувача. Слід зазначити, що DNS-сервер при цьому може також бути використаний для фільтрації HTTP-навантаження. Така фільтрація може бути забезпечена за рахунок того, що DNS-сервер може замість реальної IP-адреси запитаного ресурсу повернути робочій станції іншу адресу – в разі якщо запитане доменне ім'я підпадає під політику фільтрації. Певним недоліком такого способу блокування є легкість обходу системи обмеження доступу на робочій станції шляхом конфігурування іншого DNS-сервера або за рахунок внесення необхідних записів до локальних файлів доменних імен.

Залежно від налаштувань веб-клієнта (а в деяких випадках залежно від налаштування мережі доступу) TCP-з'єднання може встановлюватися з сервером-посередником (проксі-сервером). У цьому разі будь-який запит (на основі доменного імені або IP-адреси) оброблюється цим сервером. Така властивість проксі-серверів дозволяє створювати на їх основі надійні системи фільтрації. Певним недоліком таких систем фільтрації є неможливість фільтрації навантаження, відмінного від HTTP-навантаження (у цьому випадку, як правило, застосовується блокування інших видів навантаження на міжмережних екранах), а також необхідність застосування додаткових методів оптимізації обробки запитів при великій кількості робочих станцій, що працюють через один сервер. Слід також зазначити, що при використанні під час запиту URL на основі доменного імені проксі-сервер також здійснює звернення до DNS-сервера. Однак в цьому випадку проксі-сервер звертається до DNS-сервера, налаштованого адміністратором проксі-сервера. Така властивість може бути використана при створенні багатоступінчастих систем фільтрації контенту.

Дальший шлях проходження запиту до необхідного ресурсу може містити в собі низку міжмережних екранів, які розміщуються у провайдера (оператора) послуг доступу до мережі Інтернет з боку клієнта, який надсилає запит, з боку сервера, який надає необхідний ресурс або з боку сервера-посередника. Крім цього, міжмережні екрани можуть розміщуватись на будь-яких проміжних маршрутизаторах, через які здійснюється проходження запиту. Кожен з цих міжмережних екранів може використовуватися для організації системи фільтрації контенту і при цьому мати різну політику блокування та використовувати різні методи та підходи до фільтрації.

При надсиланні ресурсом відповіді на запит клієнта контент у зворотному порядку проходить ті самі кроки, що й запит (за винятком DNS-серверів). Якщо при проходженні запиту аналізу підлягає лише URL запитаного ресурсу, то в цьому випадку системи фільтрації можуть здійснювати безпосередньо аналіз самого контенту (наприклад, аналіз наявності в тексті сторінки тих чи інших слів). За результатами обробки контент може бути заблокований або замінений на інший (наприклад, замість зображення порнографічного характеру може бути відображено затемнений прямокутник такого самого розміру).

Як було показано вище, між клієнтом та сервером в мережі Інтернет можуть використовуватись різні засоби фільтрації, які реалізовано на рівні веб-клієнтів, проху-серверів, DNS-серверів або міжмережних екранів.

На **рис. 8.5** подано класифікаційну модель фільтрації веб-контенту в мережі Інтернет. Основу моделі становлять чотири розглянуті вище засоби фільтрації: веб-клієнт, проху-сервер, DNS та міжмережний екран. Кожен з цих засобів являє собою окремий рівень фільтрації та може мати різну архітектуру, використовувати різні види та підходи до фільтрації, а також мати різні методи формування списків блокування. Розглянемо більш детально кожен зі складових пропонованої моделі.

З архітектурної точки зору, кожен з наведених на **рис. 8.5** засобів фільтрації може бути побудованим за централізованою або децентралізованою схемою. Централізована схема передбачає фільтрацію навантаження на центральному вузлі в режимі «online». Для цього будь-який з наведених вище засобів фільтрації може переспрямувати все навантаження до центрального вузла для прийняття рішення про необхідність фільтрації.

Незважаючи на те, що така схема має надвисоку ефективність (миттєве оновлення списків блокування, легкість підтримки тощо), вона має низку досить істотних недоліків:

- ⇒ обладнання обробки повинно мати відповідну потужність, щоб не вносити велику затримку та не створювати незручності користувачам;
- ⇒ центральний вузол повинен мати велику пропускну здатність каналів;
- ⇒ у разі виходу з ладу центрального вузла система зупиняється.

Децентралізована схема передбачає фільтрацію навантаження безпосередньо на місцях. Це можуть бути як кінцеві робочі станції користувачів (веб-браузер, міжмережний екран робочої станції тощо), так і вузлове мережне обладнання підприємств та організацій (DNS-сервер, проху-сервер або мережний екран робочого маршрутизатора). Така схема дозволяє підвищити відмовостійкість, оскільки кожен вузол функціонує автономно, за рахунок ускладнення процесу обслуговування системи, однак заздалегідь передбачає збільшення витрат на її реалізацію.

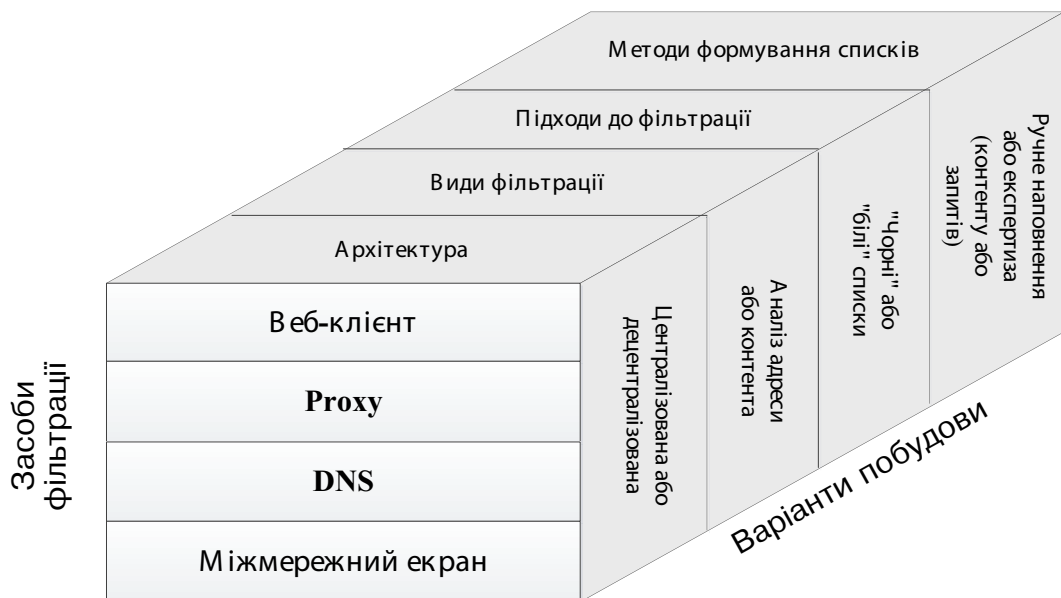


Рис. 8.5. Класифікаційна модель фільтрації веб-контенту в мережі Інтернет

У будь-якій системі обмеження доступу можуть застосуватися такі види фільтрації, як фільтрація за адресою ресурсу та фільтрація за контентом (змістом ресурсу). Слід також зазначити, що певні системи можуть використовувати одночасно обидва види фільтрації. Як видно з рис. 8.5, технологічно фільтрація за адресою ресурсу застосовується вже на етапі надсилання запиту користувачем або автоматизованою системою, а фільтрація за контентом застосовується при передаванні інформації від ресурсу до користувача. Основними перевагами фільтрації за адресою ресурсу є порівняно низька завантаженість вузла обмеження доступу (немає необхідності оброблювати великі масиви інформації), а також можливість фільтрації різномовних ресурсів, а також ресурсів, які практично не містять текстових частин (наприклад, використовуються лише інтерактивні засоби – flash, java тощо). У свою чергу, фільтрація за контентом часто дозволяє забезпечити значно більш надійний рівень фільтрації за рахунок виявлення на сторінці певних слів або частин слів, що внесені до списку фільтрації. Слід також зазначити, що фільтрація за контентом може мати дуже велику кількість ступенів складності (аналіз текстової частини сторінки, аналіз зображень тощо), що може значно збільшити час обробки сторінки системою фільтрації.

За своїми підходами до фільтрації контенту всі системи можна умовно поділити на два класи: «усе, що прямо не дозволено, те заборонено» («білі» списки) та «усе, що прямо не заборонено, те дозволено» («чорні» списки). Застосування того чи іншого підходу залежить від обраної в системі політики обмеження доступу. Так, наприклад, використання «білих» списків більш притаманне військовим організаціям, а також країнам із законодавчо закріпленою цензурою. У свою чергу, «чорні» списки широко використовуються в системах фільтрації, в навчальних закладах та наукових установах. Слід зазначити, що певні системи фільтрації (незалежно від засобу фільтрації) контенту підтримують обидва підходи до фільтрації та дозволяють користувачеві (або керівникові) самостійно обрати політику фільтрації.

Незалежно від використаного підходу до фільтрації різноманітні системи можуть використовувати різноманітні методи формування списків («білих» та/або «чорних»). Одним з найбільш поширених методів формування списків є їх ручне наповнення за рахунок звернень користувачів або особистого пошуку негативного контенту розробниками системи обмеження доступу. Очевидним недоліком такого методу є велика тривалість формування списків та низька швидкість реагування на появу нових негативних ресурсів. Альтернативним до ручного наповнення є експертне (у тому числі на основі автоматизованих систем експертного оцінювання) формування списків на основі аналізу контенту, що було переглянуто користувачами системи обмеження доступу.

Механізми, які використовує той чи інший засіб для блокування (наприклад, спосіб оновлення та застосування списків блокування), залежать від програмної реалізації веб-клієнта, міжмережного екрана, DNS або проху-сервера. При цьому три останні засоби можуть використовуватися декілька разів у різній послідовності, утворюючи цілий ланцюг систем обмеження доступу, кожна ланка якого може використовувати різні види та підходи до фільтрації, а також різні методи формування списків блокування та бути побудованою за централізованою або децентралізованою схемою.

Яскравими прикладами побудови системи фільтрації на основі веб-браузера можуть бути система фільтрації браузера Microsoft Internet Explorer (ICRA) [8.24], а також система фільтрації, основана на використанні веб-браузера Buddy Browser [8.25]. При цьому якщо система фільтрації Microsoft Internet Explorer працює за децентралізованою схемою, то Buddy Browser пропускає навантаження користувачів через власну систему фільтрації.

Як приклад побудови систем фільтрації на основі проху-серверів можна навести Всеукраїнську систему обмеження доступу до нецільових ресурсів мережі Інтернет [8.26]. В основу системи покладено принцип установаження в кожній організації власного проху-сервера, який має базу даних заборонених ресурсів (децентралізована схема). Систематичне оновлення бази організоване за рахунок централізованої експертної обробки службових журналів зазначених серверів на базі інформаційного центру з дальшим періодичним формуванням оновленої редакції бази даних заборонених ресурсів та її розсиланням (в автоматичному режимі) до всіх проху-серверів.

Типовим представником систем фільтрації на основі DNS-серверів є система OpenDNS [8.27]. Систему побудовано за централізованою схемою з використанням лише аналізу адреси для прийняття рішення про необхідність фільтрації, а також на основі використання «чорних» списків.

Таке розмаїття технологій породжує велику кількість варіантів побудови систем фільтрації, кожен з яких може вважатися оптимальним для тих чи інших умов. Крім технологічних аспектів, у разі вибору тієї чи іншої системи користувачі часто спираються і на інші критерії: вартість і складність упровадження та підтримки, сумісність системи фільтрації з іншими мережними сервісами.

Спільна робота сучасних засобів фільтрації контенту

Зважаючи на бурхливий розвиток мережі Інтернет, який спостерігається останніми роками, дедалі більшої актуальності набуває питання фільтрації контенту під час його передавання від інформаційного ресурсу до споживача. Необхідність розв'язання таких завдань, як захист дітей в мережі Інтернет, блокування небажаної реклами та шкідливого програмного забезпечення, дотримання корпоративної політики щодо заборони доступу до розважальних ресурсів у робо-

чий час та навіть цензура (для країн із законодавчо обмеженою свободою слова) створили передумови розвитку всієї індустрії систем фільтрації контенту (СФК). Результатом цього розвитку стала поява великої кількості програмних та програмно-апаратних рішень, призначених для блокування доступу до інформаційних ресурсів мережі Інтернет на різних рівнях (безпосередньо на робочій станції користувача, на стороні провайдера, в точках обміну навантаженням операторів телекомунікацій тощо).

Навіть поверхневий аналіз різних засобів фільтрації (веб-клієнт, проху-сервер, DNS-сервер, міжмережний екран) показує наявність переваг і недоліків та дозволяє зробити висновок про доцільність комбінування різних варіантів та підходів з метою створення комплексних СФК.

Під комплексною системою фільтрації контенту (КСФК) будемо розуміти систему, що складається з двох чи більше засобів фільтрації, кожен з яких може використовувати різні види, методи та підходи до фільтрації контенту. В межах КСФК засоби можуть працювати у послідовному (підсилюючи один одного) або в паралельному (доповнюючи один одного) режимі. У послідовному режимі адреса або контент, що пройшли процедуру фільтрації на одному із засобів, потрапляють на вхід іншого засобу з метою повторної обробки (наприклад, за допомогою інших методів). У свою чергу, паралельний режим припускає фільтрацію адреси через використання одного засобу фільтрації, а фільтрацію контенту із використанням іншого.

З метою спрощення розуміння наступного матеріалу запровадимо умовні позначення для систем фільтрації контенту із врахуванням класифікаційної моделі, запропонованої в попередньому підрозділі. Загальну структуру умовного позначення наведено на **рис. 8.6**.

Відповідні елементи позначення (рис. 8.6) можуть мати такі значення (відповідно до порядку слідування):

1) *засоби фільтрації*: міжмережний екран — «F» (firewall), DNS-сервер — «D», проху-сервер — «P» (проху), веб-клієнт (або інше прикладне програмне забезпечення) — «B» (browser);

2) *архітектура*: централізована — «C» (centralized) та децентралізована — «D» (decentralized);

3) *види фільтрації*: за контентом — «C» (content), за адресою — «A» (address);

4) *підходи до фільтрації*: «чорні» списки — «B» (black), «білі» списки «W» (white);

5) *методи формування списків*: вручну — «M» (manual), експертами — «E» (experts), автоматично (у разі якщо відбувається фільтрація за контентом і аналіз виконується самою системою) — «A» (auto).

Засоби	Архітектура	Вид фільтрації	Підхід до фільтрації	Метод формування списків
F, D, P, B	D, C	A, C	B, W	M, E, A

Рис. 8.6. Умовні позначення систем фільтрації контенту

Таким чином, система, що базується на використанні проху-серверів, як засобів фільтрації, передбачає децентралізовану архітектуру, фільтрацію лише за адресою на основі «чорних» списків при ручному методі їх формування може бути позначено, як F|D|A|B|M.

У разі коли СФК має дві чи більше властивостей одночасно (наприклад, підтримує фільтрацію як за «білими», так і за «чорними» списками), відповідний розділ позначається обома літерами одночасно (наприклад, «BW»). У свою чергу, комплексні СФК (на відміну від звичайних) можуть мати дві чи більше літери в секції «Засоби» (наприклад, «DB» у разі одночасного комбінування фільтрації на DNS-сервері та на веб-клієнті) за умов, якщо інші властивості в системі фільтрації однакові, або можуть позначатися як серія записів про звичайні СФК. Як було зазначено раніше, кожен із розглянутих засобів фільтрації має низку недоліків, які можуть бути цілком або частково усунені за рахунок комбінування з іншими засобами.

Одним із найбільш істотних недоліків фільтрації на міжмережному екрані є стрімке зростання навантаження на обладнання при збільшенні кількості записів у списках фільтрації. Це пояснюється тим, що аналіз при цьому здійснюється для кожного пакета, а не для запитів на створення сесії. Очевидно, що, використовуючи міжмережний екран лише для спрямування навантаження на DNS або проху-сервер, зазначений недолік може бути подоланий, однак при цьому роль самого міжмережного екрана, як засобу фільтрації контенту, набагато зменшується. У свою чергу, використовуючи як основний засіб фільтрації веб-клієнт, при цьому обмежуючи використання інших засобів, безпосередньо на міжмережному екрані можна перекласти завдання фільтрації безпосередньо на вбудовані до веб-клієнта механізми та досить надійно обмежити використання інших видів навантаження.

Іншим важливим недоліком міжмережного екрана, як засобу фільтрації, є обмеженість діалогу з користувачем при блокуванні того чи іншого ресурсу. Це пояснюється тим, що прикладний процес (у разі, коли міжмережний екран працює на іншому вузлі) не може відрізнити блокування пакета на міжмережному екрані від його втрати під час передавання через мережу. Вирішити цю проблему можна, лише комбінуючи міжмережний екран із іншими засобами фільтрації з метою делегування їм функцій фільтрації.

Останній з найвідоміших недоліків міжмережного екрана (з точки зору фільтрації контенту) – висока імовірність помилкового обмеження та неефективність фільтрації за контентом – пояснюється тим, що під час фільтрації за контентом міжмережний екран має не тільки обробляти кожен пакет окремо, а й не має можливості проводити аналіз усього інформаційного блоку. Так, наприклад, завдяки фрагментації блоку даних на пакети перша частина ключової фрази, яка підпадає під шаблони фільтрації, може перебувати в одному пакеті, а друга частина – в іншому. У такому разі обидва пакети подолають обмеження. Вирішенням проблеми, як і в попередніх випадках, може стати доповнення міжмережного екрана фільтрацією на проху-сервері або безпосередньо на веб-клієнті. Винятком є лише використання DNS-сервера, який не може бути використаний для фільтрації контенту взагалі.

Таким чином, комбінації «FP» та «FB» дозволяють подолати основні недоліки міжмережного екрана як засобу фільтрації, однак при цьому фактично відбудеться заміщення одного засобу на інший. При цьому комбінація «FD» дозволяє усунути лише частину недоліків та не може розглядатися як ефективний засіб у разі потреби забезпечення фільтрації за контентом.

Одним із істотних недоліків фільтрації з використанням DNS-сервера є можливість обходу системи шляхом конфігурування іншого DNS-сервера або внесенням запису до hosts-файлу. Цілковито вирішити цю проблему можна лише за рахунок надіслання всіх запитів до проху-сервера. У свою чергу, використання міжме-

режного екрана або веб-клієнта дозволяє вирішити проблему частково (наприклад, блокування звернення до інших DNS-серверів) або взагалі не позбавляє СФК зазначеного недоліку.

Другим відомим недоліком систем фільтрації на DNS-серверах є неможливість фільтрації за контентом. З огляду на наведені вище пояснення щодо обробки контенту міжмережним екраном вирішити цю проблему шляхом комбінування саме цим способом неможливо. Однак надсилання запитів через проху-сервер або із власного веб-клієнта дозволяє повною мірою забезпечити фільтрацію контенту. Таким чином, цілком вирішити означені проблеми фільтрації контенту на DNS-серверах можна лише за рахунок комбінування з проху-сервером, який використовується для фільтрації контенту та фільтрації запитів, що містять IP-адреси.

Одним з основних недоліків засобів фільтрації на основі проху-серверів є неможливість або складність обмеження навантаження, що передається за допомогою відмінних від HTTP протоколів. Очевидно, що частково цю проблему можна вирішити за допомогою міжмережних екранів (наприклад, за рахунок блокування інших видів навантаження). Однак враховуючи великий обсяг споживання обчислювальних ресурсів, більш прийнятною буде організація додаткової фільтрації з використанням DNS-серверів. Іншим недоліком проху-серверів (як засобів фільтрації) є великий час обробки запитів при збільшенні кількості записів у списках фільтрації. Це пояснюється тим, що порівняно, наприклад, із DNS-сервером на проху-сервери покладено низку різноманітних функцій (кешування, передавання контенту тощо). Вирішенням цієї проблеми може бути розділення функцій фільтрації між проху- та DNS-серверами.

Найбільш вагомим недоліком фільтрації на веб-клієнті є складність адміністрування та підтримки при зростанні кількості вузлів. Очевидно, що підтримувати та стежити за цілісністю великої кількості копій програмного забезпечення веб-клієнта набагато складніше, ніж за системами фільтрації, розміщеними на одному сервері. Як і в попередніх випадках, вирішенням проблеми може бути делегування функцій фільтрації проху- або DNS-сервера.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 8.1. НД ТЗИ 1.1-003-99. Терминология в отрасли защиты информации в компьютерных системах от несанкционированного доступа [Электронный ресурс] / Утв. приказом ДСТСЗИ СБУ от 28.04.1999 № 22. – К.: ДСТСЗИ СБУ, 1999. – 30 с.
- 8.2. Зегжда Д.П. Основы безопасности информационных систем / Д.П. Зегжда, А.Г. Ивашко. – Г.: Горячая линия – Телеком, 2000. – 452 с.
- 8.3. Рекомендация МСЭ-Т E.408. Требования к безопасности сетей электросвязи [Электронный ресурс]. – Женева, 2004. – 21 с. Recommendation ITU-T X.800. Security architecture for Open Systems Interconnection for CCITT applications [Электронный ресурс]. – Geneva, 1991. – 48 с. – Режим доступа: <http://www.itu.int/net/home/index.aspx>
- 8.4. Кононович В.Г. Технічна експлуатація систем захисту інформації телекомунікаційних мереж загального користування. Частина 3. Архітектура безпеки: Концепція захисту інформації: [навч. посібник для вузів, затверджений Міністерством транспорту та зв'язку України] / Кононович В.Г. – ОНАЗ. – Одеса, 2009. – 194 с.
- 8.5. Рекомендация МСЭ-Т E.408. Требования к безопасности сетей электросвязи [Электронный ресурс]. – Женева, 2004. – 21 с. – Режим доступа: <http://www.itu.int/net/home/index.aspx>.
- 8.6. Стандарт ISO/IEC 15408:2000. Information technology – Security techniques – Evaluation criteria for IT security. – Part 1: Introduction and general model. – Part 2: Security functional requirements. – Part 3: Security assurance requirements.
- 8.7. Перспективы применения международного стандарта ISO/IEC в Украине / Г. Бондаренко, Л. Скрыпник, И. Горбенко, А. Потий – Журн.: «Правовое, нормативное и метрологическое обеспечение системы защиты информации в Украине», вып. 3-й. – Киев. – 2001. – С. 7–26.
- 8.8. Леваков А. Анатомия информационной безопасности США [Электронный ресурс] – Jet Info online № 6 (109), 2002. – 74 с. – Режим доступа: <http://daily.sec.ru/dailyr-blshow.cfm?rid=9&pid=5503&pos=13&stp=10>.
- 8.9. Рекомендация МСЭ-Т X.1205. Безопасность электросвязи. Обзор кибербезопасности. – Женева, 2009. – 55 с.
- 8.10. Про захист інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах: Закон України в редакції від 31.05.2005 р. № 2594-ІУ / Відомості Верховної Ради України. – № 26, ст. 347. – К.: 2007. – 13 с.
- 8.11. Захист інформації. Технічний захист інформації. Терміни та визначення: ДСТУ 3396.2-97. – [Чинний від 01.01.1998-12-19]. – К.: Держстандарт України, 1998. – 15 с.
- 8.12. Зайцев А.П. Технические средства и методы защиты информации: Учебник для вузов / А.П. Зайцев, А.А. Шелупанов, Р.В. Мещеряков и др.; под ред. А.П. Зайцева и А.А. Шелупанова. – М.: ООО «Изд. Машиностроение», 2009 – 508 с.
- 8.13. Про основи національної безпеки України [Електронний ресурс]: Закон України від 19.06.2003 р. № 964-ІУ, зі змінами від 15.12.2005 р. / Відомості Верховної Ради України. – № 14, ст. 116. – К.: 2006. – 16 с. – Режим доступу: http://www.dststzi.gov.ua/dststzi/con-trol/uk/publish/article?art_id=43411&cat_id=38828.
- 8.14. Романец Ю.В. Защита информации в компьютерных системах и сетях / Ю.В. Романец, П.А. Тимофеев, В.Ф. Шаньгин. Под ред. В.Ф. Шаньгина. – М.: Радио и связь, 1999. – 328 с.
- 8.15. Шаньгин В.Ф. Защита компьютерной информации. Эффективные методы и средства / В.Ф. Шаньгин. – М.: ДМК Пресс, 2008. – 544 с.
- 8.16. Смарт Н. Криптографія / Н. Смарт. – М.: Техносфера, 2005. – 528 с.
- 8.17. International Telecommunication Union [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.itu.int.
- 8.18. Project Cleanfeed, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://en.wikipedia.org/wiki/Cleanfeed_\(content_blocking_system\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Cleanfeed_(content_blocking_system)).

- 8.19. Usage de l'internet dans le cadre pedagogique et protection des mineurs (CIRCULAIRE N2004-035 DU 18-2-2004). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.education.gouv.fr/bo/2004/9/MENT0400337C.htm>
- 8.20. Study Finds 25 Countries Block Web Sites, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.smh.com.au/>
- 8.21. Law no. 38.529, Asamblea Nacional de la Republica Bolivariana de Venezeula, «Ley de Proteccion de Nios, Nias y Adolescentes en salas de uso de Internet, Video Juegos y otros Multimedia», November 5, 2006.
- 8.22. Таненбаум Э. Компьютерные сети. 4-е изд. / Таненбаум Э. – СПб.: Питер, 2005. – 992 с.
- 8.23. Hypertext Transfer Protocol / [R. Fielding, J. Gettys, J. Mogul, H. Frystyk, L. Masinter, P. Leach, T. Berners-Lee] – HTTP/1.1. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.w3.org/Protocols/rfc2616/rfc2616.html>.
- 8.24. ICRA filtering using Microsoft Internet Explorer. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.icra.org/support/contentadvisor/setupv03/>.
- 8.25. Boddy Browser. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.buddybrowser.com/Free-Parental-Controls.cfm>.
- 8.26. Єдина система обмеження доступу до нецільових ресурсів мережі Інтернет в освітніх закладах України / [П.П. Воробієнко, В.А. Каптур, В.А. Коляденко, В.О. Самодід]. – Журн.: Комп'ютер у школі та сім'ї. – 2009.– № 8.
- 8.27. Project OpenDNS. [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.opendns.com/solutions/overview/>.

СТРУКТУРА ТА ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОГО РИНКУ

9.1. Роль телекомунікацій у формуванні інформаційного суспільства

Кінець ХХ – початок ХХІ ст. ознаменувалися стрімким розвитком телекомунікаційних технологій, які, проникаючи в усі сфери життєдіяльності суспільства, породжували нові відносини, форми та способи спілкування між людьми.

У зв'язку з розвитком мобільних, супутникових і кабельних телекомунікацій, а також створенням комп'ютерних мереж, здатних забезпечити накопичення та передачу величезних масивів інформації в глобальному масштабі, виникли нові комунікаційні можливості. Вони дозволили передавати мультимедійну інформацію в режимі реального часу, забезпечуючи не властивий «традиційним» ЗМІ інтерактивний характер комунікації та можливість більш адресної доставки медійної інформації з огляду на специфіку деяких аудиторних груп та індивідуальних запитів споживачів.

Швидко розвивалася комп'ютеризація редакційних процесів збору, обробки та поширення інформації, широкий розвиток отримало кабельне і супутникове ТБ, відбулося стрімке становлення Інтернету, швидко розширювалося застосування цифрових технологій у журналістиці та в масових комунікаціях.

Поняття «інформаційне суспільство» (ІС) увійшло в науковий обіг не так давно – наприкінці 60-х – на початку 70-х років ХХ ст. І як виявилось, дати чітке визначення інформаційного суспільства не так просто. Сформулювали та стали активно його використовувати економісти і маркетологи, соціологи і філософи, програмісти і політики. Це поняття покликане відобразити об'єктивну тенденцію нового витка еволюції цивілізації, пов'язаного з появою нових інформаційних і телекомунікаційних технологій, нових потреб та нового способу життя. Провідний теоретик у сфері інформаційного менеджменту У. Мартін виділяє п'ять найбільш істотних критеріїв інформаційного суспільства: технологічний, соціальний, економічний, політичний і культурний. Найбільш важливим із них є технологічний фактор: інформаційні технології отримують широке застосування на виробництві, в установах, системі освіти й у побуті [9.1].

Розвиток нових інформаційних і телекомунікаційних технологій у другій половині ХХ століття викликав проблеми, теоретичне осмислення яких знайшло відображення в концепціях інформаційного суспільства, авторами яких є Д. Белл, З. Бжезинський, Д. Гелбрейт, У. Дайзард, М. Кастельс, Г.-М. Маклюен, Ф. Махлуп, М. Порат, Т. Стоуньєр, Е. Тоффлер, А. Турен та ін. Як основну умову формування інформаційного суспільства ці вчені розглядають високотехнологічні телекомунікаційні мережі, що діють у глобальних масштабах.

Узагальнюючу модель змін, які виявилися у процесі розвитку інформаційної революції, описав американський дослідник У. Дайзард, котрий виділив три сфери, в яких наслідки інформатизації безпосередньо даються взнаки. Це становлення основних економічних галузей виробництва та розподілу інформації, розширення номенклатури телекомунікаційних послуг для інших галузей промисловості і для уряду, створення широкої мережі телекомунікаційних засобів на споживчому рівні [9.2].

Особливу увагу У. Дайзард приділив третій сфері змін, де йдеться про масове впровадження телекомунікаційних послуг. Завдяки цьому виникають привабливі перспективи, які стимулюють пошуки західними дослідниками нових моделей суспільного розвитку. Зокрема, вже одна можливість здійснення «безперервної освіти» або передача рутинної нетворчої роботи системі комп'ютерів відкриває перспективу різкого прискорення у сфері науково-технічної творчості. Нові технології забезпечують гнучкі режими та простір для творчості індивідів. Виникає ситуація «розділеного інтелекту», коли географічно розпорочені термінали можуть працювати як незалежно від інших систем, так і на базі двостороннього або багатостороннього зв'язку. Разом із тим, унаслідок особливої складності цей процес вимагає нового розуміння відносин між технологією, економікою та соціальними потребами. Або, як зазначає У. Дайзард, «політика в галузі інформації та комунікації пов'язана з фундаментальними проблемами людської особистості та її цінностями. Думати тут слід не стільки про конкретні програми та методики, скільки про загальну систему, в рамках якої інформація впливає на плюралістичне суспільство. Стратегічні рішення залежать від того, як ми бачимо самих себе і про які свої інтереси дбаємо перед обличчям невизначеного майбутнього» [9.3].

Інформаційне суспільство в трактуванні Д. Белла має усі основні характеристики постіндустріального суспільства (економіка послуг, центральна роль теоретичного знання, орієнтованість на майбутнє і зумовлені нею моделі управління, розвиток нової інтелектуальної технології). Однак якщо в «Прийдешньому постіндустріальному суспільстві» виробництво електронно-обчислювальної техніки розглядалося як одна з наукомістких галузей, а сама така техніка – як необхідний засіб для розв'язання складних завдань (із застосуванням системного аналізу і теорії ігор), то в «Соціальних рамках інформаційного суспільства» велике значення надається конвергенції електронно-обчислювальної техніки з телекомунікаціями [9.4].

«У наступному столітті, – стверджує Д. Белл, – вирішального значення для економічного та соціального життя, для способів виробництва знання, а також для характеру трудової діяльності людини набуває становлення нового соціального укладу, що базується на телекомунікаціях» [9.4].

Телекомунікаційна інфраструктура радикально змінила структуру комунікаційного простору. Будь-який індивід може в найбільш різноманітних ситуаціях виступати комунікатором або реципієнтом масової, групової й особистої комунікації. Повідомлення може мати найбільш різноманітну форму та супроводжуватися графікою, анімацією, звуком тощо, комунікант може його створювати, доповнювати, змінювати, пересилати, ігнорувати... і співпрацювати у цих процесах із різним числом партнерів. Межі між віртуальними реальностями і повсякденним світом стають дедалі більш прозорими та проникними, а різні рівні комунікаційного простору – легкосумісними.

Нові телекомунікації зводять до нуля ще існуючі часові та просторові бар'єри комунікації. Можливості переробки інформації, її зберігання та поширення

підносяться до ступеня, досі невідомого. Повсюдно існують мережі збору даних, оцінки та доступу інформації. Тим самим здійснюється комунікація в межах усього світового простору, поверх всіх національних кордонів, немислима раніше, при використанні класичних засобів комунікації.

Свідченням того, що телекомунікації нарощують своє значення як у процесах задоволення потреб в інформації, так і в розвитку суспільства в цілому, є те, що, як показує практика, телекомунікаційні й інформаційні послуги перейшли в розряд послуг першої необхідності та претендують увійти до «споживчого кошика». Важливо також, що йдеться не тільки про локальні, а й про глобальні інформаційні мережі, прикладом яких є «мережа мереж» Інтернет.

Телекомунікаційна сфера здійснює такі функції:

1. Соціальна функція – забезпечення зв'язку між людьми, організаціями, державними установами.
2. Економічна функція – насичення інформацією господарюючих суб'єктів для прийняття управлінських рішень.
3. Політична функція – поширення інформації державних органів управління, політичних партій і рухів, засобів масової інформації, тобто забезпечення свободи слова.
4. Державна функція – забезпечення органів влади необхідними даними для управління країною, у тому числі забезпечення національної безпеки.
5. Технологічна функція – обслуговування технічного прогресу в галузі інформатизації суспільства.

Розвиток телекомунікаційних систем та інформаційних технологій створив сучасну тріаду елементів інформаційного простору: людина, інформація, технічні засоби. Інформаційний простір спочатку був зв'язаний, а тепер починає головувати над усіма сферами діяльності особистості, суспільства та держави.

Ще якихось двадцять п'ять років тому інформаційні технології та телекомунікації являли собою два окремих напрямки розвитку високих технологій, що мали свої власні завдання. Конвергенція телекомунікаційних й інформаційних послуг втілилася в поняття «інфокомунікацій». На думку відомих українських учених П. Воробієнка та Л. Нікітюк, «Інфокомунікації – це сукупність засобів обробки, накопичення, зберігання інформації та перенесення її у просторі, імplementованих у єдину мережну структуру, за допомогою якої забезпечується доступність інформаційних ресурсів та інформаційний обмін» [9.6].

Із появою всесвітньої комп'ютерної мережі Інтернету можна сказати, людство вступило у фазу формування та підтримки в актуальному стані єдиного загальносвітового інформаційно-комунікативного середовища.

З появою Інтернету – єдиного інформаційного простору, до якого отримали доступ усі мережі, починається формуватися контент, власне, інформаційний ресурс. Розвиток контенту зумовив збільшення обсягів передачі даних засобами телекомунікацій, і галузь змушена вдосконалювати застосовувані в ній технології.

Без перебільшення можна сказати, що інформаційні та телекомунікаційні технології стали найважливішим засобом підвищення ефективності управління практично в усіх сферах людської діяльності. Досвід індустріально розвинених країн показує, що інфотелекомунікаційні технології (ІКТ) не просто виконують допоміжні функції в діяльності компаній та органів влади, а стали їхнім невід'ємним компонентом. Більше того, можна говорити про наявність зв'язку між їх розвитком і здатністю різних організаційних структур вирішувати свої за-

вдання: підвищувати конкурентоспроможність – для комерційних структур, більш ефективно задовольняти потреби суспільства – для органів державної влади та місцевого самоврядування.

Передбачається, що впровадження інформаційно-телекомунікаційних технологій у державне управління дозволить прискорити розвиток економіки, знизити витрати на бюрократичні процедури, підвищити ефективність роботи та продуктивність праці державних відомств, розширити можливості населення у формуванні громадянського суспільства за рахунок поліпшення доступу до різноманітної інформації, створення більш прозорої роботи державних служб, послаблення бюрократичних бар'єрів.

Ідея використання телекомунікаційних засобів з метою державного управління має довгу історію. Наприклад, ще у 70-ті роки ХХ ст. у США в штаті Огайо, округ Колумбус, був проведений експеримент, суть якого полягала в тому, що в усіх будинках було встановлено інтерактивну телематичну систему. Спроби створення аналогічних систем на основі різних телекомунікаційних засобів регулярно здійснювали в промислово розвинених країнах протягом другої третини двадцятого сторіччя. Але саме Інтернет виявився найбільш зручним і, що важливо, дешевим засобом, за допомогою якого ідеї «електронного уряду» перейшли зі сфери умовляючих концепцій і пілотних проєктів у практичну сферу. Ця ідея виявилася надзвичайно популярною не тільки в середовищі інтелектуалів, а й у широких масах демократичної громадськості. Крім цього, деякі країни з авторитарними політичними режимами також зробили кроки в цьому напрямку. З'явилися різні моделі та підходи в реалізації ідеї «електронного уряду».

Із середини 1990-х років у промислово розвинених країнах докладалися зусилля до розробки та реалізації різних проєктів зі створення та розвитку електронних урядів. Сьогодні одні країни перебувають на початковій стадії цього процесу, тільки позначаючи свою присутність у мережі, інші вже переходять до вищої стадії інформатизації державного управління – до транзакцій із громадянами та бізнесом. У розвитку електронного уряду у світі лідирують Канада, США та Сінгапур.

Суть системи електронного уряду у використанні інформаційно-комунікаційних технологій для підвищення ефективності уряду з метою зробити його більш доступним для громадян і більш підзвітним. Таким чином, система електронного уряду – це не просто збільшення кількості комп'ютерів у представників органів державної влади, а реорганізація взаємовідносин між державними службовцями й іншими громадянами. Йдеться про таке:

- забезпечення більш повного доступу до інформації (законів, законопроєктів, інших нормативно-правових актів; форм необхідних документів, а також економічних або наукових даних) через Інтернет;

- сприяння громадянській участі в державному житті шляхом створення можливостей для більш зручної комунікації з державними службовцями через електронні канали, наприклад забезпечення можливості заповнювати необхідні документи в електронному вигляді;

- підвищення підзвітності уряду шляхом підвищення прозорості його операцій, що знижує ризики корупції;

- підтримка виконання цілей розвитку шляхом зменшення часу та матеріальних витрат, які суб'єкти малого бізнесу несуть у зв'язку зі спілкуванням із державними структурами, а також шляхом забезпечення сільських та інших громад інформаційно-комунікаційною інфраструктурою.

Отже, для сучасного суспільного розвитку характерно:

- ⇒ збільшення ролі інформації та знань у житті суспільства;
 - ⇒ зростання частки інформаційних і телекомунікацій, продуктів і послуг у валовому внутрішньому продукті;
 - ⇒ створення глобального інформаційного простору, який забезпечує ефективну взаємодію людей, їх доступ до світових інформаційних ресурсів і задоволення їхніх потреб в інформаційних продуктах і послугах;
 - ⇒ визначення сучасного господарського прогресу, насамперед, розвитком інформаційно-комунікаційних технологій і пов'язаних із ними галузей промисловості [9.7].
- Поки що (на початку XXI століття) індустріальне суспільство хоча й не замінилося цілком на інформаційне, однак усе більше поступається своїми позиціями суспільству, заснованому на знаннях, відкритій інформації, на високорозвинених інфотелекомунікаційних технологіях.

9.2. Структура та принципи організації світового ринку телекомунікацій

Телекомунікаційний ринок більшості країн світу зазнав докорінних змін за останні десятиріччя. Серед основних рушійних факторів такої перебудови варто виділити: розвиток науково-технічного прогресу, розбудову національного та міжнародного бізнесу, який формував основну складову платоспроможного попиту на телекомунікаційні послуги найвищої якості.

Незважаючи на те, що перебудова телекомунікаційного ринку проходила за різними сценаріями, однак, кінець-кінцем, вона супроводжувалася лібералізацією телекомунікаційного ринку, впровадженням інституту регулювання, приватизацією «історичного» оператора (рис. 9.1) [9.8]. Додержуючись цих принципів, адаптуючи і часто переосмислюючи кожен з них, країни світу активізували свої ринки електровз'язку та інформаційних технологій, зробивши перший крок до цифрової економіки.

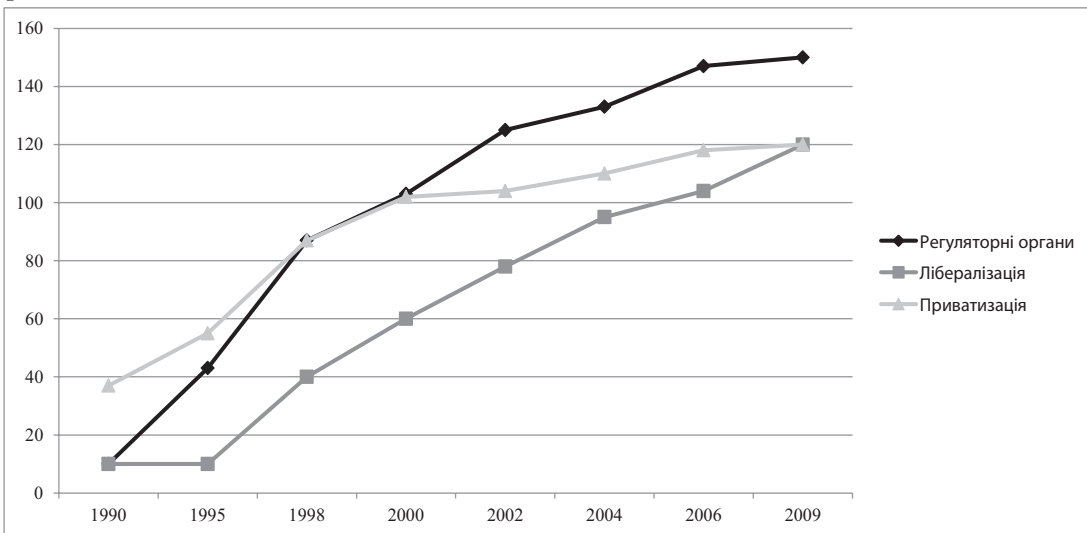


Рис. 9.1. Тенденції в сфері телекомунікацій, 1990–2009 рр.

Для наочності структурну схему телекомунікаційного ринку «до» та «після» реформування наведено на **рис. 9.2** та **9.3**.

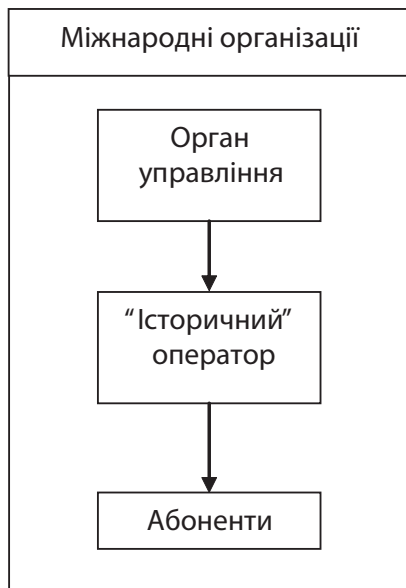


Рис. 9.2. Телекомунікаційний ринок «до» реформування

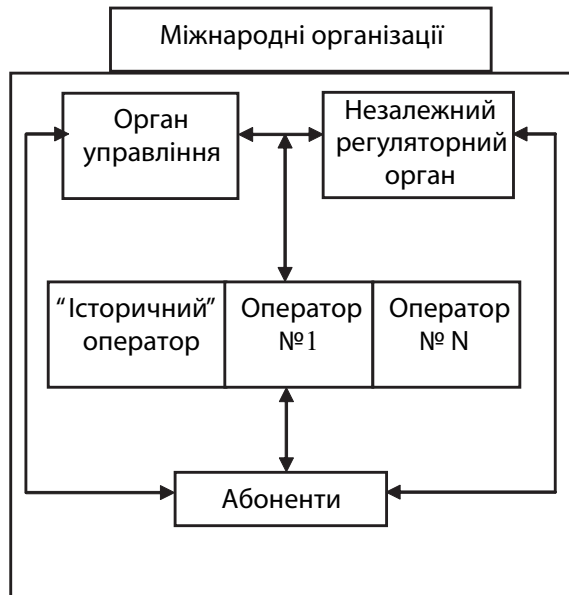


Рис. 9.3. Телекомунікаційний ринок «після» реформування

Розглянемо більш детально основні тенденції реформування телекомунікаційного ринку:

1. Вважається, що лібералізація телекомунікаційного ринку була «Святим Граалем» розвитку ринку за останні два десятиліття [9.9]. У свою чергу, відсутність конкурентів, які мають неабиякий вплив на ринок, на думку експертів Міжнародного союзу електрозв'язку, є запорукою постійного розвитку ринку, а також упровадження динамічних інновацій в розбудову технологій та послуг.

Порівняння ступеня лібералізації телекомунікаційного ринку за секторами у світі у 2010 році з 2000-м наочно показано на **рис. 9.4** [9.10], аналіз якого дозволяє дійти висновку про наявність сталої тенденції до лібералізації телекомунікаційного ринку не лише у сфері надання «нових» телекомунікаційних послуг, а й «традиційних». Так, у 2000 році сегмент «базові послуги» було лібералізовано у 39 % країн світу, а на початку 2010-го – у 68 % (зростання – близько 74 %), сегмент «безпроводний абонентський доступ» у 2000 році було лібералізовано у 61 % країн світу, а на початку 2010-го – у 81 % (зростання близько 50 %) тощо.

2. Створення самостійного регуляторного органу в галузі електрозв'язку/ІКТ було однією з основних складових елементів процесу реформування, який почався понад 15 років тому. До кінця 2010 року самостійні регуляторні органи були створені в більш ніж 80 % країн світу – в цілому 158 регуляторних органів у світі (**рис. 9.5**), порівняно з 106 регуляторними органами десять років тому [9.10].

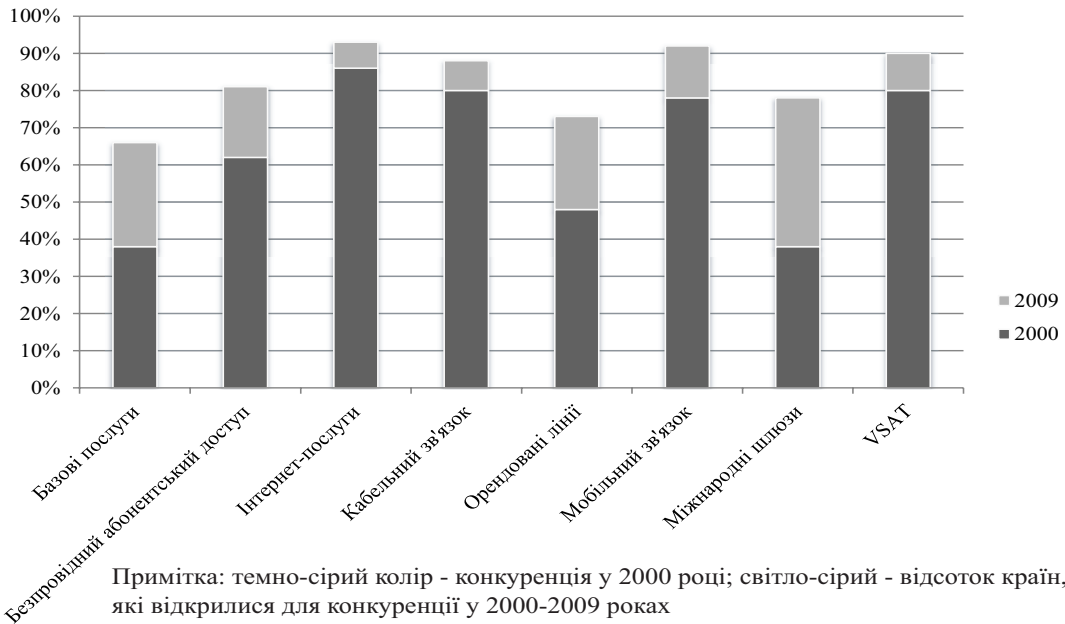


Рис. 9.4. Лібералізація телекомунікаційного ринку за сегментами у світі

Основна тенденція в більшості регіонів полягала в створенні регуляторного органу для конкретного сектору. Однак сьогодні поряд з виконанням традиційних функцій, таких, як рішення проблем приєднання та управління програмами універсального доступу, в деяких країнах регуляторні органи в галузі електрозв'язку/ІКТ тепер несуть відповідальність за регулювання за межами цих традиційних основних видів діяльності. Так, деякі регуляторні органи в галузі електрозв'язку/ІКТ вирішують питання радіомовного контенту, інтернет-контенту, кібербезпеки, а деякі щодо зміни клімату (рис. 9.6) [9.10].

У 2010 році 16 відсотків регуляторних органів в області електрозв'язку/ІКТ відповідали за радіомовний контент, у деяких випадках розділяючи відповідальність з іншим органом влади. Інтернет-контент не регулюється більш ніж в 44 % країн світу, проте він включений до переліку повноважень приблизно 13 % регуляторних органів в області електрозв'язку/ІКТ. Регулювання сектору «інформаційні технології» входить до обов'язків 30 % регуляторних органів, які в 12 % випадків поділяють цю відповідальність.



Рис. 9.5. Країни, в яких створено незалежні регуляторні органи, 2010 р.

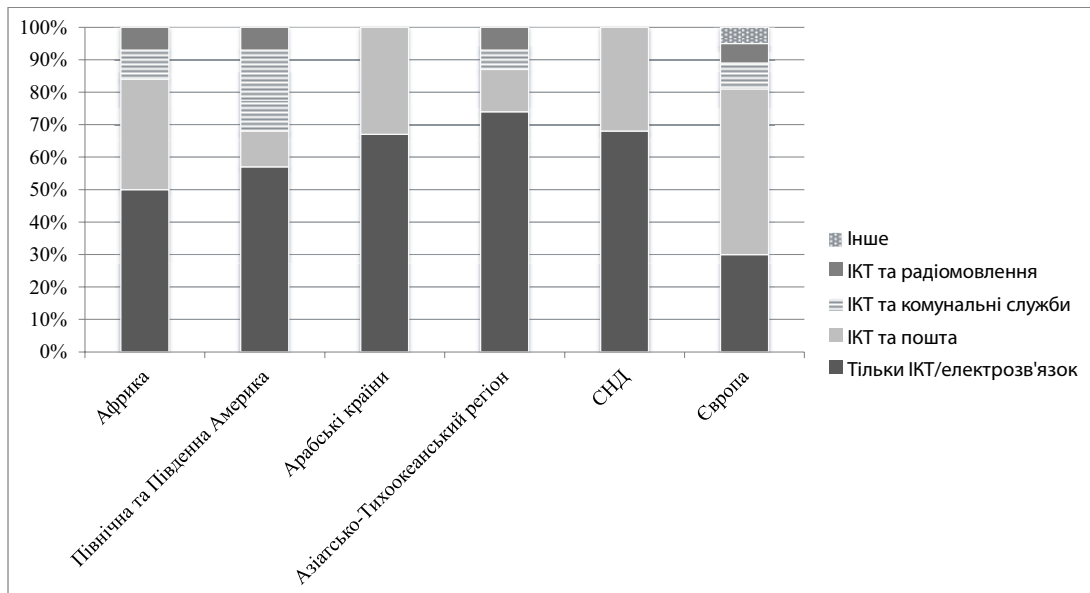


Рис. 9.6. Повноваження регуляторного органу, 2010 р.

3. Невід'ємною складовою реформування телекомунікаційного ринку також вважається приватизація «історичних» операторів, під якими розуміють операторів електрозв'язку, що були першочергово створені як регульовані, загалом державні монополії на території країн світу з особливими та ексклюзивними правами, що користувалися перевагами де-факто монопольного становища до лібералізації ринку [9.10].

Доцільність приватизації «історичних» операторів була обумовлена необхідністю підвищити ефективність, продуктивність та якість обслуговування, а також залучити капітал, покращити управління та забезпечити дальший розвиток мережі. Крім того, багато країн дійшли висновку, що конкуренція є більш прозорою, якщо держава на ринку не буде гравцем та суддею одночасно.

Варто зазначити, що станом на 1 січня 2010 року було вже приватизовано 60 % «історичних» операторів телекомунікацій (рис. 9.7) [9.10].



Рис. 9.7. Динаміка приватизації «історичних» операторів телекомунікацій у світі

Діяльність міжнародних організацій з розвитку сфери телекомунікацій

Міжнародні організації у загальному вигляді являють собою об'єднання, що створюються для досягнення загальних цілей у галузі політики, економіки, науки, техніки, технологій або в інших галузях діяльності. Міжнародні організації є однією з форм багатостороннього співробітництва між державами, корпораціями, закладами на основі угод її учасників та на їхні же кошти.

Міжнародною організацією, що відіграє ключову роль у сфері телекомунікацій, є Міжнародний союз електрозв'язку, або скорочено – МСЕ, який було засновано ще 17 травня 1865 року під назвою «Міжнародний телеграфний союз», до складу якого входять 193 держави-члена, а також регуляторні органи в галузі ІКТ, провідні академічні установи та близько 700 приватних компаній (штаб-квартира – у Женеві, Швейцарія) [9.11, 9.12].

Основні напрями діяльності МСЕ зосереджено у трьох основних областях, організованих «за секторами», робота яких здійснюється через конференції та збори [9.13-9.15]:

1. **«Радіозв'язок»**. Сектор радіозв'язку МСЕ (ITU-R) відіграє найважливішу роль у глобальному управлінні використанням радіочастотного спектра і орбіт супутників – обмежених природних ресурсів, які користуються дедалі більшим попитом з боку великого і зростаючого числа послуг, таких, як фіксовані, рухомі, радіомовні й аматорські, космічні дослідження, електрозв'язок у надзвичайних ситуаціях, метеорологія, система глобального позиціонування, моніторингу навколишнього середовища та послуг зв'язку – це забезпечення безпеки людського життя на землі, у морі та в небі, яке гарантують міжнародні організації, що входять до складу цього Сектору.

2. **«Стандартизація»**. Сьогодні пріоритетні галузі роботи членів Сектору «Стандарти» МСЕ (ITU-T) містять у собі: забезпечення потреб країн, що були взяті до уваги при розробці глобальних ІКТ; доступність, прийняття міжнародних стандартів для забезпечення безперервного глобального зв'язку та взаємодії для мереж наступного покоління (NGN); зміцнення довіри і безпеки при використанні ІКТ; зв'язок у надзвичайних ситуаціях для розробки системи раннього попередження і забезпечення доступу до комунікацій під час і після стихійних лих та зменшення впливу ІКТ на зміну клімату, а також сприяння кращому розумінню того, як ІКТ можуть пом'якшити його наслідки.

3. **«Розвиток»**. Діяльність членів Сектору розвитку електрозв'язку МСЕ (ITU-D) спрямована на таке: надання допомоги країнам у сфері інформаційних і комунікаційних технологій (ІКТ) за рахунок сприяння мобілізації технічних, людських і фінансових ресурсів, необхідних для здійснення, а також забезпечення доступу до ІКТ; сприяння поширенню переваг ІКТ для всього населення планети; допомога та участь у заходах, які сприяють скороченню розриву в цифрових технологіях; розроблення й управління програмами, які полегшують обмін інформацією, спрямованими на потреби країн, що розвиваються.

Варто зазначити, що до складу трьох секторів МСЕ входять 109 міжнародних організацій, які охоплюють конкретні види діяльності сфери телекомунікацій, а саме «Радіозв'язок» (71 організація), «Стандартизація» (55 організацій), «Розвиток» (78 організацій), та поділяються на регіональні й інші міжнародні організації, міжурядові організації, які експлуатують супутникові системи, та регіональні телекомунікаційні організації (*табл. 9.1*) [9.16].

Міжнародні організації, що входять до складу МСЕ

№	Скорочена назва	Назва	Місто та країна, де перебуває штаб-квартира організації	ITU-R	ITU-T	ITU-D
1	2	3	4	5	6	7
1	AfriNIC	African Network Information Center	Ебен, Маврикій			X
2	ARIN	American Registry for Internet Numbers	Шантіль, США		X	X
3	ARCTEL-CPLP	Association of Communications and Telecommunications Regulators of CPLP	Лісабон, Португалія			X
4		Broadcast Networks Europe	Брюссель, Бельгія	X		
5		Dominic Foundation	Парадізо, Швейцарія		X	X
6	G3ict	Global Initiative for Inclusive Information and Communication Technologies	Атланта, США		X	X
7	ISC	Indigenous Peoples ICT Task Force	Женева, Швейцарія			X
8		Internet Systems Consortium	Редвуд-Сіті, США		X	X
9	SAMENA	Arab Regulators Network	Алжир, Алжир	X	X	X
10		Telecommunications Council (South Asia – Middle East – North Africa)	Дубай, Об'єднані Арабські Емірати			X
11		telecentre.org Foundation	Кесон-Сіті, Філіппіни			X
12	UKTA	United Kingdom Telecommunications Academy	Бедворт, Великобританія		X	X
13	WiGig	WebForce International Federation	Нарбонн, Франція			X
14	ABFICT	Wireless Gigabit Alliance	Бівертон, США	X		
15	ABU	Arab Business Forum for Information and Communication Technology	Каїр, Єгипет			X
16	ACIST	Asia-Pacific Broadcasting Union	Куала-Лумпур, Малайзія	X		X X
17	ACSIS	Communications Business Association of Portugal	Коїмбра, Португалія			X
18	АНЦИЕТ	African Civil Society for the Information Society	Ла Марса, Туніс			X
19	AIBD	Ibero-American Association of Research Centers and Telecommunication Enterprises	Мадрид, Іспанія	X	X	X
20	AICTO	Asia-Pacific Institute for Broadcasting Development	Куала-Лумпур, Малайзія			X
21	AIR	Arab Information and Communication Technology Organization	Туніс, Туніс	X	X	X
22	AMARC	International Association of Broadcasting	Монтевідео, Уругвай	X		
23	APBU	World Association of Community Radio Broadcasters	Монреаль, Канада	X		X
24	APNIC	Arab Private Broadcasting Union	Куртоба, Кувейт	X	X	X
25	APSCC	Asia Pacific Network Information Centre	Мільтон, Брисбен, Австралія			X
26	ASBU	Asia-Pacific Satellite Communications Council	Кіунджи-До, Республіка Корея	X		
27	ASETA	Arab States Broadcasting Union	Туніс, Туніс	X		X
28	ATIS	Association of Andean Community Telecommunications Enterprises	Кіто, Еквадор	X	X	X
29	AU	Alliance for Telecommunications Industry Solutions	Вашингтон, округ Колумбія, США	X	X	
30	AUB	African Union	Аддис-Абеба, Ефіопія	X	X	X
31	BIPM	African Union of Broadcasting	Дакар, Сенегал	X	X	X
32	CBU	International Bureau of Weights and Measures	Седекс, Франція	X		
33	CEDARE	Caribbean Broadcasting Union	Бриджтаун, Барбадос	X		X

1	2	3	4	5	6	7
34	CEDARE	Centre for Environment and Development for the Arab Region and Europe	Каїр, Єгипет	X		X
35	CICR	International Committee of the Red-Cross	Женева, Швейцарія		X	X
36	CIGRE	International Council on Large Electric Systems	Париж, Франція	X	X	
37	CIRM	International Maritime Radio Association	Лондон, Великобританія	X	X	
38	CISPR	International Special Committee on Radio Interference	Ятелі, Великобританія	X	X	
39	COSPAR	Committee on Space Research	Париж, Франція	X		
40	COSPAS-SARSAT	International Satellite System for Search and Rescue	Монреаль, Канада	X		
41	CRAF	Committee on Radio Astronomy Frequencies	Оксфорд, Великобританія	X		
42	CTO	Commonwealth Telecommunications Organisation	Лондон, Великобританія			X
43	DAISY Consortium	Digital Accessible Information System	Цюріх, Швейцарія			X
44	DAPSI	African Diaspora for the Information Society	Женева, Швейцарія			X
45	DRM	Digital Radio Mondiale	Гран-Саконекс, Швейцарія	X		X
46	EAC	East African Community	Аруша, Танзанія			X
47	EBU	European Broadcasting Union	Гран-Саконекс, Швейцарія	X	X	X
48	ECO	European Communication Office	Копенгаген, Данія	X	X	X
49	ECOWAS	Economic Community for West African States	Абуджа, Нігерія	X	X	X
50	ECTA	European Competitive Telecommunications Association	Брюссель, Бельгія	X	X	X
51	ECTEL	Eastern Caribbean Telecommunications Authority	Кастрі, Сент-Люсія			X
52	EPO	European Patent Office	Мюнхен, Німеччина		X	
53	ETNO	European Telecommunications Network Operators' Association	Брюссель, Бельгія	X	X	X
54	EU	European Union	Брюссель, Бельгія	X	X	X
55	EUROCONTROL	European Organization for the Safety of Air Navigation	Брюссель, Бельгія	X		
56	EUTELSAT IGO	European Telecommunications Satellite Organisation	Париж, Франція	X	X	X
57	FIRST	Forum of Incident Response and Security Teams	Моррісвіль, США		X	X
58	GCC	Cooperation Council for the Arab States of the Gulf	Манама, Бахрейн	X	X	X
59	GISFI	Global ICT Standardization Forum for India	Пуна, Індія		X	
60	GLOBAL	Global VSAT Forum	Олбанс, Великобританія			X
61	GSM	GSM Association	Лондон, Великобританія	X	X	X
62	HFCC	High Frequency Coordination Conference	Прага, Чехія	X		
63	IAF	International Astronautical Federation	Париж, Франція	X		
64	IALA-AISM	International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities	Сен-Жермен-ан-Ле	X		
65	IARU	International Amateur Radio Union	Ньюїнгтон, США	X		X

1	2	3	4	5	6	7
66	IATA	International Air Transport Association	Монреаль, Канада	X	X	X
67	ICDRI	International Center for Disability Resources on the Internet	Олександрія, США		X	
68	ICSU	International Council for Science	Париж, Франція			X
69	ICTP	The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics	Трієст, Італія			X
70	IEC	International Electrotechnical Commission	Женева, Швейцарія	X	X	X
71	IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers	Пискатавей, США	X	X	X
72	IFIP	International Federation for Information Processing	Лаксенбург, Австрія		X	X
73	IMSO	International Mobile Satellite Organization	Лондон, Великобританія	X		
74	INTUG	International Telecommunications Users Group	Дріберген, Нідерланди		X	X
75	ISO	International Organization for Standardization	Женева, Швейцарія	X	X	X
76	ISOC	Internet Society	Женева, Швейцарія		X	X
77	ITSO	International Telecommunications Satellite Organization	Вашингтон, округ Колумбія, США	X	X	X
78	ITU-APT	Asia-Pacific Telecommunity Foundation of India	Нью-Делі, Індія		X	X
79	IUCAF	Scientific Committee on Frequency Allocations for Radio Astronomy and Space Science	Токіо, Японія	X		
80	NABA	North American Broadcasters Association	Торонто, Канада	X		
81	REGULATEL	Latin American Forum of Telecommunications Regulators	Богота, Колумбія	X	X	X
82	RECATIC	African ICT Consumers Network	Котону, Бенін		X	X
83	RIPE NCC	The European Network Coordination Centre	Амстердам, Нідерланди		X	X
84	SADC	Southern African Development Community	Габороне, Ботсвана			X
85	SATNET	Southern Africa Telecentre Networks	Лусака, Замбія	X	X	X
86	SITA	International Society of Aeronautical Telecommunications	Койнтрин, Швейцарія	X		
87	SMPTE	Society of Motion Picture and Television Engineers	Уайт-Плейнс, США	X		
88	SPC	Secretariat of the Pacific Community	Сува, Фіджі			X
89	UAI	International Astronomical Union	Париж, Франція	X		
90	UMTS	Universal Mobile Telecommunications System Forum	Лондон, Великобританія	X	X	X
91	URSI	International Union of Radio Science West African Telecommunications	Гент, Бельгія	X	X	X
92	WATRA	Regulators Assembly	Абуджа, Нігерія	X	X	X
93	WBUTC	World Broadcasting Unions – Technical Committee	Торонто, Канада	X		
94	WORLDDAB	World Forum for Digital Audio Broadcasting	Лондон, Великобританія	X		
Міжурядові організації, які експлуатують супутникові системи						
95	ARABSAT	Arab Satellite Communications Organization	Ер-Ріяд, Саудівська Аравія	X		
96	ESA	European Space Agency	Нордвік, Нідерланди	X		

1	2	3	4	5	6	7
97	EUMETSAT	European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites	Дармштадт, Німеччина	X		
98	INTERSPUTNIK	International Organization of Space Communications	Москва, Росія	X		
99		RASCOM	Regional African Satellite Communications Organization	Абіджан, Кот-д'Івуарі	X	X
Міжурядові організації, які експлуатують супутникові системи						
100	APT	Asia-Pacific Telecommunity	Бангкок, Таїланд	X	X	X
101	ATU	African Telecommunications Union	Найробі, Кенія	X	X	X
102	CANTO	Caribbean Association of National Telecommunication Organizations	Порт-оф-спейн, Тринідад і Тобаго			X
103	CEPT	European Conference of Postal and Telecommunications Administrations	Копенгаген, Данія	X	X	X
104	CITEL	American Telecommunication Commission	Вашингтон, округ Колумбія, США	X	X	X
105	COMTELCA	Telecommunications Regional Technical Commission	Тегусігальпа, Гондурас	X	X	X
106	CTU	Caribbean Telecommunications Union	Порт-оф-Спейн, Тринідад і Тобаго	X	X	X
107	ETSI	European Telecommunication Standards Institute	Софія Антіполіс, Франція	X	X	X
108	LAS	League of Arab States	Каїр, Єгипет	X	X	X
109	RCC	Regional Commonwealth in the Field of Communications	Москва, Росія	X	X	X

Не зменшуючи вагомості дій організацій, які подано в *табл. 9.1*, особливий вплив на розвиток сфери телекомунікацій здійснює Світова організація торгівлі (СОТ), яка є провідною міжнародною економічною організацією, її членами є вже 156 країн, на частку яких припадає понад 96 % обсягів світової торгівлі. Функціями СОТ є встановлення правил міжнародної системи торгівлі і вирішення спірних питань між країнами-членами, які підписалися під близько 30 угодами організації. СОТ була створена за результатами переговорів Уругвайського раунду (1986–1994), офіційна дата заснування – 1 січня 1995 року (штаб-квартира – у м. Женеві, Швейцарія) [9.17].

Сьогодні практично всі великі держави є членами СОТ. Окрім суто економічних переваг, які досягаються шляхом зниження бар'єрів у торгівлі, система СОТ позитивно впливає на політичну і соціальну ситуацію в країнах, а також на індивідуальний добробут громадян.

Згідно зі статтею VIII Марракеської угоди про утворення Світової організації торгівлі, СОТ є міжнародною міжурядовою організацією, створеною згідно з нормами міжнародного права. СОТ може діяти незалежно від волі кожної країни – члена цієї організації. Проте така діяльність СОТ здійснюється лише через створені нею органи (Міністерську конференцію, Генеральну раду і Секретаріат). Згідно з Марракеською угодою СОТ забезпечує загальну інституційну основу для здійснення торговельних відносин між її членами, тобто утворює міжнародний форум з робочими органами. В його рамках можуть здійснюватися міжнародні переговори як між усіма членами СОТ, так і між окремими учасниками.

За останні роки неабияк розширилася сфера діяльності СОТ, яка сьогодні далеко виходить за рамки власне торговельних стосунків. СОТ є потужною і впливовою міжнародною структурою, здатною виконувати функції міжнародного економічного регулювання. Членство в СОТ стало сьогодні практично обов'язковою умовою для будь-якої країни, яке прагне інтегруватися у світове господарство.

Цілі СОТ визначено в преамбулі Марракеської угоди про утворення СОТ, основні з яких такі: підвищення життєвого рівня; забезпечення цілковитої зайнятості; повсякчасне зростання доходів і ефективного попиту; розширення виробництва товарів і послуг та торгівлі ними; оптимальне використання світових ресурсів згідно з цілями сталого розвитку; захист і збереження навколишнього середовища; забезпечення для країн, що розвиваються, і найменш розвинених країн такої участі в міжнародній торгівлі, яка б відповідала потребам їх економічного розвитку. Регулювання міжнародної торгівлі в рамках СОТ здійснюється на базі основних правил і принципів, серед яких одним з найбільш важливих є принцип недискримінації.

Роль і завдання управління та регулювання ринку телекомунікацій за сучасних умов

У науковій та навчальній літературі, присвяченій як сфері телекомунікацій, так і іншим галузям економіки, завжди трапляються та широко використовуються терміни «державне управління» і «державне регулювання». У загальному вигляді відмінність між державним управлінням та державним регулюванням полягає в тому, що управління визначає траєкторію руху, розвитку в цілому, тоді як регулювання поширюється тільки на корекцію, зміну, уточнення опорної планової, програмної траєкторії відповідно до складних умов, додаткових вимог, особливих державних інтересів [9.18].

Таким чином, управління містить у собі весь набір управлінських функцій, що охоплює цілевизначення, аналіз, прогнозування, планування, програмування, організацію, стимулювання, корегування, облік, контроль діяльності. З цього переліку управлінських функцій до регулювання певною мірою належать аналіз, прогнозування, стимулювання, коригування, контроль. Коли говорять про управління об'єктом, то розуміють його зазвичай і як прямиий вплив з боку суб'єкта управління на об'єкт у вигляді адресних вказівок, розпоряджень, команд, установок, і як непрямиий вплив за допомогою встановлення правил, обмежень, стимулів, заохочень. Таким чином, управління охоплює і адміністративно-розпорядчий вплив, і економічне стимулювання, і морально-психологічний вплив, тобто всю гамму видів, форм управління.

Державне регулювання спирається переважно на використання економічних методів управління, механізмів стимулюючого й обмежуючого характеру, покликаних усунути або послабити прагнення ринку до стихійності, монополізму. Державне регулювання спрямоване також на досягнення відповідності цільової орієнтації діяльності господарюючих суб'єктів генеральним цілям соціально-економічного розвитку країни, регіонів, галузей, завданням ефективного використання економічного потенціалу, природних ресурсів, охорони навколишнього середовища. За змістом словосполучення «державне регулювання» означає «зовнішнє управління об'єктом». Це поняття доповнює «внутрішнє управління, самоврядування», зумовлене тим, що економічні об'єкти володіють власними, внутрішніми системами управління, але такі системи нездатні повноцінно реалізувати весь комплекс функцій управління, схильні здійснювати управлінський вплив у власних інтересах, на шкоду іншим об'єктам та інтересам більш високого порядку. Тому самоврядування таких об'єктів доповнюється зовнішнім державним регулюванням з боку органів державної влади. Таке регулювання виявляється у вигляді норм, правил, обмежень, заборон, установлених суб'єктами, органами державного регулювання у формі законів, положень, інструкцій. Отже, державне регулювання доповнює та водночас обмежує небажану дію ринкових механізмів. Образно кажучи, за допомогою регулювання держава налаштовує господарський механізм на потрібну ноту.

Таким чином, державне регулювання є обмеженням управління, що поширює свою дію тільки на ту частину функцій управління, котра не впливає з права власності, а зумовлена особливою роллю держави як законотворця, контролера, наглядача, представника громадських інтересів.

Варто зазначити, що наявність розходжень між державним регулюванням і державним управлінням не свідчить про те, що не завжди чітко вдається виокремити державне регулювання, відокремити його від інших видів, функцій управління. Річ у тім, що ті самі інститути та інструменти державного управління можуть бути частково віднесені до державного регулювання, тоді як в іншій своїй частині це інструмент не регулювання, а прямого управління.

Також слід підкреслити, що невідповідність понять «державне управління» і «державне регулювання» не має принципового характеру з прикладного погляду. Адже в остаточному підсумку важливо не як назвати вид управління, а як ефективно, успішно застосовувати його на практиці залежно від реальних цілей, завдань, сучасного стану функціонування певної галузі тощо.

Так, у середині ХХ ст. інформаційні відносини розглядалися лише як «оболонка» суті державного управління, що не вимагає спеціального регулювання, крім цензури, але минуло 20 років – і вони стали суттю розвитку соціуму, а роль держави стала дискусійною [9.19]. Зрозуміло, що зміна умов функціонування ринку, особливо у промислово розвинутих країнах, привела до необхідності поділу влади з метою чіткого розподілу повноважень між тими, хто наказує, виконує і стежить за виконанням «правил гри». Минуло ще 20 років, і природне бажання країн з економікою, що розвивається, інтегруватися в сім'ю розвинених країн також привело до необхідності реформування телекомунікаційного ринку.

Нижче подано результати проведеного аналізу визначення ролі та розподілу повноважень між органами управління та регулювання в сфері телекомунікацій на прикладі країн СНД (дані наведено станом на 1 серпня 2012 року) [9.20–9.28].

Отже, управління сфери телекомунікацій у країнах СНД здійснюється на базі міністерств, агентств та служб (табл. 9.2).

Таблиця 9.2

Органи управління в сфері телекомунікацій у країнах СНД

Країна	Орган управління	Сфера управління	Дата створення органу
1	2	3	4
Азербайджан	Міністерство зв'язку та інформаційних технологій Азербайджанської Республіки	Телекомунікації, інформаційні технології, поштовий зв'язок	20.02.2004 р.
Вірменія	Міністерство транспорту та зв'язку Республіки Вірменія	Транспорт, телекомунікації, поштовий зв'язок	2000 р.
Білорусь	Міністерство зв'язку та інформатизації Республіки Білорусь	Телекомунікації, поштовий зв'язок	17.02.2004 р.
Казахстан	Міністерство зв'язку та комунікацій Республіки Казахстан	Транспорт, зв'язок, інформаційні технології	24.11.2004 р.
Киргизія	Міністерство транспорту і комунікацій Киргизької Республіки	Транспорт, зв'язок, інформаційні технології	03.04.1998 р.
Молдова	Міністерство інформаційних технологій та зв'язку	Телекомунікації, зв'язок	1990 р.
Росія	Міністерство зв'язку та масових комунікацій	Інформаційні технології, електровз'язок, масові комунікації, ЗМІ	12.05.2008 р.

Закінчення табл. 9.2

1	2	3	4
Таджикистан	Служба зв'язку при Уряді Республіки Таджикистан	Електрозв'язок, поштовий зв'язок, інформатизація	11.05.2011 р.
Туркменістан	Міністерство зв'язку Туркменістану	Електрозв'язок, поштовий зв'язок	1991 р.
Узбекистан	Узбецьке агентство зв'язку та інформатизації	Зв'язок, інформатизація	30.05.2002 р.
Україна	Державна служба спеціального зв'язку та захисту інформації України	Телекомунікації, інформатизація	07.11.2005 р.

Нарівні з органом управління в сфері телекомунікацій функціонує й орган регулювання, створений у вигляді комісії або агентства в чотирьох країнах СНД, а саме у Вірменії, Киргизії, Молдові та Україні (табл. 9.3).

Таблиця 9.3

Органи регулювання в сфері телекомунікацій у країнах СНД

Країна	Орган управління	Сфера управління	Дата створення органу
Вірменія	Комісія з регулювання громадських послуг	Енергетика, водна система, телекомунікації	25.12.2003 р.
Киргизія	Державне агентство зв'язку при Уряді Киргизької Республіки	Електрозв'язок, поштовий зв'язок	07.10.1997 р.
Молдова	Національне агентство з регулювання в області електронних комунікацій і інформаційних технологій	Електронні комунікації та інформаційні технології	17.08.2000 р.
Україна	Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації	Телекомунікації, інформатизація, користування радіочастотним ресурсом, надання послуг поштового зв'язку	22.04.2005 р.

Очевидно, що повноваження органів управління у сфері телекомунікацій істотно змінюються з появою на ринку органу регулювання.

У першу чергу розглянемо повноваження органів управління в країнах СНД, в яких відсутній орган регулювання, а саме в Азербайджані, Білорусі, Казахстані, Таджикистані, Туркменістані та Узбекистані.

1. Орган управління Азербайджану виконує підготовку та організацію реалізації концепції розвитку; готує і затверджує нормативно-правові акти та стандарти; бере участь у формуванні тарифної політики; здійснює державний контроль; розробляє, готує і реалізує науково-технічну політику з огляду на передову міжнародну практику; вживає заходів щодо задоволення потреб державних органів, місцевих органів самоврядування, юридичних і фізичних осіб у послугах телекомунікацій, а також в інформаційних технологіях; вживає заходів щодо розвитку телекомунікаційної структури; визначає правила пропуску навантаження (трафіка) в мережі загального використання і принципи взаєморозрахунків за навантаження, пропущеного між усіма операторами зв'язку; контролює ведення взаєморозрахунків з операторами зв'язку іноземних держав за обмін міжнародного навантаження; з метою захисту прав споживачів аналізує задоволення потреби населення з боку підприємств, а також бере участь у формуванні та вдосконаленні законодавчої бази для переходу до інформаційного суспільства.

2. Орган управління в сфері телекомунікацій Білорусі здійснює державне регулювання, управління діяльністю, реалізує єдину державну політику та створює умови для розвитку організацій всіх форм власності. Організовує розробку та реалізацію програм розвитку, координує діяльність юридичних осіб незалежно від форм власності та індивідуальних підприємців з метою задоволення потреб державних органів, юридичних осіб, а також фізичних осіб у послугах зв'язку. Створює умови для забезпечення інформаційних потреб державних органів, юридичних і фізичних осіб на основі створення інформаційних систем і мереж, які забезпечують формування й обробку інформаційних ресурсів та надання користувачам документованої інформації. Розроблює і реалізовує політику в сфері планування, розподілу та ефективного використання радіочастотного спектра радіоелектронних засобів цивільного призначення. Здійснює моніторинг ринку послуг стільникового рухомого електрозв'язку, визначає порядок розподілу і використання ресурсів нумерації для мереж електрозв'язку Білорусі й організовує роботу з розподілу та використання відповідно до законодавства адресного простору сегмента мережі Інтернет Республіки Білорусь.

3. Основні завдання органу управління в сфері телекомунікацій Казахстану є: реалізація тарифної політики; регулювання цін (тарифів) на послуги; державний контроль за діяльністю в галузі; контроль за діяльністю суб'єктів природних монополій і регульованих ринків; ліцензування послуг; розподіл ресурсу нумерації та виділення номерів, а також їх вилучення у мережі телекомунікацій загального користування; планування та ефективне використання радіочастотного спектра.

4. Орган управління в сфері телекомунікацій Росії вносить проекти федеральних законів, нормативних правових актів Президента Російської Федерації й Уряду Російської Федерації та інші документи. Приймає такі нормативні правові акти: вимоги до мереж зв'язку щодо залучення ресурсів нумерації; вимоги до побудови мереж зв'язку, що застосовуються, засобів зв'язку та управління мережами зв'язку; вимоги до нумерації, захисту мереж зв'язку від несанкціонованого доступу до них та інформації, що передається цими мережами; вимоги до використання радіочастотного спектра; вимоги до порядку пропуску та маршрутизації трафіка; вимоги до порядку взаємодії мереж зв'язку, що становлять єдину мережу електрозв'язку Російської Федерації; вимоги до опису мереж зв'язку і засобів зв'язку, що становлять єдину мережу електрозв'язку Російської Федерації; вимоги до проектування, будівництва, реконструкції й експлуатації мереж зв'язку та споруд зв'язку; вимоги до надання послуг зв'язку, в тому числі універсальних; російська система і план нумерації; порядок присвоєння нумерації виділеним мережам зв'язку; порядок присвоєння нумерації частині технологічної мережі зв'язку, приєднаної до мережі зв'язку загального користування; порядок надання операторами зв'язку службового електрозв'язку; вимоги до мереж і засобів зв'язку для проведення оперативно-розшукових заходів за погодженням з уповноваженими державними органами, що здійснюють оперативно-розшукову діяльність; порядок ведення окремого обліку доходів і витрат, пов'язаних із здійснюваними видами діяльності, послугами зв'язку, що надаються, послугами частинам мережі електрозв'язку операторами, які мають певне становище в мережі зв'язку загального користування; нормативні правові акти з інших питань визначеної сфери. Узагальнює практику застосування законодавства Російської Федерації та проводить аналіз реалізації державної політики у визначеній сфері діяльності; організовує приймання громадян; забезпечує своєчасний і вичерпний розгляд усних і письмових звернень громадян, прийняття щодо них рішень і організацію відповідей

у встановлений законодавством строк; в установленому порядку взаємодіє з органами державної влади іноземних держав і міжнародними організаціями у визначеній сфері діяльності; здійснює вироблення та реалізацію державної політики та нормативно-правове регулювання.

5. Орган управління в сфері телекомунікацій Таджикистану здійснює організацію управління, контролю, регулювання та надання послуг; бере участь у підготовці та реалізації єдиної державної політики; працює над ліцензуванням діяльності, а також контролює виконання умов і вимог ліцензування, контролює тарифи галузі зв'язку, керує Національним планом нумерації електричного зв'язку; визначає завдання, цілі, стандарти та порядок контролю щодо забезпечення належної якості послуг зв'язку та інформатизації, визначає технічні потреби в обладнанні, використовуваної в мережах зв'язку та інформатизації, та здійснює заходи щодо удосконалення ринку.

6. Орган управління в сфері телекомунікацій Туркменістану реалізовує державну політику в галузі зв'язку, у тому числі розподіл і використання національних ресурсів в галузі зв'язку; здійснює державне регулювання і контроль за діяльністю в галузі; організовує розробку та реалізацію основних напрямів розвитку та вдосконалення галузі; координує міжгалузеву діяльність; бере участь у розробці нормативних правових актів Туркменістану в галузі зв'язку; планує ефективне використання радіочастотного спектра; створює умови для функціонування ринку послуг зв'язку; управляє національними ресурсами; здійснює ліцензування діяльності; здійснює державний технічний нагляд і контроль; розробляє систему нумерації і здійснює управління планом нумерації мереж телекомунікаційного зв'язку; організовує впровадження наукових розробок, підготовку і перепідготовку кадрів та здійснює міжнародне співробітництво.

7. Орган управління в сфері телекомунікацій Узбекистану розробляє та організовує реалізацію національних програм та концепцій розвитку, сприяє розробці та реалізації регіональних програм; організовує роботу з моніторингу використання радіочастотного спектра, радіоелектронних засобів і високочастотних пристроїв, а також унеможливлення радіоперешкод; здійснює державний контроль за діяльністю господарюючих суб'єктів щодо створення та функціонування мереж зв'язку, систем і засобів інформатизації; здійснює в установленому порядку ліцензування окремих видів діяльності у сфері телекомунікацій; затверджує план і систему телефонної нумерації, виділення нумерації; здійснює облік і контроль за використанням ресурсів нумерації мереж телекомунікацій, розподіл адресного простору національного сегмента мережі Інтернет; визначає вимоги та розробляє нормативні документи щодо забезпечення безпеки мереж і засобів телекомунікацій, передачі даних, інформаційних систем і ресурсів.

Таким чином, якщо в країнах є лише орган управління, то до його повноважень належать:

- ⇒ реалізація єдиної державної політики в галузі зв'язку та інформатизації;
- ⇒ виконання підготовки та організації реалізації концепції розвитку зв'язку та інформаційних технологій;
- ⇒ реалізація тарифної політики;
- ⇒ проведення державного контролю за діяльністю;
- ⇒ видача ліцензії на послуги;
- ⇒ забезпечення взаємоз'єднання мереж;
- ⇒ забезпечення надання універсальних послуг;
- ⇒ планування ефективного використання радіочастотного спектра тощо.

Нижче наведено результати аналізу розподілу повноважень між органом управління та органом регулювання у країнах СНД, в яких функціонують обидва органи.

1. Повноваження органу управління в сфері телекомунікацій Вірменії полягають у визначенні цілей політики щодо надання універсальних послуг, періодичному виділенні певних сегментів радіочастотного діапазону для використання в певних цілях, дослідженні та перевірці використання пристроїв радіозв'язку, реалізації зобов'язань у галузі електронного зв'язку, встановлених міжнародними договорами, прийнятті технічних стандартів, здійсненні сертифікації, що дозволяє виробляти, ввозити, встановлювати або використовувати радіопередавальне обладнання з тим, щоб мінімізувати шкідливе втручання в дозволені передачі, або запобігти йому, а також у представленні Вірменії в Міжнародному союзі електрозв'язку та інших міжнародних організаціях у сфері комунікації.

Завдання органу регулювання Вірменії полягають у здійсненні ним установлених законами прав і обов'язків у забезпеченні балансу інтересів осіб, що здійснюють регульовану діяльність, створенні однакових умов діяльності для регульованих осіб, сприянні формуванню та розвитку конкурентних ринків, а також у стимулюванні раціонального використання ресурсів.

2. Повноваження органу управління в сфері телекомунікацій Киргизії такі: розробка і внесення пропозицій щодо формування єдиної державної політики і здійснення її реалізації; розроблення проектів нормативно-правових актів; створення умов для спільного використання об'єктів, споруд і мереж електрозв'язку загального користування операторами і службами електрозв'язку; створення умов для забезпечення спостереження за умовами і обсягом використання мереж і послуг електрозв'язку загального користування, а також прийом міжнародного трафіка на мережі електрозв'язку загального користування; участь у державному регулюванні інвестиційного процесу і створення умов для залучення інвестицій; видача ліцензій, дозволів, сертифікатів, свідоцтв; складання Національного плану нумерації мереж зв'язку в Киргизькій Республіці та контроль його виконання; здійснення контролю за дотриманням нормативних правових актів; надання консультацій з впровадження нових технологій і стандартів; здійснення фінансового прогнозування та планування; взаємодія з державними органами в галузі економічного і науково-технічного співробітництва.

Орган регулювання в сфері телекомунікацій Киргизії здійснює державний контроль за дотриманням законодавства в галузі зв'язку; забезпечує виконання вимог законодавства з підтвердження відповідності при виробництві, експлуатації обладнання і технічних засобів зв'язку; визначає порядок розподілу та використання ресурсу нумерації відповідно до Національного плану нумерації мереж зв'язку Киргизії; здійснює контроль спільного використання мереж електрозв'язку загального користування та моніторинг дотримання вимог міжмережного з'єднання; забезпечує рівний доступ усіх користувачів до мереж електрозв'язку загального користування та послуг електрозв'язку загального користування на основі якісного надання послуг та дотримання конфіденційності повідомлень, а також збереження в таємниці приватної інформації про користувачів; здійснює виділення/присвоєння номіналів, смуг радіочастот відповідно до Національної таблиці розподілу радіочастот Киргизії; здійснює ліцензійну діяльність відповідно до законодавства; здійснює державний контроль за якістю наданих послуг зв'язку, за відповідністю діяльності юридичних і фізичних осіб, які отримали частотне присвоєння.

3. Орган управління Молдови в сфері телекомунікацій, відповідно до покладених на нього завдань, розробляє і проводить державну політику побудови інформаційного суспільства, методологію інформаційного будівництва та нормативно-правового регулювання в сфері інформатизації, електров'язку, формування державних інформаційних ресурсів та забезпечення доступу до них, а також систем телевізійного мовлення і радіомовлення, використання та конверсії радіочастотного спектра; розробляє і координує дії з реалізації Національної стратегії та Плану дій «Електронна Молдова», забезпечення моніторингу, аналізу та прогнозування розвитку інформаційного суспільства в Республіці Молдова; координує розробку проєктів державних програм з інформатизації, інформаційних систем державного значення, інформаційно-комунікаційної інфраструктури, мережі передачі даних, вдосконалення та розвитку інтегрованої системи національних інформаційних ресурсів і технологій, доступу до них. Також розробляє нормативно-правову базу в галузі інформаційно-комунікаційних технологій, формування, використання та захисту державних інформаційних ресурсів і мереж; координує розробку та впровадження системи «Електронний уряд» для забезпечення транспарентності діяльності органів публічної влади, спрямованої на надання публічних послуг за допомогою впровадження інформаційно-комунікаційних технологій; формує єдину систему кодування і класифікації на території Молдови та веде національний банк класифікаторів за напрямками своєї діяльності; розробляє умови ліцензування в області інформатизації, формування державних інформаційних ресурсів, діяльності з проєктування, розробки, впровадження автоматизованих інформаційних систем державного значення.

Основними завданнями, покладеними на орган регулювання в сфері телекомунікацій Молдови, є регулювання тарифів і цін, що застосовуються в мережах і на послуги електронних комунікацій; установлення принципів і правил взаємопідключення мереж та доступу до мереж та/або послуг; розробка та менеджмент Національного плану нумерації, регламентування, управління та надання за плату і на основі об'єктивних, прозорих, недискримінаційних і пропорційних критеріїв ресурсів нумерації; регламентування управління доменом вищого рівня (.md) відповідно до норм і положень Інтернет-корпорації для позначення найменувань і адрес (ICANN); забезпечення рівних для всіх користувачів умов доступу до мереж електронних комунікацій і супутньої інфраструктури, а також гарантування вільного доступу до передачі інформації через мережі електронних комунікацій загального користування незалежно від виду власності; виявлення релевантних ринків і розробка регламентуючих документів для проведення аналізу ринку; визначення постачальників мереж та/або послуг електронних комунікацій, що мають великий вплив на релевантному ринку; розробка регламентуючих документів, що стосуються універсальної послуги, створення та адміністрування фонду універсальної послуги; присвоєння радіоканалів або радіочастот для неурядового користування, зокрема для мереж та послуг електронних комунікацій; моніторинг та контроль якості послуг електронних комунікацій, їх відповідності умовам загального дозволу чи ліцензії.

4. Орган управління в сфері телекомунікацій України забезпечує формування і реалізацію державної політики у сферах захисту державних інформаційних, телекомунікаційних та інформаційно-телекомунікаційних систем, криптографічного та технічного захисту інформації, використання та захисту державних електронних інформаційних ресурсів, телекомунікацій, користування радіочастотним

ресурсом України, забезпечує нормативно-правове регулювання, технічне регулювання, здійснює державний контроль за додержанням вимог законодавства, а також технічних вимог нормативних документів у сфері надання послуг електронного цифрового підпису, розробляє та здійснює заходи щодо розвитку телекомунікаційних мереж, поліпшення їх якості, забезпечення доступності та сталого функціонування, сприяє інтеграції сфер телекомунікацій, користування радіочастотним ресурсом України у світовий інформаційно-комунікаційний простір.

Основні завдання органу регулювання у сфері телекомунікацій такі: здійснення державного регулювання та нагляду в сфері телекомунікацій, інформатизації, користування радіочастотним ресурсом, використання інфраструктури з метою максимального задоволення попиту споживачів на послуги зв'язку та інформаційні послуги, створення сприятливих умов для залучення інвестицій, збільшення обсягів послуг та підвищення їх якості, розвитку та модернізації телекомунікаційних та інформаційно-телекомунікаційних мереж з огляду на інтереси національної безпеки; забезпечення ефективного користування радіочастотним ресурсом і функціонування ринку телекомунікаційних, інформаційно-телекомунікаційних, інформаційних послуг на основі збалансування інтересів суспільства, суб'єктів господарювання та споживачів цих послуг; сприяння розвитку конкуренції та підприємництва, забезпечення рівноправних умов діяльності суб'єктів господарювання всіх форм власності; вдосконалення механізму регулювання ринкових відносин у сфері телекомунікацій, інформатизації, користування радіочастотним ресурсом; забезпечення системності, комплексності та узгодженості розвитку інформатизації та інформаційного суспільства в державі.

Підсумовуючи, можна зробити висновок, що в країнах, у яких на ринку телекомунікацій присутній як орган управління, так і орган регулювання, до повноважень органу управління відносять формування та реалізацію державної політики, державний контроль за додержанням вимог законодавства, розробку та здійснення заходів щодо розвитку телекомунікаційних мереж, поліпшення їх якості, забезпечення доступності та сталого функціонування. А орган регулювання повинен сформувати прозорий механізм ліцензування, забезпечити надання універсальних послуг, обов'язкове взаємоз'єднання мереж, розробити прозору тарифну політику на ринку, здійснювати нагляд за ринком та сприяти розвитку конкуренції.

Основні функції незалежного регуляторного органу

Дослідження, проведені у цьому підрозділі, дозволяють дійти висновку, що основними завданнями регулювання ринку телекомунікацій є формування прозорого механізму ліцензування, забезпечення надання універсальних послуг, забезпечення обов'язкового взаємоз'єднання мереж, розроблення прозорої тарифної політики на ринку, здійснення нагляду за ринком та сприяння розвитку конкуренції.

Регулювання в області ліцензування

Надання більшості телекомунікаційних послуг можливе тільки на підставі відповідної ліцензії. Норми, присвячені ліцензуванню операторів телекомунікацій та сертифікації обладнання, що використовується цими операторами, визначають можливості розвитку конкуренції шляхом створення бар'єрів для входження потенційних конкурентів. Чим більш чіткими і зрозумілими є правила ліцензування та сертифікації, тим вище ймовірність розвитку добросовісної конкуренції. Од-

ночасно норми, присвячені ліцензуванню та сертифікації, визначають можливості для отримання ренти та розвитку корупції в галузевій системі контролю та нагляду. Ці можливості залежать неабиякою мірою від того, який орган – галузевий або незалежний – відповідає за ліцензування і сертифікацію обладнання й якою мірою його діяльність регламентована стосовно цього органу зовнішніми правилами [9.36].

Через процедуру видачі ліцензій уряди часто проводять свою політику, спрямовану на відкриття відповідного ринку, забезпечення послуг у недостатньо обслуговуваних районах, модернізацію телекомунікаційної інфраструктури тощо.

Правила ліцензування повинні зважувати на положення Директиви Європейського Союзу (97/13/ЄС) про ліцензування операторської діяльності в галузі зв'язку, що встановлює загальні принципи ліцензування. Згідно з цією Директивою [9.37], «дозвіл» означає будь-який дозвіл, що встановлює права та обов'язки, пов'язані з сектором телекомунікацій, і що дозволяє підприємствам надавати телекомунікаційні послуги і там, де це можливо, створювати і/або експлуатувати телекомунікаційні мережі для надання таких послуг у формі «загального дозволу» або «індивідуальної ліцензії».

Результати проведеного аналізу регулювання в області ліцензування в країнах СНД для наочності подано в *табл. 9.4* [9.36, 9.38–9.48].

Таблиця 9.4

Регулювання в області ліцензування у країнах СНД

Країна	Назва терміну	Визначення сутності терміну	Види діяльності, які підлягають ліцензуванню
1	2	3	4
Азербайджан	Не визначено	Не визначено	Не визначено
Білорусь	Не визначено	Не визначено	12 видів діяльності в галузі зв'язку, в тому числі: надання міжнародного, місцевого телефонного з'єднання; ефірна трансляція телевізійних програм; послуги супутникового фіксованого і рухомого електророзв'язку; послуги стільникового рухомого електророзв'язку та ін.
Вірменія	Ліцензія мережі Ліцензія особи, яка надає послугу	Видана відповідно до закону складна ліцензія, яка надає ліцензованій особі право мати і експлуатувати суспільну мережу електронного зв'язку; Видана відповідно до закону проста ліцензія, яка надає ліцензованій особі право надання послуг громадського електронного зв'язку	Надання голосових послуг, послуг мобільного зв'язку, послуг з передачі даних і доступу до Інтернету, а також громадська мережа електронних комунікацій (до цього виду ліцензії також належить надання послуг за всіма видами надання послуг у сфері телекомунікацій, що підлягають ліцензуванню, крім послуг мовлення радіотелепередач)
Казахстан	Не визначено	Не визначено	Право здійснення діяльності з надання послуг у галузі зв'язку
Киргизія	Не визначено	Дозвіл займатися певним видом діяльності або здійснювати певні дії в галузі електричного зв'язку, який видається громадянину або юридичній особі компетентним державним органом	Не визначено

1	2	3	4
Молдова	Ліцензія	Документ, що засвідчує право на використання обмежених ресурсів (радіоканалів, радіо-частот, ресурсів нумерації)	Підлягає використанню радіоканалів або радіочастот, а також ресурсів нумерації
Росія	Не визначено	Не визначено	21 вид діяльності в галузі зв'язку, у тому числі послуги місцевого, міжміського та міжнародного телефонного зв'язку, послуги рухомого радіозв'язку в мережі зв'язку загального користування, послуги зв'язку для кабельного та ефірного мовлення та ін.
Таджикистан	Не визначено	Не визначено	Не визначено
Туркменістан	Ліцензія	Дозвіл на здійснення ліцензованого виду підприємницької діяльності та діяльності у сфері надання професійних послуг, який видається органом, що ліцензує, ліцензіату, при обов'язковому дотриманні ліцензійних вимог і умов	Надання послуг місцевого, міжміського, міжнародного, бездротового телефонного зв'язку, надання в оренду каналів зв'язку, надання послуг стільникового та пейджингового зв'язку, надання послуг передачі даних, послуги (роботи) з будівництва споруди зв'язку, технічного обслуговування засобів і споруд зв'язку, послуги теле- і радіомовлення
Узбекистан	Не визначено	Не визначено	Проектування, будівництво, експлуатація та надання послуг телекомунікацій (місцеві, міжміські, міжнародні мережі; мережі рухомого радіотелефонного зв'язку, персонального радіо-виклику, передачі даних, поширення (трансляція) телерадіопередач)
Україна	Ліцензія	Документ, що засвідчує право суб'єкта господарювання на здійснення зазначеного в ньому виду діяльності у сфері телекомунікацій протягом визначеного строку на конкретних територіях з виконанням ліцензійних умов	Надання послуг фіксованого, рухомого (мобільного) телефонного зв'язку, технічне обслуговування та експлуатація мереж ефірного теле- і радіомовлення, провідного радіомовлення та телемереж

Таким чином, у країнах СНД існують істотні відмінності як у переліках ліцензованих видів діяльності, які в різних державах містять від 3 до 20 видів діяльності, термін дії ліцензії (від 2 до 25 років залежно від виду ліцензії), так і в процедурі видачі ліцензій. Майже в усіх країнах СНД ліцензуванню підлягає надання послуг фіксованого зв'язку, мобільного зв'язку та використання радіочастотного ресурсу. Так, на території Росії ліцензуванню підлягає 21 вид діяльності в галузі зв'язку. Однак в Молдові ліцензуванню підлягає тільки використання радіоканалів або радіочастот, а також ресурсів нумерації. Щодо надання мереж та/або послуг електронних комунікацій загального користування, то вони здійснюються на основі режиму загального дозволу.

Законодавством країн СНД (за винятком Білорусі, Туркменістану) передбачені конкурсні процедури розподілу ліцензій при виникненні обмеженості ресурсу (радіочастотний спектр або ресурс нумерації). Також необхідно зазначити, що законодавство всіх країн СНД свідчить про можливість обмеження конкуренції (обмеження числа ліцензій), але в жодному з них немає вказівки на будь-які стандарти ліцензування, спрямовані на розвиток конкуренції (наприклад, зобов'язання видавати принаймні дві ліцензії на надання певних послуг на географічному ринку).

Регулювання у сфері забезпечення надання універсальних послуг

Поняття «універсальна послуга» в загальному вигляді є економічним, юридичним та бізнесовим терміном, який використовується загалом у галузях, що підлягають регулюванню з боку держави, ґрунтуючись на необхідності забезпечити надання базового рівня послуг для кожного жителя країни.

Ідея необхідності надання універсальних послуг народилася у Роуленда Хілла для забезпечення надання послуг поштового зв'язку (Сполучене Королівство Великої Британії) ще 1837 року. Однак Хілл ніколи не використовував саме термін «універсальна послуга», але застосував базові механізми надання послуги, а саме: застосував єдині тарифи на території всієї країни, що були доступні для більшості жителів Великої Британії, визначив необхідність упровадження монополії для національного оператора на деякі послуги поштового зв'язку [9.50].

Саме поняття «універсальна послуга» увів 1907 року Теодор Ньютон Вейл, який на той час був президентом AT & T і головою «Белл систем» під корпоративним лозунгом «*Одна політика, одна система універсального обслуговування*» [9.51].

Визначення терміна «універсальна послуга» в сфері телекомунікацій, близьке до розуміння згідно із сучасним законодавством країн світу, було наведено в нормативному документі Сполучених Штатів Америки, затвердженому 1934 року [9.52], метою якого було «зробити доступним, наскільки це можливо, для всіх жителів Сполучених Штатів, швидким, ефективним, повсюдним у всьому світі послуги провідного (радіо) зв'язку з відповідним забезпеченням за доступними тарифами».

У 80–90 роках ХХ століття термін «універсальна послуга» став застосовуватися в законодавстві країн Європейської Співдружності, а з 2005 року – в законодавстві більшості країн світу. Згідно з Директивою Європейського Парламенту та Ради 2002/22/ЕС від 7 березня 2002 р. [Директива Європейського Парламенту и Совета 2002/22/ЕС от 7 марта 2002 г. Об универсальных услугах и правах пользователей в отношении электронных коммуникационных сетей и услуг (Directive 2002/22/EC of the European Parliament and of the Council of 7 March 2002 on universal service and users' rights relating to electronic communications networks and services), L108/51, 24 апреля 2002 г.], забезпечення універсальною послугою (тобто надання певного мінімального набору послуг усім кінцевим користувачам за доступною ціною) може містити в собі надання деяких послуг деяким кінцевим користувачам за цінами, які відрізняються від отриманих за нормальних ринкових умов. Для прикладу перелік послуг, що належать до універсальних, наведено в *табл. 9.5* [9.53].

Перелік універсальних послуг у деяких країнах світу

Країна	Дата створення органу
США	Мовний доступ до телефонної мережі загального користування з можливістю виклику та отримання виклику, доступ до аварійних служб, доступ до послуг телефоністки, доступ до довідкових служб, доступ до послуг міжміського зв'язку
Канада	Послуги окремої абонентської лінії з тональним переліком з можливістю під'єднання до Інтернету через лінію низькошвидкісної передачі даних, доступ до аварійних служб, доступ до послуг телефоністки, доступ до довідкових служб, доступ до послуг міжміського зв'язку
Італія	Мовний телефонний зв'язок (придатний також і для передачі факсів і даних), таксофони, довідкові послуги, доступ до аварійних служб, спеціальні послуги для абонентів-інвалідів
Іспанія	Базова телефонна служба, у тому числі з доступом до місцевих, міжміських та міжнародних ліній, таксофони загального користування, спеціальні служби для інвалідів, довідкові послуги
Австрія	Доступ до телефонної мережі загального користування через фіксоване з'єднання, пристосування також і для роботи факсимільної апаратури, доступ до аварійних служб, доступ до довідкових служб, таксофони загального користування
Австралія	Стандартний телефонний зв'язок, у тому числі мовна телефонія, у разі неможливості використання мовної телефонії (фізичні недоліки абонента) – вид зв'язку, еквівалентний мовній телефонії (наприклад, телетайп, таксофони)

Більшість країн СНД також застосовують такий механізм державного регулювання в сфері телекомунікацій, як забезпечення надання універсальних послуг (винятки становлять Киргизія та Туркменістан). Однак в законодавстві деяких країн СНД використовується інша термінологія, а саме в Україні застосовують термін «загальнодоступні телекомунікаційні послуги», в Білорусі – загальнодоступні послуги, що поділяються на універсальні послуги електрозв'язку та послуги електрозв'язку загального користування. Для наочності аналіз сутності терміна «універсальні послуги» згідно із законодавством країн СНД подано в *табл. 9.6* [9.38–9.48].

Таблиця 9.6

Аналіз сутності терміна «універсальна послуга» згідно із законодавством країн СНД

Країна	Назва терміна	Визначення сутності терміна
1	2	3
Азербайджан	Універсальні телекомунікаційні послуги	На території всієї Азербайджанської Республіки протягом визначеного терміну, якісно та за доступними тарифами – телекомунікаційна послуга користувачу, надання якої є обов'язком для операторів, провайдерів
Білорусь	Універсальні послуги електрозв'язку Послуги електрозв'язку загального користування	Послуги електрозв'язку загального користування, надання яких держава гарантує всім користувачам послуг електрозв'язку за доступними тарифами Послуги електрозв'язку, що надаються будь-якому користувачу послуг електрозв'язку засобами мережі електрозв'язку загального користування
Вірменія	Універсальна послуга	Універсальна послуга складається з надання певної мінімальної кількості послуг, затверджених рішенням Регуляторної особи та прийнятих відповідно до цілей політики, затвердженої компетентним органом, а також у результаті консультації з усіма зацікавленими особами. Послуги мають бути доступні за прийнятною ціною та відповідно до критеріїв якості, встановлених для всіх кінцевих користувачів, незалежно від географічного місця розташування

1	2	3
Казахстан	Універсальні послуги телекомунікацій	Мінімальний перелік послуг телекомунікацій, розроблений уповноваженим органом та затверджений Урядом Республіки Казахстан, надання яких будь-якому користувачеві послуг зв'язку в будь-якому населеному пункті у встановлений термін зі встановленою якістю та рівнем цін, що забезпечують доступність цих послуг, є обов'язковим для операторів універсального обслуговування
Киргизія	Не визначено	
Молдова	Універсальні послуги	Мінімальний набір послуг електронних комунікацій визначеного рівня якості, доступний всім кінцевим користувачам за доступними тарифами незалежно від географічного місцезнаходження та згідно зі специфічними національними умовами
Росія	Універсальні послуги зв'язку	Послуги зв'язку, надання яких будь-якому користувачеві послуг зв'язку на всій території Російської Федерації в заданий термін, зі встановленою якістю та за доступними тарифами є обов'язковим для операторів універсального обслуговування
Таджикистан	Універсальні послуги	Набір послуг електричного зв'язку загального користування, що надаються всім категоріям користувачів
Туркменістан	Не визначено	
Узбекистан	Універсальні телекомунікаційні послуги	Набір обов'язкових послуг установленої якості, що надаються всім користувачам мережею телекомунікацій загального користування
Україна	Загальнодоступні (універсальні) телекомунікаційні послуги	Мінімальний набір визначених послуг нормованої якості, доступний усім споживачам на всій території України

Узагальнюючи досвід країн СНД з класифікації універсальних послуг, можна зробити висновок, що у більшості країн СНД до універсальних послуг належать (табл. 9.7):

1. Зв'язок на місцевому рівні.
2. Доступ до телефону.
3. Виклик екстрених служб (у деяких країнах тільки таксофони, а в інших зі звичайних телефонів).

Послуга Інтернету також належить до універсальних послуг у більшості країн СНД (в Азербайджані, Білорусі, Казахстані та Росії).

Таблиця 9.7

Класифікація універсальних послуг згідно із законодавством країн СНД

Країна	Класифікація універсальних послуг
1	2
Азербайджан	<ol style="list-style-type: none"> 1. Якщо в населеному пункті чисельність населення становить від 50 до 200 жителів, то населенню повинен бути наданий для користування як мінімум один телефон колективного користування. 2. Якщо чисельність населення становить від 200 до 1000 жителів, то населенню повинно бути надано для користування як мінімум три телефони колективного користування. У пунктах колективного користування повинна бути створена можливість відправлення та отримання інформації за допомогою мережі Інтернет. 3. Якщо чисельність населення понад 1000 жителів, то населенню необхідно бути надано для користування як мінімум десять телефонів колективного користування. У пунктах колективного користування повинна бути створена можливість відправлення та отримання інформації за допомогою мережі Інтернет. Для передачі інформації за допомогою факсу в пунктах колективного користування необхідно установити як мінімум один апарат факсу

1	2
Білорусь	1. Надання доступу до місцевої телефонної мережі з використанням кінцевого обладнання (телефона) та/або таксофона. 2. Надання доступу до мережі Інтернет в пунктах колективного користування
Вірменія	Послуги громадського електронного зв'язку
Казахстан	1. Послуги місцевого телефонного зв'язку. 2. Послуги внутрішньозонового та міжміського телефонного зв'язку. 3. Послуги колективного доступу до мережі Інтернет зі швидкістю з'єднання не менше 256 Кбіт/с
Киргизія	Не визначено
Молдова	1. Доступ до мереж електронних комунікацій загального користування у фіксованій точці. 2. Послуга інформації про абонентів та надання реєстрів абонентів. 3. Доступ до платних публічних телефонів, у тому числі безкоштовний доступ до служб екстренної допомоги
Російська Федерація	1. Послуги телефонного зв'язку з використанням таксофонів. 2. Послуги з передачі даних та надання доступу до мережі Інтернет з використанням пунктів колективного доступу: <ul style="list-style-type: none"> • місцевих телефонних з'єднань для передачі голосової інформації мережею фіксованого телефонного зв'язку; • доступ до послуг зв'язку, що надається іншим оператором зв'язку в мережі зв'язку загального користування; • доступ до системи інформаційно-довідкового обслуговування; • можливості безкоштовного цілодобового виклику екстрених оперативних служб; • надання можливості прийому вхідних телефонних з'єднань на таксофони універсального обслуговування
Таджикистан	Доступ до послуг: <ul style="list-style-type: none"> • телефонного зв'язку та телеграфу; • інформаційної та довідкової служб; • послуг телефонів-автоматів загального користування для передачі безкоштовних викликів аварійних служб
Туркменістан	Не визначено
Узбекистан	1. Із числа внутрішньореспубліканських послуг: <ul style="list-style-type: none"> • послуги місцевої телефонної мережі загального користування: надання доступу до телефонної мережі провідною абонентською лінією; надання місцевого телефонного з'єднання з телефонного апарата, увімкненого в телефонну мережу, провідною лінією; надання телефонної розмови з таксофона з абонентом даної міської та сільської телефонної мережі; • послуги міжміського телефонного зв'язку (міжрегіонального): надання міжміської (міжрегіональної) телефонної розмови; • послуги телеграфного зв'язку: передача телеграми (звичайної, термінової). 2. Із числа міжнародних послуг: <ul style="list-style-type: none"> • послуги міжнародного телефонного зв'язку: надання міжнародної телефонної розмови; • послуги телеграфного зв'язку: передача телеграм (звичайної, термінової)
Україна	1. Підключення кінцевого обладнання споживача до телекомунікаційних мереж загального користування (універсальний доступ). 2. Послуги фіксованого телефонного зв'язку в межах зони нумерації (місцевий телефонний зв'язок). 3. Виклик служб екстренної допомоги, послуги довідкових служб та зв'язку за допомогою таксофонів, за винятком послуг, що надаються з використанням безпроводового доступу

Слід зазначити, що право на універсальні послуги телекомунікацій у країнах СНД надається або за результатами конкурсу, або на основі договору. Так, в Україні – на основі договору, в Азербайджані, Білорусі, Казахстані, Молдові, Російській Федерації – за результатами конкурсу, в Узбекистані – на основі ліцензії. У Таджикистані порядок надання універсальних послуг визначається Положенням про універсальні послуги, затвердженим Урядом Республіки Таджикистан.

У деяких країнах СНД (Азербайджан, Білорусь, Молдова та Росія) для відшкодування збитків операторів, що надають універсальні послуги, формується фонд універсального обслуговування. Механізм його полягає в тому, що оператори універсального обслуговування здійснюють обов'язкові відрахування в резерв універсального обслуговування.

Усі країни СНД застосовують інструмент тарифного регулювання, що полягає в їх обов'язковому державному регулюванні.

Регулювання у сфері взаємоз'єднання телекомунікаційних мереж

У загальному розумінні поняття «взаємоз'єднання» (взаємопідключення, інтерконнект) телекомунікаційних мереж означає організацію фізичного або логічного з'єднання мереж зв'язку, що використовується одним або декількома операторами телекомунікацій для забезпечення абонентам одного оператора можливостей зв'язуватися з абонентами цього ж оператора або інших операторів, а також для забезпечення доступу до послуг, які надають інші оператори. Послуги, одержувані в результаті взаємоз'єднання, можуть надаватися як учасниками взаємоз'єднання, так і третьою стороною, яка має доступ до телекомунікаційної мережі. Однією з головних проблем взаємоз'єднання телекомунікаційних мереж різних операторів є регулювання тарифних ставок на послуги взаємоз'єднання. Перехід на ринкові принципи формування міжоператорських тарифів вимагає введення обов'язкової системи роздільного обліку для регульованих операторів [9.54].

Згідно з визначенням, даним МСЕ, взаємоз'єднання – це конфігурація мереж, коли дві мережі (наприклад, АТМ) пов'язані між собою різними мережами (наприклад, PSTN) постійним ланцюгом. Взаємоз'єднання охоплює також з'єднання двох не-АТМ мереж (наприклад, PSTN/N-ISDN або мобільних) на основі АТМ [9.55].

На думку експертів СОР, взаємоз'єднання – це зв'язок з постачальниками, що надають громадські телекомунікаційні транспортні мережі або послуги, для того щоб дозволити користувачам одного постачальника спілкуватися з користувачами інших постачальників, а також отримати доступ до послуг, що надаються іншим постачальником, з обумовленими зобов'язаннями [9.56].

Результати проведеного аналізу регулювання в області взаємоз'єднання телекомунікаційних мереж у країнах СНД для наочності подано в *табл. 9.8* [9.38-9.48].

Отже, в більшості країн СНД поняття «взаємоз'єднання» близьке за значенням один до одного. Однак використовується інша термінологія. Так, в Таджикистані, Туркменістані та Узбекистані використовується термін «міжмережне з'єднання», а у Вірменії, Казахстані та Росії – «приєднання». В Азербайджані, Білорусі та Киргизії не визначено сутності терміна «взаємоз'єднання».

Таблиця 9.8

Регулювання в області взаємоз'єднання телекомунікаційних мереж у країнах СНД

Країна	Назва терміна	Визначення сутності терміна	Обов'язки операторів при взаємоз'єднанні телекомунікаційних мереж	Механізм
1	2	3	4	5
Азербайджан			Не визначено	
Білорусь	Не визначено		Власники мереж електров'язку мають право на приєднання своїх мереж електров'язку до мережі електров'язку загального користування при дотриманні умов, встановлених Законом Республіки Білорусь «Про електров'язок»	Приєднання мереж електров'язку до мережі електров'язку загального користування, а також взаємодія мереж електров'язку, приєднаних до мережі електров'язку загального користування, здійснюються через мережу електров'язку національного оператора електров'язку на договірній основі. Приєднання мереж електров'язку до мережі електров'язку загального користування здійснюється національним оператором електров'язку в порядку, визначеному Міністерством зв'язку та інформатизації Республіки Білорусь
Вірменія	Приєднання	Фізичне і логічне з'єднання двох громадських мереж електронного зв'язку, що використовуються особами, які надають однакові або різні послуги електронного зв'язку, в результаті якого користувачі однієї особи, яка надає послуги, мають можливість обмінюватися інформацією з користувачами тієї ж або іншої особи, яка надає послуги, або отримувати доступ до послуг іншої особи, яка надає послуги	Кожен оператор зобов'язаний на підставі заявки забезпечити приєднання своєї громадської мережі електронних комунікацій до громадської мережі електронних комунікацій іншого оператора	Кожен домінуючий оператор зобов'язаний надати Регулюючому органу зразок пропозиції про приєднання, в якому будуть зазначені послуги приєднання й умови, на підставі яких інші оператори можуть приєднатися до мережі громадського електронного зв'язку певного домінуючого оператора

1	2	3	4	5
Казахстан	Приєднання однієї мережі телекомунікацій (засобів зв'язку) до іншої. Послуга приєднання	Організація технологічної взаємодії між двома мережами телекомунікацій, при якій стають можливі ми встановлення з'єднання і передача інформації між користувачами послугами зв'язку цих мереж. Діяльність, спрямована на задоволення потреби операторів зв'язку в організації взаємодії між мережами зв'язку, при якій стають можливими встановлення з'єднання і передача інформації між користувачами взаємодіючих мереж	Оператори мереж телекомунікацій загального користування зобов'язані надавати послуги приєднання відповідно до правил, що затверджуються уповноваженим органом. Оператори мереж телекомунікацій зобов'язані забезпечити на своїх мережах кожному користувачеві послугами зв'язку технічну можливість вільного вибору оператора міжміського та (або) міжнародного зв'язку в порядку, визначеному уповноваженим органом	Приєднання до домінуючого оператора зв'язку інших мереж зв'язку здійснюється на підставі публічного договору. Відмова домінуючого оператора зв'язку від укладення договору приєднання не допускається
Киргизія	Не визначено	Фізичний та логічний зв'язок мереж електронних комунікацій загального користування, використуваних тими ж або іншими постачальниками, з тим щоб користувачі одного постачальника могли зв'язуватися з користувачами того ж або іншого постачальника або користуватися послугами, що надаються третім постачальником	Оператори мереж електров'язку загального користування, що володіють есклюзивними правами або обіймають домінуюче становище, зобов'язані задовольняти заявки на міжмережні з'єднання зі своїми мережами мереж інших ліцензованих операторів електров'язку	Міжмережні з'єднання проводяться на основі таких умов і порядку, у тому числі умов, що стосуються цін, які є розумними і недискримінаційними. Оператор мережі електров'язку загального користування, який здійснює міжмережні з'єднання, забезпечує загальнодоступність цих умов і порядку. В міжмережному з'єднанні не може бути відмовлено, якщо існують технічні можливості для його виконання. Будь-яка відмова в міжмережному з'єднанні повинна бути цілком обґрунтована
Молдова	Взаємоз'єднання мереж	Фізичний та логічний зв'язок мереж електронних комунікацій загального користування, використуваних тими ж або іншими постачальниками, з тим щоб користувачі одного постачальника могли зв'язуватися з користувачами того ж або іншого постачальника або користуватися послугами, що надаються третім постачальником	Будь-який постачальник зобов'язаний вести переговори щодо укладення угоди про взаємопідключення з відповідним заявником з метою надання послуг електронних комунікацій загального користування	Відносини між операторами електронних комунікацій із взаємопідключення та допуску до своїх мереж будуються на основі угоди між ними з цього приводу. НАРЕКІТ покладає на постачальників, які мають неабиякий вплив на релевантному ринку, обов'язок недопущення дискримінації у зв'язку з взаємопідключенням мереж або допомогом до цих мереж і супутньої інфраструктури в забезпеченні

1	2	3	4	5
Росія	Послуга приєднання	Діяльність, спрямована на задоволення потреби операторів зв'язку в організації взаємодії мереж електрозв'язку, при якому стають можливими встановлення з'єднання і передача інформації між користувачами взаємодіючих мереж електрозв'язку	Оператор, який обіймає істотне становище в мережі зв'язку загального користування, з метою забезпечення недискримінаційного доступу на ринок послуг зв'язку за аналогічних обставин зоб'язаний встановлювати рівні умови приєднання мереж електрозв'язку та пропуску трафіка для операторів зв'язку, що надають аналогічні послуги, а також надавати інформацію і надавати цим операторам зв'язку послуги приєднання та послуги з пропуску трафіка на тих же умовах і тієї ж якості, що і для своїх структурних підрозділів	Порядок приєднання мереж електрозв'язку та їх взаємодії з мережею електрозв'язку оператора, який обіймає істотне становище в мережі зв'язку загального користування, і його обов'язки при приєднанні мереж електрозв'язку та взаємодії з мережами електрозв'язку інших операторів зв'язку визначаються відповідно до правил, затверджених Урядом Російської Федерації
Таджикистан	Міжмережне з'єднання	Технологічна взаємодія між мережами електричного зв'язку різних операторів електричного зв'язку, що забезпечує передачу і приймання інформації між користувачами	Оператори мереж електричного зв'язку загального користування, що обіймають домінуюче становище, зоб'язані забезпечувати заявкам на міжмережні з'єднання зі своїми мережами мереж інших ліцензованих операторів електричного зв'язку	Міжмережні з'єднання здійснюються на основі договорів, укладених між операторами електричного зв'язку та затверджених уповноваженим державним органом з нагляду і регулювання в галузі електричного зв'язку
Туркменістан	Міжмережне з'єднання	Технологічна взаємодія між мережами електричного зв'язку різних операторів електричного зв'язку, що забезпечує передачу та приймання інформації між користувачами	Оператори зв'язку за умови наявності технічних можливостей зоб'язані забезпечувати доступ до своїх мереж інших операторів на договірній або іншій основі, передбаченій законодавством Туркменістану	Порядок і умови приєднання мереж телекомунікацій, надання операторами взаємних послуг і взаєморозрахунків між ними затверджуються Міністерством зв'язку Туркменістану

1 Узбекистан	2 Міжмережне з'єднання	3 Технологічна взаємодія між мережами електричного зв'язку різних операторів електричного зв'язку, що забезпечує передачу та приймання інформації між користувачами	4 Оператори і провайдери зобов'язані забезпечувати доступ до своїх мереж інших операторів і провайдерів на рівноправній основі. Оператори і провайдери повинні забезпечувати міжмережні з'єднання. За технічними умовами оператора приєднуються мережі телекомунікацій, які приймаються відповідно до чинних норм і правил	5 Міжмережні з'єднання здійснюються на основі договорів між операторами і провайдерами відповідних мереж телекомунікацій. Порядок і умови приєднання мереж телекомунікацій, надання операторами взаємних послуг і взаєморозрахунків між ними затверджуються спеціально уповноваженим органом у сфері телекомунікацій
Україна	Взаємоз'єднання телекомунікаційних мереж	Установлення фізичного та/або логічного з'єднання між різними телекомунікаційними мережами з метою забезпечення можливості споживачам безпосередньо або опосередковано обмінюватись інформацією	Оператори телекомунікацій зобов'язані забезпечувати взаємоз'єднання телекомунікаційних мереж у всіх технічно можливих місцях із пропускною спроможністю, необхідною для якісного надання телекомунікаційних послуг, не створюючи перешкоди для взаємоз'єднання телекомунікаційних мереж	Укладення договору про взаємоз'єднання телекомунікаційних мереж здійснюється операторами, провайдерами телекомунікацій відповідно до обов'язкових вимог до договору про взаємоз'єднання, які встановлює НКРЗ. Оператор телекомунікацій, що обіймає monopoly (домінуюче) становище, не має права відмовити у взаємоз'єднанні з телекомунікаційною мережею іншого оператора

Слід зазначити, що державне регулювання порядку взаємоз'єднання мереж операторів істотно впливає на розвиток конкуренції в тому разі, коли для операторів у конкурентних сегментах ринку актуальне питання взаємоз'єднання з мережами домінуючого (як правило, «історичного») оператора телекомунікацій. При формуванні умов взаємоз'єднання за мережами домінуючих операторів ключову роль відіграють: тариф за взаємоз'єднання, процедурні умови взаємоз'єднання (у тому числі можливість домінуючих операторів довільно відмовляти у взаємоз'єднанні або змінювати його умови), механізм вирішення конфліктів між учасниками взаємоз'єднання.

Регулювання тарифів на телекомунікаційні послуги

Ціна є одним з найбільш важливих інструментів регулювання економіки, її регулюючий вплив на економіку охоплює багато напрямів. Зокрема, за допомогою цін виробництво підпорядковується суспільним потребам, вираженим у формі платоспроможного попиту; ціни стимулюють зниження витрат на виробництво і реалізацію товарів, запровадження досягнень науково-технічного прогресу, підвищення якості товарів тощо.

У сфері телекомунікацій замість терміна «ціна» застосовують термін «тариф», під яким розуміють систему ставок, за якими оператори телекомунікацій надають послуги споживачам.

Відповідно до документів МСЕ, тарифи на телекомунікаційні послуги повинні відповідати таким вимогам:

- основним завданням тарифного регулювання повинно бути стимулювання до зменшення витрат та збільшення продуктивності шляхом інвестицій та інновацій і перешкоджання виникненню нечесної конкуренції на ринку телекомунікацій;
- тарифи повинні бути прозорими, справедливими та недискримінаційними;
- розрахунок тарифу на телекомунікаційні послуги повинен здійснюватися на основі довгострокових додаткових витрат;
- системи обліку витрат повинні базуватися на принципі причинно-наслідкових зв'язків;
- при розрахунку тарифу необхідно враховувати лише ті витрати, які безпосередньо необхідні для надання конкретної послуги.

Аналіз основних положень регулювання тарифів у країнах СНД наведено у *табл. 9.9* [9.38–9.48].

Таким чином, законодавство в сфері телекомунікацій країн СНД не розкриває принципів тарифного регулювання, посилаючись в основному лише на принцип установлення тарифів – державного регулювання або самостійного встановлення тарифів операторами.

Як правило, державному регулюванню підлягають тарифи на послуги, що надаються суб'єктами природних монополій кінцевим споживачам їхніх послуг, у тому числі послуги місцевого і міжміського зв'язку.

Крім того, застосовується державне регулювання тарифів на послуги взаємоз'єднання та послуги з пропуску трафіка у випадках, якщо ці послуги надають домінуючі оператори.

В основі державного регулювання тарифів на телекомунікаційні послуги лежить витратний метод тарифоутворення. Тарифи встановлюються або на граничному рівні, або встановлюється фіксований тариф. Передбачено ведення суб'єктами природних монополій (домінуючими операторами) роздільного обліку витрат і доходів.

Аналіз основних положень регулювання тарифів у країнах СНД

Країна	Базові принципи регулювання тарифів на послуги зв'язку		Принципи регулювання тарифів	Пільги	Інше
	Універсальні послуги	Телекомунікаційні послуги			
1	2	3	4	5	6
Азербайджан	Правила розрахунку і тарифів на універсальні телекомунікаційні послуги, що надаються операторами, провайдерами, регулюються на підставі договору, укладеного між відповідним органом виконавчої влади і оператором	Тарифи на телекомунікаційні послуги регулюються за законами Азербайджану	З метою регулювання ринку послуг зв'язку, забезпечення послугами інтересів тих, хто надає послуги, і споживачів можливі межі тарифів, що формуються відповідно до договірних цін, можуть бути встановлені державою	Для суб'єктів діяльності в галузі зв'язку при користуванні засобами зв'язку можуть застосовуватися відповідні переваги та пільги щодо встановлення податків і тарифів, які відрізняються. Класифікація конкретних суб'єктів, а також переваг і пільг встановлюється нормативними правовими актами Азербайджану	
Білорусь	Регулювання тарифів на універсальні послуги електрозв'язку має створювати умови для компенсації операційних витрат електрозв'язку економічно обґрунтованих витрат, пов'язаних з їх наданням	Регулювання тарифів на послуги електрозв'язку загальногосподарського значення здійснюється відповідно до законодавства	Механізм державного регулювання тарифів на послуги зв'язку повинен спиратися на об'єктивні принципи ринкового ціноутворення, враховувати стан ринку послуг та перспективи його розвитку, а також роль зв'язку у всіх сферах життєдіяльності		Тарифна політика в галузі зв'язку заснована на поєднанні принципів вільного ринкового ціноутворення і державного регулювання тарифів на послуги зв'язку

1	2	3	4	5	6
Вірменія	Регулююча особа регулює тарифи на універсальні послуги, що надаються громадянськості в наданні послуг особою	Тарифи на послуги телекомунікацій, надаються на основі нові виняткового права, затверджуються уповноваженим органом у порядку, встановленому Урядом Республіки Вірменія, і фіксуються у ліцензії на здійснення діяльності у сфері телекомунікації. Тарифи на послуги телекомунікації, що надаються на основі нові безвиняткового права, встановлюють оператори телекомунікації	Регульовані тарифи: мають бути чітко зазначеними і прийнятними, за винятком перехресних послань на докменти, нерегульовані ставки; повинні бути пов'язані з конкретним видом послуги; повинні встановлювати оди-швидкість), з використанням яких буде обчислюватися плата; повинні бути по можливості виділені за конкур-сними правилами, встановленими Регулюючою особою; повинні бути засновані тільки на допустимих витратах, пов'язаних з наданням послуг громадського електронного зв'язку, витребуваних кінцевими користувачами, з огляду на розумні перехідні строки; будь-яка інформація повинна бути опублікована заздалегідь і цілком. Тарифи встановлюються виходячи з покриття витрат, пов'язаних з експлуатацією, обслуговуванням, модернізацією і роз-капітальних вкладень, забезпечення рентабельності, а та-кож на підставі інших ринкових вимог господарювання, зафіксованих у ліцензії на здійснення діяльності у сфері телекомунікації. Тарифи на послуги суспільного елек-тронного зв'язку повинні бути справедливими і розумни-ми. Будь-який несправедливий і нерозумний тариф вва-жається незаконним. Обґрунтуванням справедливості та розумності тарифу може вважатися вже встановлений аналогічний тариф на таку ж послугу		Регулююча особа встановлює тари-фи, які підлягають регулюванню на послуги суспільно-го електронного зв'язку, що нада-ються домінуючи-ми в наданні по-слуг особами, і ре-гулює їх. Регулю-юча особа має пра-во регулювати тари-фи на послуги суспільного елек-тронного зв'язку, що надаються не домінуючим в на-данні послуг осо-бами, якщо таке регулювання не-обхідно для захис-ту конкуренції та громадських інте-ресів. Регулююча особа має право встановлювати максимальні тари-фи на послуги
Казах-стан	Тарифи на уні-версальні послуги телекомунікацій підляга-ють обов'язково-му державному регулюванню та затверджуються Урядом Респуб-ліки Казахстан	Тарифи на універсальні по-слуги телеко-мунікацій підля-гають обов'язко-вому державному регулюванню і затверджуються уповноваженим органом			План розбалансу-вання тарифів на універсальні по-слуги телеко-мунікацій затверд-жується уповнова-женим органом

1	2	3	4	5	6
<p>Кири- стан</p>	<p>Регулюється в таких випадках: коли існує тільки один оператор електричного зв'язку, що володіє або здійснює роль над мережею електричного зв'язку, одна служба електров'язку або одне підприємство зв'язку, що пропонують послуги, або коли оператор електричного зв'язку, служба електров'язку, підприємство зв'язку мають домінуюче становище на ринку таких послуг; якщо єдиний оператор або який обіймає домінуюче становище, служба чи підприємство здійснюють перехресне субсидування мережі або послуг, що надаються на основі конкуренції, за рахунок доходів від послуг, що надаються таким оператором як єдиний або який обіймає домінуюче становище оператора; якщо Національне агентство зв'язку виявить антиконкурентне ціноутворення та інші дії аналогічного характеру</p>	<p>Ціни на послуги електричного зв'язку, встановлюються підприємствами на підставі таких принципів: ціни повинні бути орієнтовані на собівартість, що унеможливило перехресне субсидування; ціни повинні бути порівнянні з відповідними міжнародними базовими цінами з урахуванням максимального задоволення потреб громадян у послугах зв'язку; ціни повинні бути структуровані, а їх рівень встановлено таким чином, щоб максимально сприяти залученню інвестицій в сектор електричного зв'язку; при встановленні цін повинні враховуватися положення і рекомендації міжнародних організацій, членом яких є Киргизька Республіка</p>	<p>Ціни на послуги електричного зв'язку, встановлюються підприємствами на підставі таких принципів: ціни повинні бути орієнтовані на собівартість, що унеможливило перехресне субсидування; ціни повинні бути порівнянні з відповідними міжнародними базовими цінами з урахуванням максимального задоволення потреб громадян у послугах зв'язку; ціни повинні бути структуровані, а їх рівень встановлено таким чином, щоб максимально сприяти залученню інвестицій в сектор електричного зв'язку; при встановленні цін повинні враховуватися положення і рекомендації міжнародних організацій, членом яких є Киргизька Республіка</p>	<p>Агентство покладає на постачальників універсальної послуги такі обов'язки: надавати кінцевим користувачам спеціальні тарифи чи тарифні пакети, які відрізняються від прийнятних за нормальних комерційних умов, з метою забезпечення послугами телефонного зв'язку загального користування осіб з низькими доходами та інших соціально уразливих верств населення; дотримуватися певних тарифних обмежень, застосовувати єдині тарифи, у тому числі шляхом географічного усереднення по всій території країни, а також інші аналогічні схеми з урахуванням специфічних умов</p>	<p>Агентство покладає на постачальників універсальної послуги такі обов'язки: надавати кінцевим користувачам спеціальні тарифи чи тарифні пакети, які відрізняються від прийнятних за нормальних комерційних умов, з метою забезпечення послугами телефонного зв'язку загального користування осіб з низькими доходами та інших соціально уразливих верств населення; дотримуватися певних тарифних обмежень, застосовувати єдині тарифи, у тому числі шляхом географічного усереднення по всій території країни, а також інші аналогічні схеми з урахуванням специфічних умов</p>
<p>Молдова</p>	<p>Чисті витрати на надання універсальних послуг розраховуються як різниця між вартістю послуги деякого призначеного постачальника, слугуючого із зобов'язанням надання універсальних послуг, та вартістю послуг цього постачальника, діючого без зобов'язання надання універсальних послуг. Бухгалтерські дані та будь-які інші відомості, що використовуються при розрахунку чистих витрат на надання універсальних послуг, перевіряються Агентством або незалежним аудитором, затвердженим Агентством</p>	<p>Тарифи повинні бути недискримінаційними, розумними і встановленими на основі вартості наданих послуг, забезпечуючи тим самим можливість користування послугами електронних комунікацій всьому населенню країни</p>	<p>Тарифи повинні бути недискримінаційними, розумними і встановленими на основі вартості наданих послуг, забезпечуючи тим самим можливість користування послугами електронних комунікацій всьому населенню країни</p>	<p>Агентство покладає на постачальників універсальної послуги такі обов'язки: надавати кінцевим користувачам спеціальні тарифи чи тарифні пакети, які відрізняються від прийнятних за нормальних комерційних умов, з метою забезпечення послугами телефонного зв'язку загального користування осіб з низькими доходами та інших соціально уразливих верств населення; дотримуватися певних тарифних обмежень, застосовувати єдині тарифи, у тому числі шляхом географічного усереднення по всій території країни, а також інші аналогічні схеми з урахуванням специфічних умов</p>	<p>Агентство покладає на постачальників універсальної послуги такі обов'язки: надавати кінцевим користувачам спеціальні тарифи чи тарифні пакети, які відрізняються від прийнятних за нормальних комерційних умов, з метою забезпечення послугами телефонного зв'язку загального користування осіб з низькими доходами та інших соціально уразливих верств населення; дотримуватися певних тарифних обмежень, застосовувати єдині тарифи, у тому числі шляхом географічного усереднення по всій території країни, а також інші аналогічні схеми з урахуванням специфічних умов</p>

1	2	3	4	5	6
Росія	Тарифи на послуги загальнодоступного електров'язку підлягають державному регулюванню відповідно до Закону Російської Федерації про природні монополії	Тарифи на послуги зв'язку встановлюються оператором зв'язку самостійно	Державне регулювання тарифів на послуги зв'язку (за винятком регулювання тарифів на універсальні послуги зв'язку) має створювати умови, які забезпечують операторам зв'язку компенсацію економічно обґрунтованих витрат, пов'язаних з наданням послуг зв'язку, і відшкодування обґрунтованої норми прибутку (рентабельності) від капіталу, що використовується при наданні послуг зв'язку, тарифи на які встановлюються державою		
Таджикистан	Тарифи підлягають затвердженню в таких випадках: коли на ринку існує тільки один оператор електричного зв'язку, котрий володіє або здійснює контроль над мережею електричного зв'язку, надає послуги, або коли оператор електричного зв'язку обіймає домінуюче становище на ринку таких послуг; якщо єдиний оператор електричного зв'язку або який обіймає домінуюче становище здійснює перехресне субсидування мережі або послуг, що надаються на основі конкуренції, за рахунок доходів від послуг, що надаються таким оператором як єдиний або який обіймає домінуюче становище; якщо уповноважений орган з регулювання зв'язку виявить антиконкурентне ціноутворення та інші дії аналогічного характеру	Тарифи встановлюються на підставі таких принципів: тарифи повинні бути орієнтовані на собівартість, що містить у собі перехресне субсидування; тарифи повинні бути порівнянні з відповідними міжнародними базовими цінами з урахуванням максимального задоволення потреб громадян в послугах електричного зв'язку; тарифи повинні бути збалансовані, а їх рівень встановлено таким чином, щоб максимально сприяти залученню іноземних інвестицій в сектор електричного зв'язку; тарифи не повинні впливати на конкурентну діяльність інших постачальників на ринку електричного зв'язку; тарифи не повинні створювати будь-яких переваг для окремих користувачів порівняно з іншими користувачами; при встановленні цін треба зважати на положення та рекомендації Міжнародного союзу електров'язку	Універсальні послуги надаються за тарифами і технічними умовами, які дозволяють окремим категоріям користувачів, таким, як користувачі зі спеціальними соціальними потребами та фізичними вадами, отримати доступ до послуг зв'язку		
Туркменістан	Тарифи на послуги зв'язку встановлюються відповідно до законодавства Туркменістану		Тарифи формуються на ринку телекомунікацій Туркменістану на принципах розрахунків тарифів на підставі собівартості цих послуг з урахуванням отримання прибутку, почасової оплати за фактичний час телекомунікаційних послуг, отриманих користувачем		

1	2	3	4	5	6
Узбекистан	<p>Тарифи на універсальні послуги телекомунікацій регулюються спеціально уповноваженим органом у сфері телекомунікацій з огляду на інтереси користувачів, згідно із законодавством. Тарифи на універсальні послуги телекомунікацій встановлюються Узбецьким агентством пошти і телекомунікацій з урахуванням інтересів користувачів. Тарифи визначаються на основі собівартості послуги і необхідного прибутку та формуються з урахуванням попиту, що склався, та позиції, а тарифи на послуги міжнародного зв'язку – також з урахуванням узгоджених із зарубіжними адміністраціями зв'язку та компаніями розрахункових такс за взаєморозрахунками</p>	<p>Регулюються тарифи на окремі види послуг телекомунікацій. Тарифи на послуги телекомунікацій встановлюються на договірній основі з огляду на витрати на їх надання відповідно до законодавства. Тарифи на універсальні послуги телекомунікацій регулюються спеціально уповноваженим органом у сфері телекомунікацій з урахуванням інтересів користувачів у встановленому законодавством порядку</p>			
Україна	<p>Тарифи на загальнодоступні послуги підлягають державному регулюванню шляхом встановлення граничних або фіксованих тарифів</p>	<p>Державному регулюванню шляхом встановлення граничних або фіксованих тарифів підлягають:</p> <ul style="list-style-type: none"> каналів електров'язку операторів телекомунікацій, які обіймають монополіне (домінуюче) становище на ринку цих послуг; розрахункові такси за послуги пропуску трафіка до телекомунікаційних мереж операторів телекомунікацій з істотною ринковою перевагою на певному ринку послуг пропуску трафіка або операторів телекомунікацій, що обіймають монополіне (домінуюче) становище на ринку телекомунікацій; тарифи на надання в користування кабельної каналізації електров'язку операторів телекомунікацій 	<p>Тарифне регулювання на ринку телекомунікацій України базується на таких принципах: базування розрахунків тарифів на собівартості цих послуг з урахуванням отримання прибутку; залежність рівня тарифів від рівня якості телекомунікаційних послуг; недопущення встановлення демпінгових або дискримінаційних цін з боку окремих операторів, провайдерів телекомунікацій; необхідність уникнення перехресного субсидування одних телекомунікаційних послуг за рахунок інших; стягнення повної плати за фактичний час отримання споживачем телекомунікаційних послуг</p>		

**Регулювання у сфері розвитку конкуренції та нагляду
за телекомунікаційним ринком**

Розвиток конкуренції на ринку телекомунікацій має «технологічний» характер. Тому одним з основних факторів, що визначають успішний інноваційний розвиток формування сприятливих умов для користування послугами телекомунікацій, є стан конкурентного середовища на відповідних ринках [9.36].

У загальному розумінні нагляд за конкуренцією – це контроль, здійснюваний різними організаціями та установами за дотриманням законодавства проти недобросовісної конкуренції та проти обмеження конкуренції. У першому випадку виходять з того, що за дотриманням закону мають стежити самі підприємства, їх об'єднання та спілки споживачів, які, у разі потреби, можуть подати позов до суду. У другому випадку самоконтроль учасників ринку визнається недостатнім, і для підтримки конкуренції потрібно контроль з боку держави.

У країнах ЄС Директива 2002/21/ЄС від 7 березня 2002 р. [9.47] запроваджує гармонізовану правову структуру для регулювання електронних комунікаційних послуг, електронних комунікаційних мереж, пов'язаного оснащення та пов'язаних послуг. Вона формулює завдання національним регулятивним органам та запроваджує низку процедур для забезпечення гармонізованого застосування правових рамок в межах Спільноти.

Для наочності аналіз механізму розвитку конкуренції та нагляду за телекомунікаційним ринком згідно із законодавством країн СНД подано в *табл. 9.10* [9.38–9.48].

Таблиця 9.10

**Регулювання у сфері розвитку конкуренції
та нагляду за телекомунікаційним ринком у країнах СНД**

Країна	Механізм
1	2
Азербайджан	Міністерство зв'язку та інформаційних технологій Азербайджанської Республіки спостерігає за недопущенням монополій на ринку телекомунікаційних послуг та забезпеченням середовища здорової конкуренції
Білорусь	Державний нагляд за електрозв'язком полягає в нагляді за виконанням операторами електрозв'язку вимог і умов спеціального дозволу на діяльність у галузі зв'язку, за дотриманням установлених норм на параметри випромінювання, правил використання радіоелектронних засобів і високочастотних пристроїв, будівництвом радіоелектронних засобів і високочастотних пристроїв, використанням радіочастотного спектра, за правомірністю підключення радіоелектронних засобів, систем електрозв'язку юридичних і фізичних осіб до мережі електрозв'язку загального користування, за виконанням обов'язкових для дотримання вимог технічних нормативних правових актів у галузі технічного нормування і стандартизації
Вірменія	Комісія з регулювання громадських послуг забезпечує конкуренцію в сфері послуг суспільного електронного зв'язку і громадських мереж електронного зв'язку такими способами: а) шляхом забезпечення для кінцевих користувачів найбільш оптимального вибору послуг, суміжних з ними інфраструктур, цін і якості; б) шляхом унеможливлення будь-якого спотворення конкуренції у сфері надання послуг електронного зв'язку та мережі електронного зв'язку; в) шляхом заохочення ефективних інвестицій в інфраструктури та стимулювання новацій; г) шляхом заохочення раціонального використання радіочастотного діапазону, сегментів супутникової орбіти і ресурсів нумерації із забезпеченням ефективного управління ними

1	2
Казахстан	Міністерство зв'язку та комунікацій Республіки Казахстан здійснює державне регулювання та контроль за діяльністю в галузі зв'язку та забезпечує добросовісну конкуренцію
Киргизія	Національне агентство зв'язку контролює і підтримує вільну конкуренцію між всіма операторами електричного зв'язку, службами електрозв'язку та підприємствами зв'язку, у тому числі шляхом затвердження відповідних правил та інструкцій. Здійснює державний нагляд за дотриманням вимог стандартів, проведенням перевірок щодо дотримання Закону, правил, нормативних актів або ліцензій в галузі зв'язку
Молдова	Національне агентство з регулювання в області електронних комунікацій і інформаційних технологій заохочує конкуренцію в галузі надання мереж, супутньої інфраструктури та послуг електронних комунікацій, попереджає дії, предметом яких є або наслідком яких може бути спотворення або обмеження конкуренції в галузі електронних комунікацій
Росія	Федеральне агентство зв'язку забезпечує ефективну і добросовісну конкуренцію на ринку послуг зв'язку, забезпечує організаціям зв'язку незалежно від форм власності рівноправні умови конкуренції, здійснює державний нагляд за діяльністю в галузі зв'язку
Таджикистан	Уповноважений державний орган з нагляду і регулювання в області електричного зв'язку спільно з державним антимонопольним органом сприяє розвитку ефективної та справедливої конкуренції, вживає встановлені законодавством заходи щодо припинення фактів недобросовісної конкуренції та обмеження монополістичної діяльності у сфері електричного зв'язку
Туркменістан	Міністерство зв'язку Туркменістану здійснює державне регулювання і контроль за діяльністю в галузі зв'язку, здійснює державний технічний нагляд і контроль у галузі зв'язку, створює умови для забезпечення ефективної та добросовісної конкуренції на ринку послуг зв'язку
Узбекистан	Узбецьке агентство зв'язку та інформатизації здійснює державний технічний нагляд за засобами зв'язку та перевірку якості послуг, що надаються підприємствами, установами та організаціями зв'язку незалежно від форм власності відомчої належності, спільно з державним антимонопольним органом сприяє розвитку конкуренції, вживає встановлені законодавством заходи щодо припинення фактів недобросовісної конкуренції та обмеження монополістичної діяльності в сфері телекомунікацій
Україна	Кабінет Міністрів України, ЦОВЗ, НКРЗ у межах своїх повноважень створюють відповідні умови для впровадження конкуренції та сприятливого інвестиційного клімату в сфері телекомунікацій. Нагляд за Ринком телекомунікацій здійснюється шляхом контролю за якістю телекомунікаційних послуг, перевірки додержання Ліцензійних умов операторами, провайдерми телекомунікацій, контролю за додержанням суб'єктами ринку телекомунікацій законодавства, стандартів та інших нормативних актів у сфері телекомунікацій

Таким чином, у країнах СНД нагляд здійснюють органи управління або органи регулювання через формування нормативно-правової бази, видачу ліцензій, сертифікації обладнання, контроль та регулювання тарифів.

Основним механізмом державного нагляду вважаються планові та позапланові заходи щодо контролю. У ході одного планового заходу з контролю допускається перевірка виконання ліцензійних умов, передбачених у декількох ліцензіях, виданих одній особі. Позапланові заходи щодо контролю проводяться для перевірки усунення раніше виявлених порушень або у випадках виявлення порушень в результаті дистанційного контролю, отримання звернень, скарг громадян, юридичних осіб, приватних підприємств.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 9.1. Кочетков А.П. Власть и элиты в глобальном информационном обществе / А.П. Кочетков – М.: Полис, 2011. – № 5. – С. 9.
- 9.2. Дайзард У. Наступление информационного века / У. Дайзард – М.: Новая технологическая волна на Западе [под ред. П.С. Гуревича]. – М.: Прогресс, 1986. – С. 344.
- 9.3. Белл Д. Социальные рамки информационного общества / Д. Белл – Новая технологическая волна на Западе [под ред. П.С. Гуревича]. – М.: Прогресс, 1986. – С. 330.
- 9.4. Белл Д. Грядущее постиндустриальное общество / Белл Д. – М.: Академия, 1999. – С. 578.
- 9.5. Воробийенко П.П. Инфокоммуникации: термины и определения / П.П. Воробийенко, Л.А. Никитюк – Журн.: Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – № 6/2 (54). – С. 6.
- 9.6. Тенденции в реформировании электросвязи, 2009 г.: Краткий обзор. / ITU, 2010: по состоянию на 24.07.2012, [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/reg/D-REG-TTR.11-2009-SUM-PDF-R.pdf .
- 9.7. ICT Regulatory News. Recent regulatory trends from around the globe. / ITU, May 2010: по состоянию на 24.07.2012, [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.itu.int/ITU-D/treg/publications/ICT-Reg-News-e.pdf>.
- 9.8. Тенденции в реформировании электросвязи, 2010–2011 гг.: Краткий обзор / ITU, 2011: по состоянию на 24.07.2012, [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/reg/D-REG-TTR.12-2010-SUM-PDF-R.pdf.
- 9.9. Overview: за станом на 27.07.2012, [Электронный ресурс] / ITU. – Режим доступа: <http://www.itu.int/en/about/Pages/overview.aspx>.
- 9.10. Наш взгляд в будущее: по состоянию на 27.07.2012, [Электронный ресурс] / ITU. – Режим доступа: <http://www.itu.int/ru/about/Pages/vision.aspx>.
- 9.11. Radiocommunication Sector (ITU-R): за станом на 27.07.2012, [Электронный ресурс] / ITU. – Режим доступа: <http://www.itu.int/ITU-R/index.asp?category=information&rlink=rhome&lang=en>.
- 9.12. ITU-T in brief: за станом на 27.07.2012, [Электронный ресурс] / ITU. – Режим доступа: <http://www.itu.int/net/ITU-T/info/Default.aspx>.
- 9.13. Welcome to the ITU-D website: за станом на 27.07.2012, [Электронный ресурс] / ITU. – Режим доступа: <http://www.itu.int/ITU-D/information/aboutbdt.html>.
- 9.14. ITU Global Directory: за станом на 27.07.2012, [Электронный ресурс] / ITU. – Режим доступа: http://www.itu.int/online/mm/scripts/mm.list?_search=SEC&languageid=1.
- 9.15. What we do: за станом на 26.07.2012, [Электронный ресурс] / WTO. – Режим доступа: http://www.wto.org/english/thewto_e/whatis_e/what_we_do_e.htm.
- 9.16. Райзберг Б.А. Государственное управление экономическими и социальными процессами: Учеб. пособие / Райзберг Б.А. – М.: ИНФРА-М, 2010. – 384 с.
- 9.17. Азаров С.С., Попова Т.В. Проблема государственного управления в сфере ИКТ: по состоянию на 25.07.2012, [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://proit.com.ua/arti-cle/telecom/2006/06/07/164854.html>.
- 9.18. Офіційний сайт Міністерства зв'язку та інформаційних технологій Азербайджанської Республіки: за станом на 01.08.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.mincom.gov.az/ru/ministry.html>.
- 9.19. Офіційний сайт Міністерства транспорту та зв'язку Республіки Вірменія: за станом на 01.08.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.mtc.am/index.php?lausng=r>.
- 9.20. Офіційний сайт Міністерства зв'язку та інформатизації Республіки Білорусь: за станом на 01.08.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.mpt.gov.by/ru/>.
- 9.21. Офіційний сайт Міністерства зв'язку та комунікацій Республіки Казахстан: за станом на 01.08.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://mtc.gov.kz/index.php>.

9.22. Офіційний сайт Міністерства транспорту і комунікацій Республіки Киргизстан: за станом на 01.08.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.mtk.gov.kg/>.

9.23. Офіційний сайт Міністерства інформаційних технологій та зв'язку Республіки Молдови: за станом на 01.08.2013, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.mtic.gov.md/principala_rus/.

9.24. Офіційний сайт Міністерства зв'язку та масових комунікацій Росії: за станом на 01.08.2013, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://minsvyaz.ru/ru/>.

9.25. Постанова Уряду Республіки Таджикистан про Службу зв'язку при Уряді Республіки Таджикистан від 11.05.2011 № 252: за станом на 02.08.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://base.spinform.ru/show_doc.fwx?rgn=45130.

9.26. Закон Республіки Таджикистан «О связи»: по состоянию на 02.08.2012, [Електронний ресурс] / Указ Президента. – Офиц. изд. – Режим доступа: http://www.turkmenistan.gov.tm/_ru/laws/?laws=01gi.

9.27. Офіційний сайт Узбецького агентства зв'язку та інформатизації: за станом на 02.08.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.aci.uz/ru/>.

9.28. Офіційний сайт Державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації України: за станом на 02.08.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.dst-szi.gov.ua/dstszi/control/ru/index>.

9.29. Офіційний сайт Комісії з регулювання громадських послуг Республіки Вірменія: за станом на 03.08.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.psrc.am/en/>.

9.30. Офіційний сайт Державного агентства зв'язку при Уряді Республіки Киргизстан: за станом на 03.08.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.nas.kg/>.

9.31. Офіційний сайт Національного агентства з регулювання в області електронних комунікацій і інформаційних технологій Республіки Молдова: за станом на 03.08.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ru.anrceti.md/>.

9.32. Офіційний сайт Федерального агентства зв'язку Росії: за станом на 03.08.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.rossvyaz.ru/>

9.33. Офіційний сайт Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації України: за станом на 03.08.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.nkrz.gov.ua/uk/>.

9.34. Доклад о состоянии конкуренции на рынке телекоммуникаций государств-участников СНГ: по состоянию на 01.08.2012, [Електронний ресурс] / Межгосударственный совет по антимонопольной политике. Исполнительный комитет СНГ. – Режим доступа: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/997_n12/print1329903090871447#top

9.35. Directive 97/13/EC of the European Parliament and of the Council of 10 April 1997 on a common framework for general authorizations and individual licences in the field of telecommunications services.

9.36. Закон Республіки Азербайджан «О связи»: по состоянию на 01.08.2012, [Електронний ресурс] / Указ Президента. – Офиц. изд. – Режим доступа: <http://www.medialaw.ru/exussrlaw/1/az/telecom.htm>.

9.37. Закон Республіки Азербайджан «О телекоммуникациях»: по состоянию на 01.08.2012, [Електронний ресурс] / Указ Президента. – Офиц. изд. – Режим доступа: http://www.sng.allbusiness.ru/content/document_r_36082C9C-3E8E-4037-BD48-3632CF6C2523.html.

9.38. Закон Республіки Армения «О телекоммуникациях»: по состоянию на 01.08.2012, [Електронний ресурс] / Национальное собрание. – Офиц. изд. – Режим доступа: http://www.medialaw.ru/laws/russian_laws/telecom/npa/6etr/armentel.htm.

9.39. Закон Республіки Беларусь «Об электросвязи»: по состоянию на 01.08.2012, [Електронний ресурс] / Совет Республики. – Офиц. изд. – Режим доступа: <http://pravo.by/web-npa/text.asp?RN=H10500045>.

9.40. Закон Республіки Казахстан «О связи»: по состоянию на 01.08.2012, [Електронний ресурс] / Совет Республики. – Офиц. изд. – Режим доступа: http://www.nalog.kz/nal_zak/obaz_plat/sbori/radio/zak_567_II.htm.

9.41. Закон Российской Федерации «О связи»: по состоянию на 01.08.2012, [Электронный ресурс] / Совет Федерации. – Офиц. изд. – Режим доступа: <http://www.zakonrf.info/zosvyazi/>

9.42. Положение о Федеративном агентстве по печати и массовым коммуникациям Российской Федерации: по состоянию на 01.08.2012, [Электронный ресурс] / Совет Федерации. – Офиц. изд. – Режим доступа: <http://archive.government.ru/power/66/base.html>

9.43. Закон Республики Киргизстан «Об электрической и почтовой связи»: по состоянию на 01.08.2012, [Электронный ресурс] / Указ Президента. – Офиц. изд. – Режим доступа: <http://www.medialaw.ru/exussrlaw/l/kg/telecom.htm>.

9.44. Закон Республики Молдова «Об электронных коммуникациях»: по состоянию на 01.08.2012, [Электронный ресурс] / Парламент Республики. – Офиц. изд. – Режим доступа: <http://ru.anrceti.md/fileupload/1>.

9.45. Закон Республики Таджикистан «Об электрической связи»: по состоянию на 01.08.2012, [Электронный ресурс] / Указ Президента. – Офиц. изд. – Режим доступа: <http://www.medialaw.ru/exussrlaw/l/tg/svyaz.htm>.

9.46. Закон Республики Туркменистан «О связи»: по состоянию на 01.08.2012, [Электронный ресурс] / Указ Президента. – Офиц. изд. – Режим доступа: <http://www.medialaw.ru/exussrlaw/l/tk/svyaz.htm>.

9.47. Закон Республики Узбекистан «О телекоммуникациях»: по состоянию на 01.08.2012, [Электронный ресурс] / Постановление ОМ РУз. – Офиц. изд. – Режим доступа: http://www.old.eurasia-media.ru/law/uzb_o_telekomunik.shtml.

9.48. Закон України «Про телекомунікації»: за станом на 01.08.2012, [Електронний ресурс] / Верховна Рада України. – Офіц. вид. – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=1280-15&p=1263227203490300>.

9.49. At a glance. Universal Postal Union: за станом на 01.08.2012, [Електронний ресурс] / Universal Postal Union. – [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.upu.int/about_us/en/upu_at_a_glance.html.

9.50. Unnatural Monopoly: Critical moments: за станом на 01.08.2012, [Електронний ресурс] / Cato Institute. – Режим доступу: <http://www.cato.org/pubs/journal/cjv14n2-6.html>.

9.51. Communications Act: за станом на 01.08.2012, [Електронний ресурс] / Federal Communications Commission. – Режим доступу: <http://www.fcc.gov/Reports/1934new.pdf>.

9.52. Кому нужен Фонд универсальных услуг? (часть 1): по состоянию на 01.08.2012, [Электронный ресурс] / Cato Institute. – Режим доступа: <http://proit.com.ua/article/telecom/2009/02/10/083320.html>.

9.53. Межоператорское взаимодействие в сфере телекоммуникаций: по состоянию на 25.07.2012, [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.vixett.com/article/view/Telecom_Operators_Interworking.html.

9.54. Definition: за станом на 27.07.2012, [Електронний ресурс] – ITU. – Режим доступу: <http://www.itu.int/ITU-R/asp/terminology-definition.asp?lang=en&rlink={B5BA9354-FF9-4061-B7BA-276F4C8F266D}>.

9.55. Negotiating Group on Basic Telecommunications: за станом на 26.07.2012, [Електронний ресурс] / WTO. – Режим доступу: http://www.wto.org/english/news_e/pres97_e/refrap-e.htm.

9.56. Директива 2002/21/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 7 березня 2002 року про спільні правові рамки для електронних комунікаційних мереж та послуг: за станом на 25.07.2012, [Електронний ресурс] / Офіц. переклад. – Режим доступу: http://www.nkrz.gov.ua/img/zstored/File/directive_2002_21_ramkova.pdf

10.1. Стратегічні напрями розвитку телекомунікаційних компаній за сучасних умов

Одним із сучасних підходів до управління телекомунікаційними компаніями є стратегічний підхід. Світовий досвід підтверджує вирішальне значення стратегічного управління для подолання проблем адаптації до мінливого зовнішнього середовища, забезпечення конкурентоспроможності та довгострокового успіху телекомунікаційної компанії.

Перехід до ринкових відносин принципово змінює завдання та характер управлінської діяльності в телекомунікаційних компаніях. На перший план виходять нові цілі: зміна форми власності шляхом акціонування, залучення інвесторів, максимізація прибутку, зростання ринкової вартості компанії. Адаптація компанії до нових умов функціонування потребує внутрішньої перебудови, змін у функціях, перегляд системи розподілу прав, повноважень та відповідальності. Для довгострокового існування компанії необхідно розробити перелік поступових дій та визначити, що потрібно робити для досягнення успіху.

Процес змін містить у собі аналітичну та прогнозну діяльність, розробку можливих заходів та визначення відповідної стратегії, тому що будь-які перетворення потребують істотних змін у структурі компанії, організаційній культурі, методах управління, а також змін стилю управління, принципів управління, функцій керівників та персоналу, повноважень, відповідальності, комунікацій між підрозділами. Таким чином, за цих умов на перший план виходить необхідність упровадження стратегічного управління.

Практика та досвід показують, що телекомунікаційні компанії, які впроваджують комплексне стратегічне управління, працюють більш успішно, отримують високі фінансові результати. Стратегія визначає цілі та основні шляхи їх досягнення, завдяки чому компанія отримує єдиний напрям дій.

У науковій літературі можна виділити декілька підходів до визначення поняття стратегічного управління:

- > процесний;
- > функціональний;
- > інституціональний;
- > концептуальний.

Згідно з процесним підходом стратегічне управління розглядається як сукупність дій і рішень у процесі розв'язання стратегічних проблем компанії, що дає змогу виявити його технологію. І. Ансофф, фундатор стратегічного управління, наголошує на комплексності та багатогранності стратегічного

управління, визначив такі його складові процеси: формулювання стратегій; розвиток ділових здібностей підприємства; управління реалізацією стратегій.

Використання функціонального підходу до визначення стратегічного управління дало можливість розглядати його як функціональний вид управління та визначається як обґрунтування і вибір перспективних цілей розвитку підприємства та підвищення його конкурентоспроможності, їх закріплення в довгострокових планах, розробка цільових програм, які забезпечують досягнення установлених цілей.

Використання інституціонального підходу до визначення стратегічного управління дає трактування його як систему з безліччю елементів, що дозволяє уявити його структурну побудову. Стратегічне управління являє собою: стиль управління (мотивований споживачами, орієнтований на майбутнє, спрямований на конкуренцію) і методи комунікації, передачі інформації, прийняття рішень і планування, за допомогою яких керівники вчасно приймають і конкретизують рішення, які стосуються цілей підприємницької діяльності.

Концептуальний підхід трактує стратегічне управління як спрямованість на забезпечення довготривалого успіху; стійкості конкурентних позицій; створення і підтримку довготривалих конкурентних переваг; адекватне реагування на зовнішні зміни; необхідність стратегічної орієнтації персоналу підприємства.

Таким чином, стратегічне управління можна визначити як діяльність, що ґрунтується на стратегічній орієнтації як на компоненті філософії підприємництва та має спрямованість на досягнення цільових орієнтирів у перспективі, забезпечення конкурентоспроможності, стійкості конкурентних позицій та довготривалого успіху підприємства [10.1].

Основною особливістю процесу стратегічного управління є його циклічність, що означає повсякчасне відповідне коригування стратегії за умов змін, як усередині підприємства, так і за його межами.

На підставі особливостей стратегічного управління сформовано модель стратегічного управління підприємством (рис. 10.1), яка відбиває циклічність управлінського процесу.

Стратегічне управління визначає послідовність дій підприємства з розробки та реалізації стратегії. Процес стратегічного управління містить у собі:

- ⇒ визначення місії та бачення телекомунікаційної компанії;
- ⇒ формування стратегічних цілей телекомунікаційної компанії;
- ⇒ аналіз зовнішнього середовища;
- ⇒ діагностику стану компанії;
- ⇒ генерування та аналіз стратегічних альтернатив;
- ⇒ вибір стратегії та формування стратегічного плану;
- ⇒ реалізацію стратегії;
- ⇒ оцінку стратегії та стратегічний контроль.

Стратегічне управління передбачає розробку стратегії розвитку компанії, яку можна визначити як систему управлінських та організаційних рішень, які спрямовані на досягнення цілей і місії, що забезпечує підвищення ефективності діяльності компанії. Таким чином, управління передбачає формування і формалізацію пакета заходів, які дозволять компанії в перспективі змінити своє становище на ринку. Це фактично розробка тактичних завдань, які в майбутньому забезпечать виконання стратегічних цілей. Здебільшого першочерговими завданнями є унеможливлення банкрутства та досягнення фінансової стабільності. У цілому процес стратегічного планування на прикладі телекомунікаційної компанії зображено на рис. 10.2.

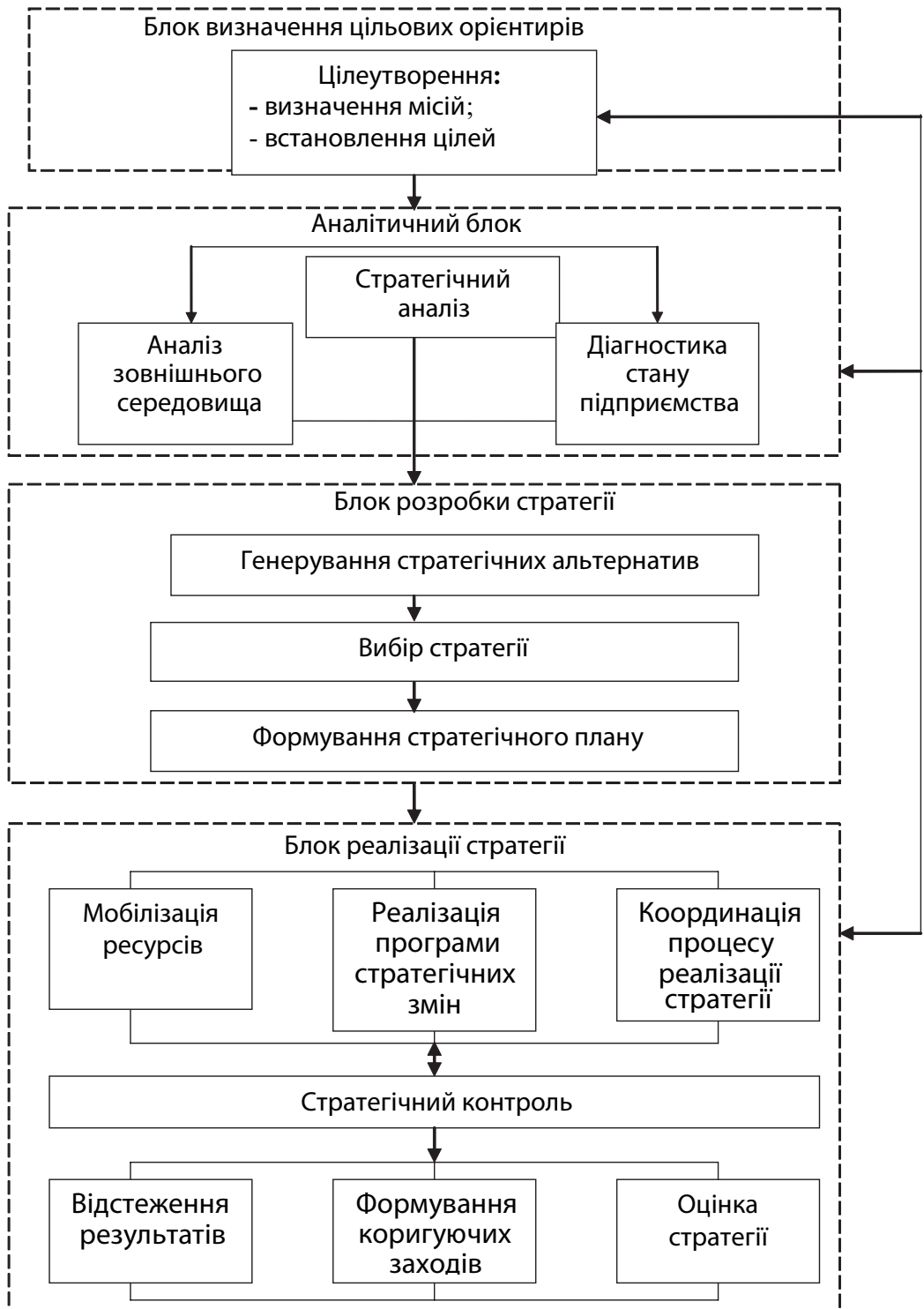


Рис. 10.1. Модель стратегічного управління підприємством

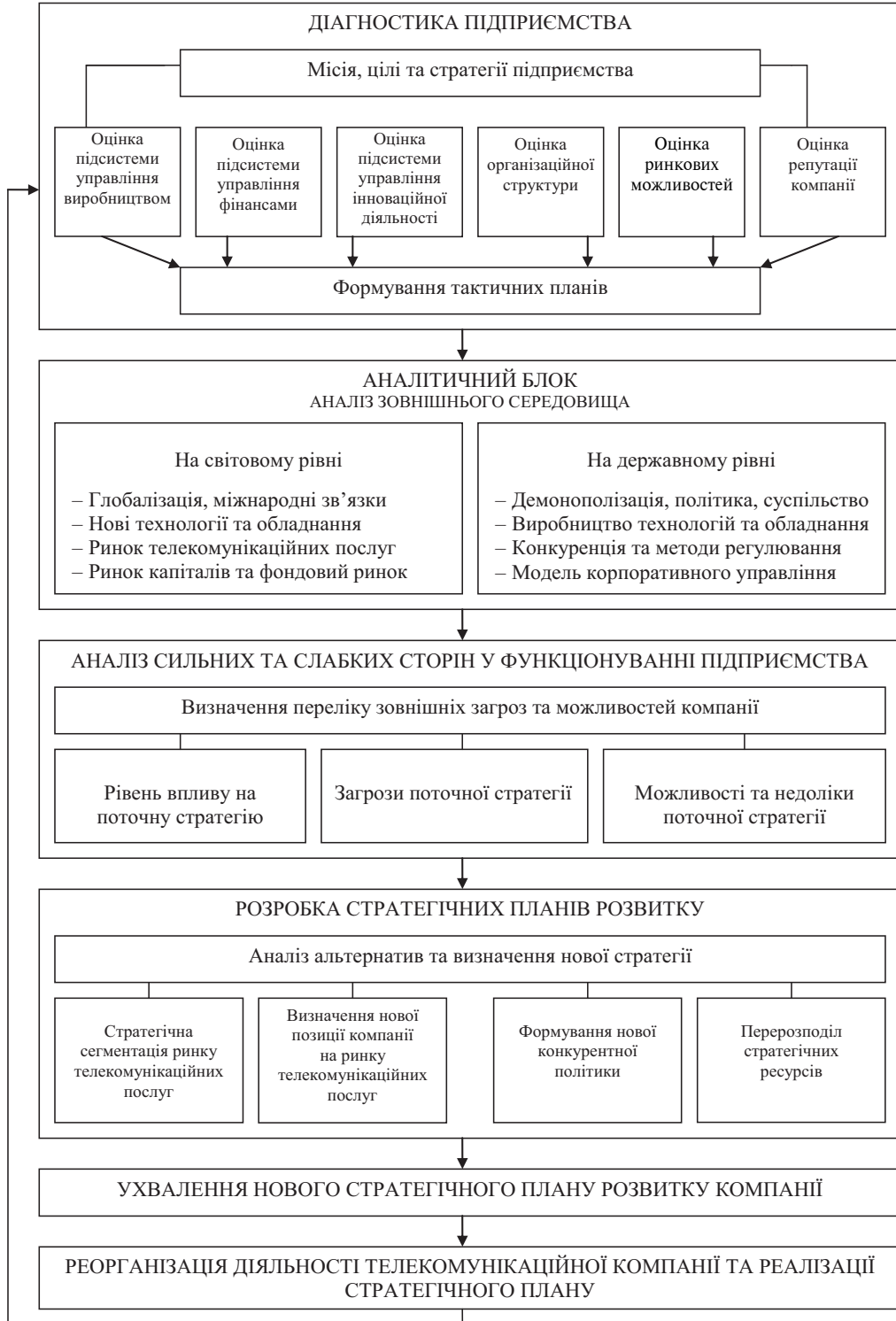


Рис. 10.2. Процес стратегічного планування в телекомунікаційній компанії

Місія і цілі провідних телекомунікаційних компаній здебільшого збігаються. Вони відображають їх прагнення до розширення сфери впливу, швидкого та широкомасштабного впровадження новітніх технологій, захоплення світових нерозподілених сегментів телекомунікаційного ринку.

Стратегією розвитку провідних телекомунікаційних компаній держав європейського співтовариства є:

- ⊕ глобалізація інфраструктури зв'язку та послуг зв'язку;
- ⊕ лібералізація і реструктурування телекомунікаційного ринку;
- ⊕ дальший розвиток технологій зв'язку;
- ⊕ введення нових послуг і можливостей підвищення використання існуючих мереж;
- ⊕ розширення застосування мереж і послуг зв'язку в діловій сфері та малому бізнесі;
- ⊕ збільшення доходів і показника ARPU за рахунок збільшення обсягу споживання послуг зв'язку діючими абонентами на підставі розширення асортименту наданих послуг та покращення їх якості;
- ⊕ відчуження ринкової частки конкурентів за рахунок активної ринкової діяльності;
- ⊕ конвергенція телекомунікаційних послуг за рахунок конвергенції мереж доступу, конвергенції сервісів та конвергенції пристроїв;
- ⊕ створення потужної організаційно-структурної, технологічної, фінансової та ресурсної бази, яка може забезпечити компаніям лідерство на світовому ринку телекомунікацій.

10.2. Закономірності й особливості побудови організаційних структур управління телекомунікаційних компаній

Організаційна структура управління (ОСУ) – одне з ключових понять менеджменту, тісно пов'язане з метою, функціями, процесом управління, роботою менеджерів і розподілом між ними повноважень. Структуру можна порівняти з каркасом будинку управлінської системи, побудовану для того, щоб усі процеси, що відбуваються в ньому, здійснювалися своєчасно і якісно. Формування ОСУ містить у собі формулювання цілей і завдань, визначення складу і місце підрозділів, їх ресурсне забезпечення (у тому числі чисельність працівників), розробку регламентуючих процедур, документів, положень, які закріплюють та регулюють форми, методи, процеси, що здійснюються в організаційній системі управління.

У сучасній теорії менеджменту виділяють два типи управління організаціями: бюрократичний та органічний. Бюрократичний тип структури управління має низку різновидів, основними з яких є лінійний, функціональний, лінійно-функціональний. Різновидами органічного типу структур є дивізіональний і матричний.

Детальний розгляд переваг і недоліків побудови ОСУ за різними типами дозволяє зробити висновок, що за умов необхідності оперативного прийняття рішень

і швидкого реагування на зміни на ринку, орієнтованості на освоєння нових ринків і нових технологій, взаємопов'язаної диверсифікації щодо продуктів (послуг) або регіонів доцільним є формування ОСУ за дивізіональним принципом. Головною ідеєю побудови ОСУ за цим принципом є виділення відособлених структурних підрозділів і наділення їх широкими правами адміністративно-господарської діяльності, що призводить до нового поєднання принципів централізації і децентралізації, за яким усі основні проблеми підрозділи вирішують самостійно, а невеликий (порівняно) центральний апарат забезпечує стратегію розвитку компанії в цілому. Проте варто зазначити, що вибір ОСУ компанії безпосередньо залежить від виду діяльності, розміру, техніко-технологічних особливостей продукції (послуг) та ін.

Проведені дослідження організаційних структур управління операторів: British Telecom, Tele Danmark, Deutsche Telekom, MATAV Hungarian Telekom, Koninklijke KPN N.V. (KPN) свідчать про наявність тенденції до переходу від побудови ОСУ за лінійно-функціональним принципом до дивізіонального. Для наочності аналіз переваг та недоліків побудови організаційної структури управління за лінійно-функціональним та дивізіональним принципами наведено у табл. 10.1.

Таблиця 10.1

**Аналіз переваг та недоліків побудови ОСУ
за лінійно-функціональним та дивізіональним принципами**

Лінійно-функціональні	Дивізіональні
Забезпечують виконання спеціалізованих завдань, контрольованих за допомогою планів і бюджетів	Децентралізовані операції підрозділів з централізованою оцінкою результатів і інвестицій
Найбільш ефективні в стабільному середовищі	Найбільш ефективні в середовищі, що змінюється
Сприяють ефективному виробництву стандартизованих товарів і послуг	Придатні для умов взаємозалежної диверсифікованості щодо продуктів або регіонів
Забезпечують економію на управлінських витратах	Орієнтовані на оперативне прийняття рішень
Передбачають спеціалізацію функцій і компетентність	Створюють організаційні умови для міждисциплінарного підходу
Орієнтовані на цінову конкуренцію	Успішно функціонують за умов нецінової конкуренції
Розраховані на використання діючих технологій і сформованого ринку	Орієнтовані на освоєння нових ринків і нових технологій
Виробнича спеціалізація, що перевищує можливості централізованого планування	Утручання вищої ланки організації для посилення координації підрозділів і підвищення ефективності їх діяльності
Швидке рішення проблем, що є компетенцією однієї функціональної служби	Швидке рішення складних міжфункціональних проблем
Вертикальна інтеграція, що нерідко перевищує можливості цілковитого завантаження спеціалізованих підрозділів	Диверсифікованість усередині корпорації або придбання зовнішніх організаційних ланок

Для прикладу на рис. 10.3, 10.4, 10.5 наведено ОСУ таких операторів телекомунікацій країн ЄС, як British Telecom, Deutsche Telekom та Koninklijke KPN N.V [10.4–10.6].

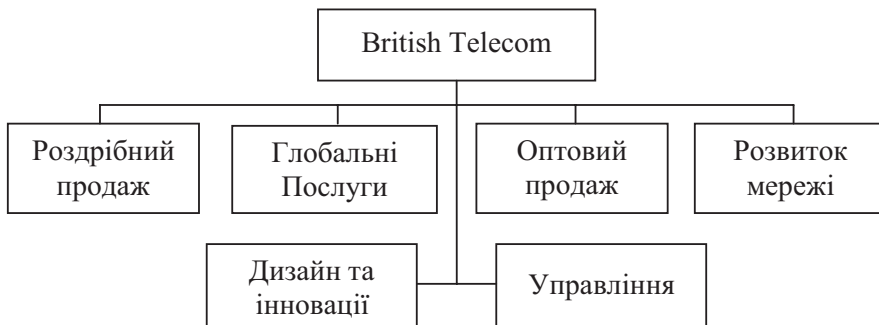


Рис. 10.3. ОСУ British Telecom

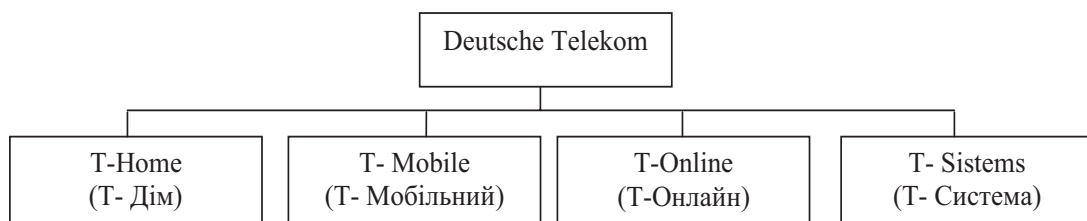


Рис. 10.4. ОСУ Deutsche Telekom

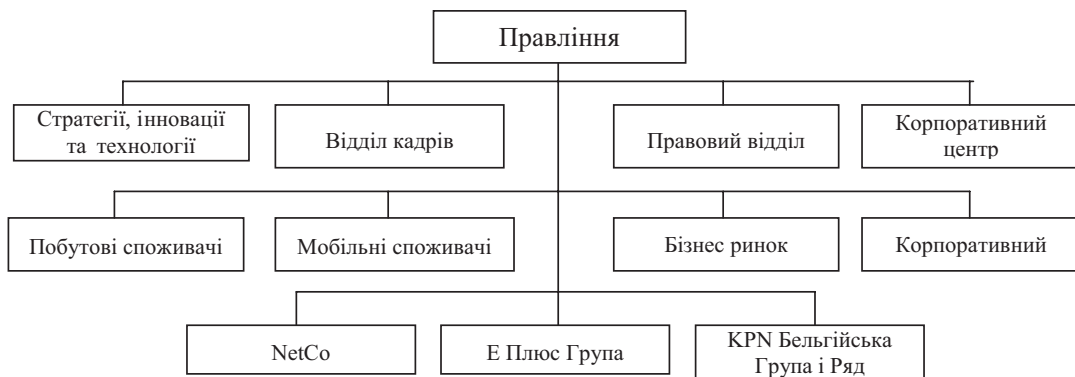


Рис. 10.5. ОСУ Koninklijke KPN N.V.

Варто зазначити, що на відміну від країн Європейської Співдружності, в яких ОСУ побудована за дивізіональним принципом, ОСУ операторів телекомунікацій країн СНД побудована за лінійно-функціональним принципом, що характеризується ступінчастою ієрархічною структурою, при якій лінійні керівники є єдинопочатковими, а їм надають допомогу функціональні органи. Лінійні керівники нижчих щаблів адміністративно не підпорядковані функціональним керівникам вищих ступенів управління. Основу лінійно-функціональної структури становлять «шахтний» принцип побудови і спеціалізація управлінського персоналу за функціональними підсистемами організації.

10.3. Напрями підвищення ефективності корпоративного управління операторів телекомунікацій на основі аналізу ключових бізнес-процесів концептуальної моделі eTOM

Основні особливості розвитку сфери телекомунікацій (приватизація, демонополізація, глобалізація, інтеграція) за умов стабільності та повсякчас зростаючого споживчого попиту пов'язані з вимогами сучасного ринку в побудові концептуальної моделі управління оператором телекомунікацій.

З огляду на розвиток корпоративних форм організації бізнесу в сфері телекомунікацій України й нерозв'язаність багатьох проблем корпоративного управління підвищення ефективності діяльності вітчизняних корпорацій вимагає виявлення об'єктивних передумов його досягнення. Це можливо тільки на основі аналізу проблем, пов'язаних зі станом теоретичних основ управління розвитком у підприємницькій діяльності, з розглядом практичних аспектів функціонування корпорацій.

Підприємства галузі зв'язку організуються за функціональною ознакою і мають ієрархічну (пірамідальну) структуру, причому споживачам (клієнтам, покупцям, абонентам) у цій піраміді приділяється найнижчий рівень ієрархії.

Додатковим стимулом за умов ринкової економіки – одержання прибутку та забезпечення конкурентоспроможності – є розвиток інформаційного забезпечення управління, що виявляє залежність вартості інформаційних активів від економічних механізмів у функціонуванні телекомунікаційних компаній, заснованої на концептуально новій моделі бізнес-процесів.

Формам організації бізнесу на основі підходів (функціональний, процесно-орієнтований тощо) до управління властиві такі самі орієнтири на досягнення реальних параметрів розвитку систем управління господарських суб'єктів. Однак склад, структура, якісні характеристики й цільові настанови їх функціонування на основі цих підходів різні.

Основними характеристиками процесно-орієнтованого підходу є, перш за все, задоволення потреб споживача, який оплачує (або повинен оплачувати) не структуру організації, а виходи бізнес-процесів (товари або послуги), які в ній відбуваються. Ефективність організації визначається структурою, яка максимально відповідає виконуваним бізнес-процесам та підпорядкована цілям існування (функціонування) організації, тому і структура організації повинна відповідати її цілям. Бізнес-процеси, що існують в організації, первинні щодо структури цієї організації [10.24].

Зміна підходу до управління підприємством визначена новим типом ділового мислення, для якого характерні відмітні особливості [10.33].

По-перше, бізнес-процеси телеологічні (від греч. «teleos» – мета, місія), цілеспрямовані та орієнтовані на результат роботи, а не на роботу як самоціль.

По-друге, процеси орієнтовані на клієнта. Концепція бізнес-процесів вимагає, щоб компанія розглядала свою роботу з позиції клієнта та його задоволення.

По-третє, бізнес-процеси цілісні, що пов'язано зі здатністю звести окремі дії в одне ціле для досягнення оптимального результату.

У рамках процесного підходу, по-перше, підприємство розглядається як бізнес-система, що являє собою пов'язані бізнес-процеси; по-друге, система управління підприємством орієнтована на управління як кожним бізнес-процесом окремо, так і всіма бізнес-процесами; по-третє, система якості підприємства орієнтована на забезпечення якості виконання бізнес-процесів.

З метою висвітлення характеристик процесно-орієнтованого підходу та виокремлення бізнес-процесу від інших процесів, що відбуваються в компанії, визначимо поняття «бізнес-процес».

Уперше Н. Вінером та М. Портером показано у вигляді схеми процес, в якому є вхід і вихід, та було уведено поняття «процесна орієнтація». Головний принцип діяльності організації згідно з їх вченням був пов'язаний з орієнтацією на процеси, які вступали у взаємодію між ланками ланцюга, в якому створюється цінність.

Б. Андерсен визначає бізнес-процес як ланцюг логічно пов'язаних, повторюваних дій, у результаті яких використовуються ресурси підприємства для переробки об'єкта (фізично або віртуально) з метою досягнення певних вимірних результатів або продукції для задоволення внутрішніх або зовнішніх споживачів [10.22].

Надалі підхід орієнтації на бізнес-процеси був оцінений М. Хаммером та Дж. Чампі як особливо важливий крок для досягнення успіхів у діяльності організації. Бізнес-процес, на їх думку, – це сукупність різних видів діяльності, у рамках якої на «вході» використовуються один або більше видів ресурсів, і в результаті цієї діяльності на «виході» створюється продукт, що є цінністю для споживача [10.34].

У дослідженні поняття «бізнес-процес» деякі автори (Дж. Харрінгтон, К. Еселінг, Х. Німвеген) узагальнюють і розглядають його як будь-який вид діяльності в роботі організації, набір заходів, що споживає ресурси постачальника та створює цінність і видає результат споживачу [10.23].

У свою чергу, М. Ротер і Дж. Шук виокремлюють бізнес-процес через поняття «потік створення цінності». Потік створення цінності – це всі потрібні дії, котрі як додають, так і не додають цінність [10.31].

З метою розмежування поняття бізнес-процесу і процесу діяльності організації наведемо відмітні ознаки поняття «бізнес-процес» та його визначення [10.32]:

- бізнес-процес – це операція, введена в систему операцій, метою якої є виробництво й поставка послуг (товарів) з використанням власних ресурсів і залучених ззовні;
- усі процеси організації беруть участь в обміні послугами (товарами) незалежно від ступеня обліку такого обміну в самій організації;
- формування доданої і (або) споживчої вартості чи «нарощування вартості» не можуть використовуватися як відмітні ознаки бізнес-процесу.

У свою чергу, Т. Кулопулос виокремлює рухливу чи тимчасову сутність бізнес-процесу: це одна або більше пов'язаних між собою процедур або операцій (функцій), які спільно реалізують якість бізнес-завдання або політичну мету підприємства, як правило, у рамках організаційної структури, що описує функціональні ролі та відносини [10.26].

Однак з усім властивим бізнес-процесу економічним змістом та ознаками, якщо результатом процесу є фактичний прибуток, покращення ефективності управління, рішення бізнес-завдання або досягнення мети стратегії підприємства, такий процес слід віднести до бізнес-процесу.

У роботі [10.28] автор виокремлює бізнес-процес для опису внутрішньої діяльності компанії (процеси управління, а також процеси інфраструктурного характеру) та зовнішні процеси, які відбивають інтереси акціонерів і клієнтів компанії.

Синтезуючи різні підходи до визначення бізнес-процесу, вважаємо за доцільне розглядати його як цілеспрямовану і послідовну сукупність взаємозалежних видів діяльності, що за визначеною технологією та необхідним забезпеченням перетворюють вхідні ресурси на кінцевий продукт/послугу та є цінністю для споживача.

Слід також зазначити, що бізнес-процес характеризується існуючою структурою бізнес-системи:

1. Власник процесу – посадова особа, котра має у своєму розпорядженні ресурси процесу з певними правами, зонами відповідальності та повноваженнями і взаємодіє з процесом шляхом обміну чи повідомленням виконання операції.

2. Технологія процесу – порядок виконання діяльності щодо перетворення входів і виходів.

3. Система показників процесу – показники продукту, показники ефективності процесу, показники задоволеності споживачів.

4. Управління процесом – діяльність власника процесу за аналізом даних про процес і прийняття управлінських рішень.

5. Ресурси процесу – інформаційні та матеріальні засоби, які власник розподіляє в ході планування робіт з процесу і враховує при розрахунку ефективності процесу як співвідношення витрачених ресурсів та отриманого результату процесу.

Перехід до процесного опису бізнесу супроводжувався деякими перетвореннями в логіці управління. Значення процесно-орієнтованого підходу щодо етапів його розвитку та методологій опису бізнес-процесів показано в *табл. 10.2*.

На думку авторів, дослідження значення процесного підходу щодо етапів змін в управлінні бізнес-процесами доцільно проводити виходячи з тих позицій, що репродуктивні методи управління криються не усередині компанії, а на її межі із зовнішнім середовищем (взаємодія з клієнтами, постачальниками тощо). Підтвердженням цього є тенденції формування системи управління бізнес-процесами, спрямованої саме на інтеграцію міжкорпоративних бізнес-процесів.

Таблиця 10.2

Еволюція підходів до управління бізнес-процесами

Етап	Характеристика розвитку процесно-орієнтованого підходу	Методологія опису бізнес-процесів
Початковий	Сформовано основні концепції в управлінні внутрішньофункціональними процесами на підприємстві	Поява алгоритмічних мов опису та методологій структурного аналізу й проектування (SADT)
Реінжиніринг бізнес-процесів	Перехід на розгляд міжфункціональних процесів та представлення організації у вигляді взаємозалежних процесів	Методологія ведення проекту (методології Хаммера і Чампі, SAP R/3, BAAN, Rational Rose, методології ISO 9000:2000)
Управління бізнес-процесами (BPM)	Впровадження процесного підходу як засобу підвищення ефективності діяльності компаній	Методологія моделювання й аналізу бізнес-процесів (IDEF, DFD, ARIS)
Інтеграція міжкорпоративних бізнес-процесів	Процеси підприємства інтегруються із процесами клієнтів, постачальників/партнерів тощо	Методологія моделювання бізнес-процесів у проекті (моделі організаційних, функціональних відносин, комбінування потоків процесів)

Корпоративні (внутрішньокорпоративні та міжкорпоративні) межі бізнес-процесів та інформаційних системи є порівняно штучними, тому бізнес-процеси можуть виходити за них.

Однак обмежуючі умови переходу до інтеграції міжкорпоративних бізнес-процесів компаній пов'язані із взаємною координацією використовуваних даних, що пов'язано як з об'єктивними (технологічні обмеження обміну інформацією), так і з суб'єктивними (небажання розкривати корпоративну інформацію) чинниками.

Основні принципи міжкорпоративного співробітництва в процесно-орієнтованому підході такі:

1. *Принцип колаборативності.* Усі учасники колаборативного союзу підкоряються одній меті – задоволення запитів кінцевого клієнта. У трансформаційному періоді особливість учасників колаборативного союзу пов'язана з тим, що підприємство, яке раніше було клієнтом, тепер може бути партнером у досягненні мети обслуговування кінцевого споживача.

2. *Принцип сумісності.* Механізм співробітництва потрібно організувати як цілісний бізнес-процес. Кожен учасник повинен здійснювати свою діяльність у рамках загального бізнес-процесу.

3. *Принцип єдності даних.* Колаборативні відношення вимагають використання єдиної бази даних, що дозволить використовувати активи більш ефективно.

Концепція інтегрованого управління бізнес-процесом припускає об'єднання споживачів і постачальників у єдиний процес в рамках адаптаційної системи управління, функції якої взаємозалежні та взаємодіючі.

Для комплексного уявлення виділимо й розглянемо основні підходи до визначення меж бізнес-процесів.

1. *За видом діяльності (модель Oracle Business Model):* орієнтований на опис послідовності дій працівників для досягнення результату в рамках свого функціонального підрозділу. Застосовується при роботі над різними проектами автоматизації. При цьому організуються операції на підприємстві, найчастіше навіть без побудови моделей верхнього рівня, і наслідком є функціональна ієрархія. Моделі цього типу відрізняються суттєвим недоліком – підприємство описується в термінах функціональної діяльності. Тому при декомпозиції моделі бізнес-процеси й операції описуються як діяльність, розподілена за різними функціональними підрозділами і фахівцями (рис. 10.6).



Рис. 10.6. Групування бізнес-процесів за видами діяльності

2. *За результатами діяльності.* Якщо при впровадженні процесно-орієнтованого підходу до управління власнику процесу адміністративно підпорядковуються всі учасники процесу, такі моделі дозволяють розробляти й впроваджувати «плоскі» структури. Такі структури, у разі їх впровадження, дозволяють істотно скорочувати чисельність персоналу, насправді оптимізувати діяльність підприємства, надавати «прозорість» та підвищити ефективність управління. Проте при застосуванні цього підходу поняття «результат» саме по собі не є однозначним, тому цей підхід припускає безліч варіацій угруповань бізнес-процесів.

Згідно з моделлю угруповань стандарту ISO 9001:2000 усі процеси поділяються на такі категорії:

- основні бізнес-процеси, які безпосередньо пов'язані зі споживачем, підтримують розробку й передачу продукту споживачеві та забезпечують правильні експлуатацію й використання продукту;
- допоміжні бізнес-процеси, результати яких можуть бути використані в будь-яких інших процесах (види менеджменту й обслуговування бізнес-процесів) на різних етапах життєвого циклу продукту.

Іншою моделлю угруповання бізнес-процесів є модель, зображена А.В. Шее-ром [10.37, с. 17–24]. Він виділяє дві ключові категорії основних процесів, навколо яких групуються інформаційні та координаційні процеси – логістика (матеріально-технічне забезпечення) замовлень і розробка нової продукції. Основні процеси впливають на конкурентоспроможність підприємства, вони є крос-функціональними й взаємодіють як з клієнтами, так і з постачальниками. Саме це дозволяє досягти ринкової ефективності та конкурентоспроможності при створенні стратегічно важливих (основних) бізнес-процесів. Ефективність діяльності досягається за рахунок граничної гнучкості потенційних факторів, наприклад за рахунок здатності легко перерозподіляти функції та вводити їх в інші бізнес-процеси при нестачі корпоративних ресурсів.

3. *За доданю вартістю для клієнта.* Цей підхід ґрунтується на описаному М. Портером ланцюзі створення цінності (рис. 10.7). У ланцюгу виділяються основні бізнес-процеси, що забезпечують операційний цикл виробництва, що виконуються послідовно та підтримують бізнес-процеси, які забезпечують функціонування бізнес-системи та супроводжують створення продукту протягом усього життєвого циклу [10.29].



Рис. 10.7. Групування бізнес-процесів за доданю вартістю

Згідно із зазначеною моделлю споживачі добувають не продукт як такий, а його цінність особисто для себе, і тому для визначення підприємством своїх конкурентних переваг необхідно розглянути всю послідовність процесу створення саме цієї цінності. Ланцюг створення цінності являє собою інфраструктуру, що показує значимість бізнес-процесів. Первинними є бізнес-процеси, призначені безпосередньо для створення результатів діяльності підприємства – цінності для клієнта. Вторинні процеси відіграють допоміжну роль, забезпечуючи необхідну інфраструктуру та засоби управління при виконанні первинних бізнес-процесів.

У процесі створення компанією доданої вартості важливим є поняття «інтеграції». Компанія може працювати в будь-якій ланці ланцюга формування вартості. Компанія, що працює на ділянках ланцюга формування вартості, віддалених від її початку, є прямо інтегрованою, і навпаки, якщо підприємство працює на ділянках, які перебувають ближче до вихідних матеріалів, – зворотно інтегрованою. Вертикально інтегрованими вважаються організації, що беруть участь у створенні доданої вартості на декількох етапах (рівнях). Розширення спектра діяльності, що не виходить за межі існуючих рівнів формування доданої вартості, називається горизонтальною інтеграцією [10.27].

Аналіз існуючих підходів до угруповання бізнес-процесів підприємств показав, що не існує стандартного списку процесів, кожне підприємство повинне розробити власний перелік основних бізнес-процесів, тому що продукт, як цінність для клієнта, для кожного підприємства унікальний.

Розмаїття потреб та економічні інтереси всіх зацікавлених сторін (підприємство, споживачі, замовники) вимагають від оператора телекомунікацій такої організації системи управління бізнес-процесами, яка задовольняє вимогам адаптивності та стійкості, дальшої декомпозиції бізнес-процесів у рамках автономних утворень і, як наслідок, побудови на цій основі ефективної організаційної структури системи управління підприємством.

Основною умовою переходу до процесно-орієнтованого підходу управління є високий рівень засобів інформаційного забезпечення діяльності підприємства.

Відмітною особливістю функціонального підходу до управління є низький рівень застосування засобів підтримки інформаційної діяльності. Використання засобів підтримки інформаційної діяльності надає можливість охопити всю систему, розглядаючи складові її бізнес-процесів як єдине ціле, та висунути оперативний контур управління на передній план.

Аналіз процесно-орієнтованого підходу дозволяє виділити основні складові бізнес-процесу в загальному вигляді: технологія, персонал, обладнання, матеріали, інформаційне забезпечення, виробниче середовище. При цьому в ході управління бізнес-процесами залучаються матеріальні, людські, фінансові й інформаційні ресурси, які повинні розглядатись у взаємодії (рис. 10.8).

Інформаційне забезпечення є вагомим і необхідним складовим для проведення бізнес-процесу від «входу» до його «виходу». Крім того, інформаційне забезпечення (програмне забезпечення чи інструментальні засоби) бізнес-процесу містить у собі «сукупність видів діяльності»: збирання інформації на всіх етапах реалізації бізнес-процесу за ключовими показниками його ефективності,

забезпечення оперативною інформацією всіх бізнес-процесів (з технологічної точки зору), а також управління цим процесом на основі цієї інформації [10.30].

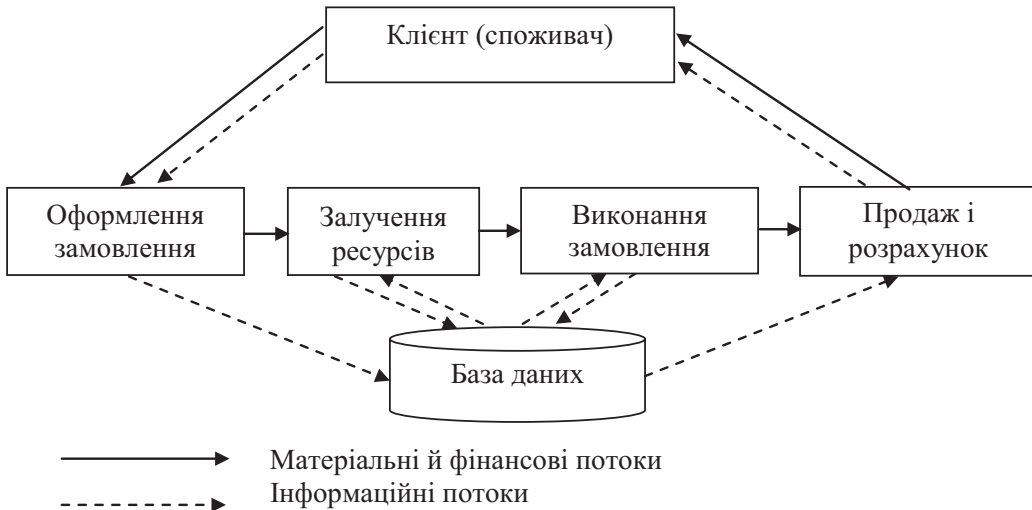


Рис. 10.8. Схема інформаційного забезпечення бізнес-процесу надання послуги

Відмінності використання інформації при процесному підході полягають в розподілі її за бізнес-процесами, що прискорює передавання інформації та поліпшує якість вхідних і вихідних інформаційних потоків. Крім того, регламентовані процедури руху інформації визначають послідовність етапів реалізації бізнес-процесів і способи передавання інформації в процесі управління.

Тому без відповідного інформаційного забезпечення неможливий перехід на споживчо-орієнтовану організацію підприємства та його бізнес-процесну організацію.

Складовими організації інформаційного забезпечення системи управління бізнес-процесами є:

- ⇒ формування системи інформаційного забезпечення;
- ⇒ розробка конфігурації інформаційної системи;
- ⇒ упорядкування інформаційної системи й інформаційних технологій;
- ⇒ провадження системи інформаційного забезпечення управління бізнес-процесами підприємства.

За визначенням бізнес-процесу, в його межах відбувається перетворення входів у виходи за участю його власника.

Вхід бізнес-процесу характеризується об'єктами, постачальниками цих об'єктів та категоріями.

Виходи процесу можуть бути матеріальними – у вигляді продукту й нематеріальними – у вигляді інформації, рішення або послуги. У кожному разі будь-який з виходів являє для споживача певну цінність і відповідно має ціну (табл. 10.3).

Внутрішні взаємозв'язки між входами (виходами) бізнес-процесу

Тип входу/виходу	Входи (виходи), пов'язані із продукцією	Входи (виходи), пов'язані з інформацією
Матеріальні	Сировина, кінцева (промїжна) продукція, зразок продукції	Внутрішня специфікація взаємодії підрозділів та контролю продукції
Нематеріальні	Зворотний зв'язок про робочі характеристики продукції й потреби	Вимоги до послуги, характеристики послуги і стан інформації

Безперечно, найбільш зацікавленою особою в результатах процесу є споживач. Він визначає специфікацію (вимоги) на вихід (продукт/послуги), що бажає одержати, цінність продукту і, відповідно, впливає на ціноутворення. Споживач цього виходу (продукту/послуги) має пріоритет на встановлення специфікації на вихід. На підприємствах галузі зв'язку споживачі встановлюють вимоги до змісту (якості), обсягу та контролю відповідності специфікації всім установленим нормам та стандартам щодо послуг зв'язку.

Зі змінами вимог споживачів, упровадженням нових технологій, ускладненням техніки пов'язано використання й удосконалення моделей бізнес-процесів, які дозволяють підтримувати продукти і послуги відповідно до нових вимог.

Аналіз методів опису в рамках дослідження моделей управління бізнес-процесами заснований на застосуванні таких способів: текстового, табличного, графічного. Розглянемо комбінації різних способів опису бізнес-процесів залежно від функцій та характеристик застосувань для більшості підприємств у сфері телекомунікацій у світі (табл. 10.4).

Типологія моделей бізнес-процесів

Таблиця 10.4

Типи моделей бізнес-процесів	Корпоративні функції	Особливості використання
1. Модель потоку документів 2. Блок-схема (Block-Diagram)	Управління компанією	Опис будь-якої системи бізнес-процесів або окремого бізнес-процесу
1. Модель потоку інформації (DFD) 2. Модель матеріальних потоків (DFD) 3. Функціональне моделювання (IDEFO)	Управління відносинами зі споживачами	Схема руху матеріального, фінансового або інформаційного потоку в бізнес-процесі
1. Діаграма послідовності (Flow Chart) 2. Мережний графік (Activity Network Diagram) 3. Діаграма потоків робіт (Workflow)	Підтримка бізнесу	Опис бізнес-процесу з установленим алгоритмом та послідовністю дій, які є вирішальним фактором досягнення результату
1. Процесно-функціональна діаграма (Process/function Diagram) 2. Карта бізнес-процесу (Process Map)	Забезпечення надання послуг	Послідовність дій процесу розкладається за функціями (підрозділів) організації
1. Об'єктно-орієнтований опис (UML) 2. Модель даних системи бюджетування	Управління доходами	Опис процесу з непередбаченою послідовністю дій, але з однозначно певним їх набором

Аналіз бізнес-моделювання процесно-орієнтованого підходу для телекомунікаційних компаній показав, що кількість моделей, пов'язаних з корпоративними функціями, є достатньо великою. Внаслідок цього використання моделей супроводжується фрагментарністю та невідповідністю принципів і правил, пов'язаних з пріоритетністю моделей на різних рівнях ієрархії управління.

У зв'язку з цим особливої актуальності набувають питання більш глибокого дослідження процесно-орієнтованого підходу та аналізу сучасних моделей і методологій моделювання бізнес-процесів, які б цілком відповідали міжнародним

стандартам у сфері управління вітчизняних операторів телекомунікацій. Основними концептуальними моделями бізнес-процесів операторів телекомунікацій та сфери інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) є моделі, які розроблені такими організаціями: ISO, ITU, Telemanagement Forum (TMF) тощо.

Існуючий підхід вітчизняних компаній в сфері управління телекомунікаціями базується на моделі екстенсивного розвитку, який поступово деградує і внаслідок, з одного боку, міжнародних вимог до ведення бізнесу, а з іншого – внутрішніх потреб корпоративного управління формується високорівневий підхід до управління, який відображає широкий діапазон подання моделі бізнес-процесів та напрями розвитку і побудови бізнесу операторів.

Процеси розширення та зміни бізнес-процесів телекомунікаційної компанії пов'язані з інтенсивним розвитком мереж і чималим збільшенням обсягу послуг зв'язку (традиційних і нових). Тенденції розвитку ринку телекомунікацій свідчать про те, що практично всі оператори потребують комплексної підтримки виробничих бізнес-процесів.

Сучасна концептуальна модель бізнес-процесів операторів телекомунікацій повинна описувати всі бізнес-процеси підприємства й аналізувати їх до необхідного рівня деталізації.

Моделлю, яка цілком враховує специфіку сфери телекомунікації й використовується як стандарт Міжнародного союзу електрозв'язку (МСЕ-Т М. 3400 та М. 3050) для опису бізнес-процесів, є запропонована функціональна модель eTOM [10.38] (рис. 10.9).



Рис. 10.9. Структура бізнес-процесів телекомунікаційної компанії в концептуальній моделі eTOM

Традиційно ланцюг створення цінності консолідувався в рамках одного підприємства зв'язку (монополіста), а в разі потреби укладалася угода взаємодії (взаєморозрахунків) з іншими підприємствами.

Проте за умов лібералізації ринку вітчизняний оператор телекомунікацій змушений відповідати на зростаючі вимоги з боку клієнтів і посилення конкуренції, а глобалізація, у свою чергу, збільшує охоплення ринку із розширенням своїх ділових відносин.

Залежність конкурентоспроможності від ефективного управління інформацією та мережами зв'язку, управління бізнес-процесами з погляду задоволення споживачів послугами пов'язана з індивідуальною бізнес-стратегією. Передумовами побудови загального процесного підходу до ведення конкурентної боротьби в галузі стала модель eTOM, що відбиває специфіку бізнес-процесів підприємства. Вона надає можливість описати елементи бізнес-процесів, які використовуються в управлінні інформаційно-комунікаційними послугами й технологіями.

Операторам телекомунікацій необхідна загальна структура бізнес-процесів, наявність зв'язків між ними, що дозволяє розробляти та використовувати програмне забезпечення третіх фірм без необхідності його складного налаштування під певного клієнта. За цих вимог eTOM як еталонна структура або модель для категоризації всіх елементів процесів і дій щодо їх комбінування різними способами при здійсненні наскрізних бізнес-процесів операторами електрозв'язку є частиною стратегічної моделі та бізнес-плану оператора телекомунікацій.

Необхідність галузевої моделі підтверджується можливістю раціонального ведення бізнесу, покращення взаємодія компанії з клієнтом чи з постачальником/партнером, що є дуже важливим для швидкого забезпечення послуг і вирішення проблем за умов глобальної конкуренції.

Концептуальна структура бізнес-процесів eTOM найвищого рівня визначається розподілом і виділенням стратегічних процесів і процесів життєвого циклу від операційних процесів у площині управління підприємством, чим досягається цілісність погляду на процеси підприємства та забезпечується відсутність їх стратегічного розриву.

Сьогодні важливим є розуміння природи бізнесу через механізми генезису його бізнес-процесів, тобто через ті процеси, які ініціюються у зв'язку із взаємодією з кожною із зацікавлених сторін. У моделі eTOM визначено об'єкти, які взаємодіють із підприємством (клієнт, постачальник/партнер, акціонери, персонал та інші зацікавлені сторони), та ціль, яка полягає в структуруванні елементів процесів і дій для їх комбінування різними способами при реалізації бізнес-процесів, які ініціюються у зв'язку із взаємодією із зазначеними об'єктами й являють цінність для клієнтів та операторів телекомунікацій. Така послідовність дій і являє собою процес, що допускає опис із різним ступенем структурування.

Структурування процесів підприємства за моделлю eTOM починається з поділу їх на три головні блоки процесів:

⇒ стратегія, інфраструктура та продукт – охоплюють планування й управління життєвим циклом інфраструктури і продукції (процеси розвитку й управління);

⇒ операційна діяльність – охоплює основну частину управління операційною діяльністю;

⇒ управління компанією – охоплює управління стратегічними процесами корпорації.

Концептуальна структура ідентифікує ключову функціональну структуру, яка складається із семи наскрізних (вертикальних) потокових процесів, що відповіда-

ють за роботу компанії, і 15 горизонтальних функціональних угруповань, які забезпечують виконання вертикальних процесів.

Операційні процеси – це традиційний базис чи ядро оператора телекомунікацій та структури eTOM. Вони містять у собі всі бізнес-процеси, які мають цінність для клієнта та забезпечують управління мережі й її експлуатацію. До їх складу входять процеси підтримки і готовності робочої діяльності, а також містить у собі управління продажем і відносинами з постачальниками/партнерами.

Проте процеси підтримки експлуатації та готовності систем зв'язку в пропонованій схемі функціонально відділені від процесів «Забезпечення» (Забезпечення послуги), «Виконання» (Надання послуг) та «Білінг» (Розрахунок за послугу), тому що вони відбуваються в реальному масштабі часу, а процеси експлуатації (наприклад, ремонт устаткування та заміна блоків, що вийшли з ладу) проводяться за істотно більший час.

Крім того, процеси «Забезпечення», «Виконання» і «Білінгу» мають прямі інтерфейси з користувачами послуг зв'язку та перебувають у центрі виробничої діяльності компанії.

Бізнес-процеси «Стратегія, інфраструктура і продукт» містять у собі: процеси розробки стратегій і належність до них у рамках підприємства; процеси планування, розробки й управління наданням і поліпшенням інфраструктури та продуктів; процеси розвитку й управління ланцюгом поставок. У структурі eTOM інфраструктура розглядається як щось більше, ніж просто інфраструктура ресурсу (ІТ і мережа), що безпосередньо підтримує продукти та послуги. Вона також містить у собі операційну й організаційну інфраструктуру, необхідну для підтримки процесів управління маркетингом, продажем, поставками, наприклад «Управління відносинами із клієнтом» (CRM). Ці процеси спрямовують і забезпечують сукупність «Операційні процеси».

Група процесів «Управління підприємством» містить у собі основні бізнес-процеси, необхідні для управління будь-яким бізнесом. Ці процеси зосереджені на постановці й на досягненні стратегічних корпоративних цілей і завдань, а також на підтримці функціонування всього підприємства. Дані процеси іноді розглядаються як корпоративні функції або процеси. Наприклад, оскільки процеси «Управління підприємством» спрямовані на загальну підтримку, то за необхідності вони можуть взаємодіяти практично з будь-яким іншим процесом на підприємстві, будь то операційні або стратегічні процеси, процеси інфраструктури або продукт.

Концептуальне подання структури бізнес-процесів eTOM оперує як основними об'єднаннями процесів, які описані вище, так і підтримувальними функціональними структурами процесів, зображеними у вигляді горизонтальних блоків. Функціональні блоки відбивають основну експертизу й їх фокусування, необхідні для ведення бізнесу. Основні функціональні блоки процесів описані нижче.

Процеси блоку «Ринок, Продукт, Клієнт» містять у собі процеси, пов'язані з управлінням продажами, каналами збуту, маркетингом, продуктом і пропозицією, а також з операційними процесами: управління інтерфейсом із клієнтом, замовленнями, обробкою проблем, управління білінгом.

Процеси блоку «Послуга» містять у собі процеси, пов'язані з розробкою та наданням послуги, забезпеченням працездатності послуги, конфігурацією, управлінням проблемами, аналізом рівня якості та тарифікації.

Бізнес-процеси блоку «Ресурс» містять у собі як розробку і надання інфраструктури ресурсів (мережних й ІТ), так і оперативне управління інфраструктурою в термінах забезпечення, проблем й ефективності.

Процеси блоку «Постачальник/Партнер» входять до управління і розвитку ланцюга поставок, що «підтримує» інфраструктуру та продукти, так само, як і оперативна взаємодія з постачальниками й партнерами.

Структура eTOM узагальнена і не залежить від особливостей організації, технології та послуг. З метою відображення організації управління бізнес-процесами спробуємо визначити дві проекції функціональної моделі угруповання деталізованих елементів управління:

➤ горизонтальні угруповання деяких видів управлінської діяльності, як функціонально притаманні до бізнес-процесів, наприклад, управління контактами із клієнтом або управління поставками. Таке структурування у вигляді горизонтальних функціональних угруповань процесу зручне для підтримки або автоматизації процесів;

➤ вертикальні угруповання деяких видів управлінської діяльності, які мають наскрізні характеристики бізнес-процесів, таких, як процеси розрахунків з клієнтами.

Концептуальна модель підтримує 15 функціональних (горизонтальних) та сім наскрізних (вертикальних) угруповань, які відбуваються на підприємстві та які підтримують виконання вертикальних процесів.

Структура бізнес-процесів моделі eTOM спрямована на побудову і реалізацію системи управління бізнес-процесами операторів телекомунікацій. Вона розроблена як структурований список або систематична класифікація елементів процесів, які можуть бути розглянуті більш детально, тому що в будь-якій класифікації кожен елемент повинен бути унікальним і первинна ієрархія елементів процесів зображена функціональними горизонтальними угрупованнями. Вертикальні угруповання наскрізних процесів розміщуються як верхній шар на горизонтальних угрупованнях.

Концепції впровадження структури та процесів моделі пов'язані з позиції розгляду продукту та послуги:

- з позиції «продукту» – акцентований на тому, що оператор телекомунікацій пропонує своїм клієнтам. Горизонтальні функціональні процеси, які визначають потреби клієнта та відповідні їм пропозиції оператора, розміщені у функціональному (горизонтальному) угрупованні «Ринок, продукт, клієнт»;

- з позиції «послуги» – акцентований на апаратних засобах та інформації, необхідних для підтримки й надання продукту клієнту. Горизонтальні функціональні процеси, які визначають деталі та реалізують ці об'єкти, розміщені у функціональних (горизонтальних) угрупованнях «Послуга» і «Ресурс».

Важливою частиною моделі є потоки процесів у структурі бізнес-процесів. Моделювання потоків процесів з використанням структури eTOM необхідне за ієрархічною декомпозицією процесів та описом кожного елемента процесу в ієрархіях. У структурі моделі існує два типи потоків процесів. У першому типі є потоки процесів для окремих процесів, які декомпонуються до відповідного рівня, щоб охопити локальний потік процесу, пов'язаний з окремо розглянутим процесом. Другий тип потоків процесів має більшу сферу охоплення, що з'єднує найважливіші елементи декількох процесів для забезпечення потоку «наскрізного» процесу, і являє собою сферу бізнес-рішення.

Наскрізний потік процесу та кожен залучений процес ініціюються подією(ями) і закінчуються результатом(ами). Відображається послідовність кроків процесу для досягнення необхідного результату(ів), при цьому робиться прив'язка з інформацією, що зазначена як на вході, так і на виході. Інформація визначає й прив'язує «вхід/вихід» до дій процесу.

На рівні концептуальної моделі eTOM у вигляді карти бізнес-процесів допомагає провести ефективний аналіз бізнес-процесів оператора телекомунікацій. На перших стадіях аналізу процесів організація динаміки не важлива. Однак на нижніх рівнях декомпозиції для опису безпосередньої динаміки функції можуть бути використані як елементарний крок процесу з певними входами й виходами.

Виходячи з вищевикладеного, всі бізнес-процеси компанії зв'язку можна умовно поділити на процеси надання послуг електрозв'язку та процеси надання послуг, що виходять за межі профільної діяльності організацій електрозв'язку [10.36, с. 48].

Аналіз методології для телекомунікаційних операторів Enhanced Telecom Operations Map (eTOM) показав, що вона не знаходить широкого застосування і впровадження в існуючі системи управління вітчизняних державних, а під час і приватних підприємств. Основними перешкодами є відповідна специфіка галузі: не достатньо розвинена мережна інфраструктура, використання як галузевої моделі TMN (Telecommunications Management Network), неоднорідність клієнтської бази, динамізм і агресивність конкурентного середовища, високі темпи технологічних інновацій, які скорочують життєвий цикл продукції, недостатні зміни в нормативному регулюванні вітчизняної телекомунікаційної галузі тощо.

Крім того, основними перешкодами щодо впровадження державними підприємствами зв'язку процесно-орієнтованої моделі управління виявляється обмеження фінансово-економічною сферою. Вище керівництво компаній, у першу чергу, стурбовано фінансовими показниками, тому пріоритет віддається процесам, які безпосередньо пов'язані з грошовими потоками, а не з мережними операціями, спрямованими на споживачів.

Констатація факту досягнення підприємством бажаної системи управління бізнес-процесами пов'язана зі здатністю її ефективно реалізовувати ці бізнес-процеси в рамках таких видів діяльності:

- ❖ первинна діяльність з надання існуючих і нових послуг;
- ❖ вторинна діяльність, спрямована на поліпшення основної;
- ❖ діяльність, спрямована на удосконалювання діяльності попередньої групи.

Для вітчизняних підприємств електрозв'язку критичним є діяльність першої групи, але без наявності діяльності інших груп за умов конкурентного ринку неможливо забезпечити одержання прибутку в майбутньому (підвищення потенціалу підприємства).

10.4. Оцінка фінансового стану телекомунікаційних компаній за сучасних умов

Усі суб'єкти господарювання, які здійснюють свою діяльність на засадах комерційного розрахунку, за умов ринкової економіки повинні володіти методикою оцінки фінансового стану підприємства з метою оперативного управління активами і пасивами підприємства, досягнення високих кінцевих фінансових результатів, забезпечення фінансової стабільності та належного іміджу підприємства. Фінансовий стан підприємства на конкретну звітну дату характеризує ступінь його забезпеченості необхідними фінансовими ресурсами для здійснення господарської діяльності, раціональність їх розміщення та ефективність використання. Задовільний фінансовий стан підприємства впродовж тривалого часу (три-п'ять років) свідчить про фінансову стабільність суб'єкта господарювання на ринку товарів і послуг. Основ-

ними ознаками фінансової стабільності підприємства є фінансова стійкість, рентабельність, платоспроможність, кредитоспроможність, ліквідність і ділова активність. Саме ці показники є основою аналізу й оцінки фінансового стану підприємства у прийнятті необхідних управлінських рішень щодо його зміцнення.

У *табл. 10.5* надано методика розрахунку основних показників фінансового стану підприємств [10.39].

Таблиця 10.5

Методика розрахунку основних показників фінансового стану підприємств

№	Назва показника	Методика обчислення
1	Коефіцієнт фінансової незалежності	$\frac{\text{Власний капітал}}{\text{Сукупний капітал}}$
2	Коефіцієнт фінансової стійкості	$\frac{\text{Довгострокові} + \text{поточні зобов'язання}}{\text{Власний капітал}}$
3	Коефіцієнт інвестування	$\frac{\text{Власний капітал} + \text{довгострокові зобов'язання}}{\text{Необоротні активи}}$
4	Коефіцієнт маневрування	$\frac{\text{Власні оборотні кошти}}{\text{Власний капітал}}$
5	Коефіцієнт забезпеченості оборотних активів власним оборотним капіталом	$\frac{\text{Власний оборотний капітал}}{\text{Оборотні активи}}$
6	Коефіцієнт поточної ліквідності	$\frac{\text{Оборотні активи}}{\text{Поточні зобов'язання}}$
7	Коефіцієнт загальної ліквідності	$\frac{\text{Оборотні активи}}{\text{Довгострокові} + \text{поточні зобов'язання}}$
8	Фондовіддача активів	$\frac{\text{Дохід (виторг) від реалізації продукції}}{\text{Активи}}$
9	Рентабельність сукупного капіталу	$\frac{\text{Прибуток від звичайної діяльності до оподаткування}}{\text{Сукупний капітал}}$
10	Рентабельність власного капіталу	$\frac{\text{Чистий прибуток}}{\text{Власний капітал}}$

Користуючись теоретичними засадами, викладеними вище, було проведено оцінку фінансового стану «історичних» операторів телекомунікацій країн СНД за даними 2009–2011 рр., що надано у *табл. 10.6* [10.43–10.48].

Проведемо аналіз основних показників оцінки фінансового стану «історичних» операторів телекомунікацій країн СНД більш детально.

За даними 2009 р., ЗАТ «Арментел» є фінансово незалежним від кредиторів, оскільки частка власного капіталу становить 90 % сукупного капіталу, що свідчить про можливість оператора погасити борги власними коштами. Коефіцієнт фінансової стійкості становить 0,113, що вказує на те, що оператор уникає боргів, тим самим зменшуючи ризик. Коефіцієнт інвестування свідчить про достатність власного оборотного капіталу, оскільки він більший 1. Можливість маневрування та частка власного оборотного капіталу в оборотних активах низькі, тому оператору необхідно продовжити процес накопичення власних оборотних коштів. Значення коефіцієнта поточної ліквідності на рівні 1,557 свідчить про спроможність оператора за рахунок наявних оборотних активів виконувати свої грошові зобов'язання, передусім сплачувати поточні зобов'язання, а значення коефіцієнта загальної ліквідності свідчить про можливість цілком погасити борги оператора. Показник фондовіддачі на рівні 0,49 свідчить про неефективне використання капіталу, вкладеного в активи, та велику фондомісткість виробництва. Рентабельність як сукупного капіталу, так і власного низька, оскільки в 2009 р. було значне зниження прибутку, що свідчить про операційну неефективність виробництва та необхідність підвищення ділової активності оператора.

Таблиця 10.6

Основні показники оцінки фінансового стану «історичних» операторів телекомунікацій країн СНД

Показник	Армения, ЗАТ		Белтелеком, РУП		Казахтелеком, АТ		Киргизтелеком, ВАТ		Ростелеком, ВАТ		Укртелеком, ПАТ							
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010						
Нормативне значення	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010						
Коефіцієнт фінансової незалежності	0,898	н/д	н/д	0,923	0,895	н/д	0,573	0,644	0,671	0,370	0,281	0,386	0,799	0,593	0,565	0,586	0,578	0,623
Коефіцієнт фінансової стійкості	0,113	н/д	н/д	0,083	0,117	н/д	0,621	0,553	0,491	1,699	2,560	1,587	0,251	0,687	0,769	0,677	0,690	0,573
Коефіцієнт інвестування	1,054	н/д	н/д	1,036	1,036	н/д	1,089	1,127	1,508	1,006	0,877	0,897	1,464	1,144	0,847	1,093	1,065	1,017
Коефіцієнт маневрування	0,052	н/д	н/д	0,035	0,036	н/д	0,057	0,155	0,238	0,012	-0,312	-0,217	0,349	0,192	-0,245	0,157	0,130	0,052
Коефіцієнт забезпеченості оборотних активів власним капіталом	0,358	н/д	н/д	0,338	0,296	н/д	0,247	0,457	0,582	0,021	-0,306	-0,452	0,702	0,548	-1,513	0,548	0,442	0,214
Коефіцієнт поточної ліквідності	1,557	н/д	н/д	1,510	1,421	н/д	1,328	1,843	2,394	1,021	0,766	0,688	3,355	2,211	0,398	2,210	1,793	1,272
Коефіцієнт загальної ліквідності	1,293	н/д	н/д	1,249	1,046	н/д	0,369	0,611	0,833	0,357	0,398	0,302	1,984	0,511	0,211	0,424	0,427	0,427
Фондовіддача активів	0,490	н/д	н/д	0,353	0,328	н/д	0,379	0,398	0,398	0,497	0,495	0,563	0,823	0,662	0,438	0,693	0,764	0,751
Рентабельність сукупного капіталу, %	3,346	н/д	н/д	10,26	9,001	н/д	8,519	10,2	5,041	0,497	1,012	9,132	8,8	4,846	8,341	-	-	-
Рентабельність власного капіталу, %	0,353	н/д	н/д	8,967	8,108	н/д	13,31	14,11	0,177	1,006	3,071	20,76	8,58	6,386	11,77	-	-	-

РУП «Белтелеком» є фінансово незалежним, оскільки частка власного капіталу в загальній сумі заборгованостей достатньо велика, але спостерігається зниження у 2010 р. на 3 %. Коефіцієнт фінансової стійкості зріс порівняно з 2010 р. на 40 %, що свідчить про збільшення частки позикового капіталу і про наміри додатково залучити кошти для нарощування обороту та збільшення прибутку. Коефіцієнт інвестування залишається стабільним на рівні 1,036, що свідчить про достатність власного капіталу. Збільшення значення коефіцієнта маневрування на 3 % позитивно характеризує зміни у фінансовому стані оператора, оскільки свідчить про збільшення можливості вільно маневрувати власними коштами. Однак можливість маневрування невисока. Зниження частки власного оборотного капіталу на 12 % свідчить про зменшення міцності фінансового стану оператора і про недостатність забезпеченості оборотних активів власним оборотним капіталом. Зниження коефіцієнтів поточної та загальної ліквідності на 6 % і 16 % відповідно свідчить про зменшення спроможності погашати борги, що характеризується негативно, але коефіцієнти ліквідності на достатньому рівні. Зниження фондівдачі на 7 % і низький рівень свідчать про нераціональне використання капіталу і зависокий рівень фондомісткості. Коефіцієнти рентабельності на рівні 8–10 % свідчать про достатню ефективність використання капіталу, можливість його примноження, але спостерігається негативна тенденція зниження рентабельності на 12 %.

Спостерігається позитивна тенденція зміцнення фінансової незалежності АТ «Казахтелеком», яка виявляється зростанням коефіцієнта фінансової незалежності на 12 % у 2010 р. та на 4 % у 2011 р. порівняно з попереднім. Коефіцієнт фінансової стійкості перебуває в межах економічно доцільного значення, що свідчить про ефективне використання залучених коштів для збільшення обороту діяльності, але частка позикового капіталу зменшується на 10–11 % щороку. Коефіцієнт інвестування зростає на 3 % у 2010 р. та на 34 % у 2011 р. порівняно з попереднім. Це свідчить про збільшення власного капіталу в обороті та зміцнення фінансового стану оператора. Спостерігається тенденція зростання коефіцієнта маневрування на 172 % у 2010 р. і на 53 % у 2011 р. порівняно з попереднім, яка свідчить про покращення фінансового стану оператора, збільшення маневрування власними коштами. Коефіцієнт забезпеченості оборотних активів власним оборотним капіталом стрімко зростає, що свідчить про зміцнення фінансового стану оператора, збільшення робочого капіталу, підвищення платоспроможності та ліквідності боргових зобов'язань, зростання фінансової незалежності. Так, у 2010 р. показник виріс на 85 %, а у 2011 р. – на 27 % порівняно з попереднім. Коефіцієнт поточної ліквідності перебуває на достатньому рівні і зростає на 38 % у 2010 р. та на 30 % у 2011 р., що характеризується можливістю оператора вчасно погашати свої короткострокові заборгованості, але коефіцієнт загальної ліквідності перебуває нижче нормативу, що свідчить про недостатність оборотних активів для цілковитого погашення боргів оператора. Тим не менш спостерігається тенденція стрімкого зростання показника на 65 % в 2010 р. та на 36 % у 2011 р. порівняно з попереднім роком. Фондовіддача активів є заниженою і залишається такою протягом трьох років, що свідчить про те, що оператору необхідно вжити заходів щодо нарощування обсягів обороту реалізації продукції (товарів, робіт, послуг). Показники рентабельності сукупного капіталу та власного капіталу достатньо високі, що характери-

зує ефективне використання капіталу, але в 2011 р. був чималий спад показників нижче норми: на 50 % рентабельність сукупного капіталу та на 98 % власного капіталу.

Показник фінансової незалежності ВАТ «Киргизтелеком» низький, що свідчить про недостатність власного капіталу. У 2010 р. він знизився на 24 %, але в 2011 р. зріс на 37 %. Коефіцієнт фінансової стійкості перевищує норматив, що характеризує не тільки ступінь ризикованості діяльності, але й неможливість оператора погасити борги власним капіталом. Так, у 2010 р. показник виріс на 50 %, але в 2011 р. зменшився на 38 %. Коефіцієнт інвестування нижче нормативу, що характеризує недостатність власного капіталу для покриття необоротних активів. У 2010 р. показник знизився на 13 %, а в 2011 р. зріс на 3 % порівняно з попереднім роком. Коефіцієнт маневрування набагато нижче норми, що свідчить про неплатоспроможність оператора та неможливість маневрування власними оборотними коштами. Також спостерігається тенденція зниження показника. Стрімке зниження коефіцієнта забезпеченості оборотних активів власним оборотним капіталом свідчить про послаблення фінансового стану оператора та про необхідність збільшення частки власного оборотного капіталу. Негативна тенденція зміни коефіцієнтів ліквідності характеризує неспроможність оператора погашати свої борги – ні поточні, ні довгострокові. Так, спостерігається зниження цих показників на 24 %. Фондовіддача активів нижче нормативу, що свідчить про високу фондомісткість та неефективне використання капіталу, але спостерігається незначне зростання на 13 % у 2011 р. Показники рентабельності нижче норми, але в 2011 р. було стрімке зростання як рентабельності сукупного капіталу, так і рентабельності власного капіталу, за рахунок великого зростання прибутку.

ВАТ «Ростелеком» достатньо фінансово незалежний від кредиторів, оскільки частка власного капіталу становить понад 50 % сукупного капіталу. Але спостерігається негативна тенденція: на 25 % знизився показник у 2010 р. та на 5 % у 2011 р. порівняно з попереднім роком. Рівень коефіцієнта фінансової стійкості 0,5–0,7 свідчить про використання оператором позикового капіталу, що підвищує ризик, а разом з тим і прибуток. Спостерігається тенденція зниження коефіцієнта інвестування, що свідчить про зменшення власного капіталу в обороті. Так, у 2010 р. було зниження на 22 %, а в 2011 р. – на 26 %. Коефіцієнт маневрування стрімко падає, що негативно характеризує зміни у фінансовому стані оператора, оскільки свідчить про зменшення можливості вільно маневрувати власними коштами. У 2010 р. був спад на 25 %, а в 2011 р. – на 227 % порівняно з попереднім роком. Також у 2011 р. спостерігається стрімке падіння коефіцієнта забезпеченості оборотних активів власним оборотним капіталом на 376 %, що є негативним і свідчить про послаблення фінансового стану оператора. У 2009 р. коефіцієнти поточної та загальної ліквідності відповідали нормативу, але в 2011 р. спостерігається велике зниження, що свідчить про неможливість оператора вчасно погасити як короткострокові, так і довгострокові борги, оскільки величина оборотних коштів набагато менша величини заборгованостей. Так, коефіцієнт загальної ліквідності в 2010 р. знизився на 74 %, а в 2011 – на 59 %. Спостерігається негативна тенденція зниження фондовіддачі, що свідчить про неефективне використання капіталу оператора, вкладеного в активи. У 2010 р. спостерігалось зниження показника на 19 %, а

в 2011 р. – на 34 % порівняно з попереднім. Але показники рентабельності перебувають на достатньому рівні, що свідчить про позитивні зміни у діловій активності оператора.

Показник фінансової незалежності ПАТ «Укртелеком» відповідає економічно доцільному значенню та зростає на 8 % у 2011 р. порівняно з 2010 р. Це свідчить про можливість оператора погасити борги власними коштами та про достатність власного капіталу і достатню фінансову незалежність оператора. Коефіцієнт фінансової стійкості перебуває в межах нормативу та знижується на 17% у 2011 р., що свідчить про зниження ризику неповернення боргів. Коефіцієнт інвестування більше 1, що характеризує достатність власного капіталу для покриття необоротних активів, але спостерігається зниження на 2 % у 2010 р. та на 4,5 % у 2011 р. Спостерігається негативна тенденція зниження коефіцієнта маневрування, що свідчить про недостатню маневреність, тому необхідно накопичувати власні оборотні кошти. Зниження частки власного оборотного капіталу в оборотних активах на 19 % в 2010 р. та на 51 % у 2011 р. свідчить про послаблення фінансового стану, оскільки не менше 50 % оборотних активів повинні формуватися за рахунок власного капіталу. Коефіцієнт поточної ліквідності в 2009–2010 рр. відповідав економічно доцільному значенню, але в 2011 р. відбулось зниження на 29 %, що свідчить про можливість невчасно розрахуватися з зобов'язаннями. Коефіцієнт загальної ліквідності залишається стабільним, оскільки оборотні активи із зобов'язання змінилися пропорційно, але показник залишається нижче нормативного рівня. Фондовіддача активів нижче нормативного значення, але спостерігається позитивна тенденція. Рентабельності немає, оскільки оператор мав у 2011 р. збиток у розмірі 17 104 574 доларів США.

Порівнявши показники оцінки фінансового стану «історичних» операторів телекомунікацій країн СНД, можна зробити висновок, що жоден оператор не відповідає всім нормативам, але РУП «Белтелеком» та ВАТ «Ростелеком» найбільше відповідають економічно доцільному значенню показників. Майже жодному нормативу не відповідає ВАТ «Киргизтелеком».

Оскільки зазначена методика не має інтегрального показника, то використано такі методики оцінки фінансового стану оператора, як:

- система показників оцінки банкрутства В. Бівера;
- чотирифакторна прогнозна модель Р. Таффлера;
- п'ятифакторна модель діагностики банкрутства фірм Е. Альтмана.

Відомий фінансовий аналітик Вільям Бівер запропонував свою систему показників для оцінки банкрутства, яка базується на основі досліджень трендів показників для діагностики банкрутства. З метою своєчасного виявлення тенденцій формування незадовільної структури балансу в суб'єкта підприємницької діяльності, який прибутково працює, вжиття випереджувальних заходів, спрямованих на запобігання банкрутству, проводиться систематичний аналіз фінансового стану підприємства на основі показників Бівера, з приведенням значень усіх показників зазначеної закордонної моделі до вітчизняного їх трактування. У *табл. 10.7* наведено методику розрахунку системи показників В. Бівера [10.40].

Таблиця 10.7

Система показників для оцінки банкрутства В. Бівера

Показники	Розрахунок показника	Нормативне значення показника		
		для підприємств з нормальним фінансовим станом	для підприємств, які можуть збанкрутувати за п'ять років	для підприємств, які через два роки будуть банкрутами
Коефіцієнт Бівера	Різниця чистого прибутку та суми амортизації поділена на суму довгострокової та короткострокової заборгованості	0,4–0,17	0–0,17	<0
Рентабельність активів	Відношення чистого прибутку до суми активів помножити на 100	6–8	0–6	<0
Фінансовий леверідж	Відношення суми довгострокової та короткострокової заборгованості до валюти балансу	<37 %	40–50 %	<80 %
Коефіцієнт покриття	Відношення суми оборотних активів до суми короткострокової заборгованості	>3,2	2–3,2	<2

У табл. 10.8 дано оцінку діагностики банкрутства «історичних» операторів телекомунікацій країн СНД за 2009–2011 рр. за В. Бівером.

Таблиця 10.8

Діагностика банкрутства «історичних» операторів телекомунікацій країн СНД за В. Бівером

Показник	Арментел, ЗАТ			Белтелеком, РУП			Казахтелеком, АТ			Киргизтелеком, ВАТ			Ростелеком, ВАТ			Укртелеком, ПАТ		
	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011
Кб	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	-0,12	-0,09	н/д	н/д	н/д	н/д	-0,39	-0,44	-0,36
Ра	0,32	н/д	н/д	8,28	7,26	н/д	6,25	8,86	11,9	0,37	0,86	8,02	6,86	3,79	6,65	-	-	-
Фл	10,2	н/д	н/д	7,7	10,5	н/д	35,5	35,6	32,9	62,9	71,9	61,3	20,1	40,7	43,5	39,9	35,7	38,1
Кп	1,56	н/д	н/д	1,51	1,42	н/д	1,33	1,84	2,39	1,02	0,77	0,69	3,36	2,21	0,40	1,79	1,27	1,49

За даними табл. 10.8 можна зробити висновок, що РУП «Белтелеком», АТ «Казахтелеком» та ВАТ «Ростелеком» – оператори з нормальним фінансовим станом, оскільки їх показники відповідають нормативному значенню. ЗАТ «Арментел» може збанкрутувати за 5 років. ВАТ «Киргизтелеком» та ПАТ «Укртелеком» перебувають за 2 роки до банкрутства.

Альтернативною методикою західних дослідників є модель Таффлера. Британський учений Р. Таффлер запропонував 1977 року чотирифакторну прогнозну модель, використавши такий підхід:

$$Z = 0,53X_1 + 0,13X_2 + 0,18X_3 + 0,16X_4, \quad (10.1)$$

$$\text{де } X_1 - \frac{\text{операційний прибуток}}{\text{короткострокові зобов'язання}}; \quad (10.2)$$

$$X_2 - \frac{\text{оборотні активи}}{\text{сума зобов'язань}}; \quad (10.3)$$

$$X_3 - \frac{\text{короткострокові зобов'язання}}{\text{сума активів}}; \quad (10.4)$$

$$X_4 - \frac{\text{виручка}}{\text{сума активів}}. \quad (10.5)$$

Якщо величина Z -рахунку понад 0,3, то це свідчить, що організація має непогані довгострокові перспективи, а якщо менше ніж 0,2, то банкрутство більш ніж імовірне [10.41].

У табл. 10.9 дано оцінку діагностики банкрутства «історичних» операторів телекомунікацій країн СНД за Р. Таффлером. Для наочності значення інтегрального показника зображено на рис. 10.10.

Таблиця 10.9

Оцінка діагностики банкрутства «історичних» операторів телекомунікацій країн СНД за Р. Таффлером

Показник	Арментел, ЗАТ			Белтелеком, РУП			Казахтелеком, АТ			Киргизтелеком, ВАТ			Ростелеком, ВАТ			Укртелеком, ПАТ		
	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011
X_1	1,228	н/д	н/д	0,476	0,351	н/д	0,879	0,393	0,536	0,296	0,124	0,193	0,852	0,694	0,342	-0,032	-0,054	0,251
X_2	1,293	н/д	н/д	1,249	1,046	н/д	0,369	0,611	0,833	0,357	0,398	0,302	1,984	0,511	0,211	0,426	0,428	0,459
X_3	0,084	н/д	н/д	0,064	0,077	н/д	0,099	0,118	0,115	0,220	0,374	0,269	0,119	0,094	0,230	0,095	0,119	0,118
X_4	0,490	н/д	н/д	0,353	0,328	н/д	0,379	0,398	0,398	0,497	0,495	0,563	0,823	0,662	0,438	0,623	0,764	0,752
Z	0,912	н/д	н/д	0,483	0,388	н/д	0,592	0,373	0,477	0,322	0,264	0,280	0,862	0,557	0,320	0,155	0,171	0,334

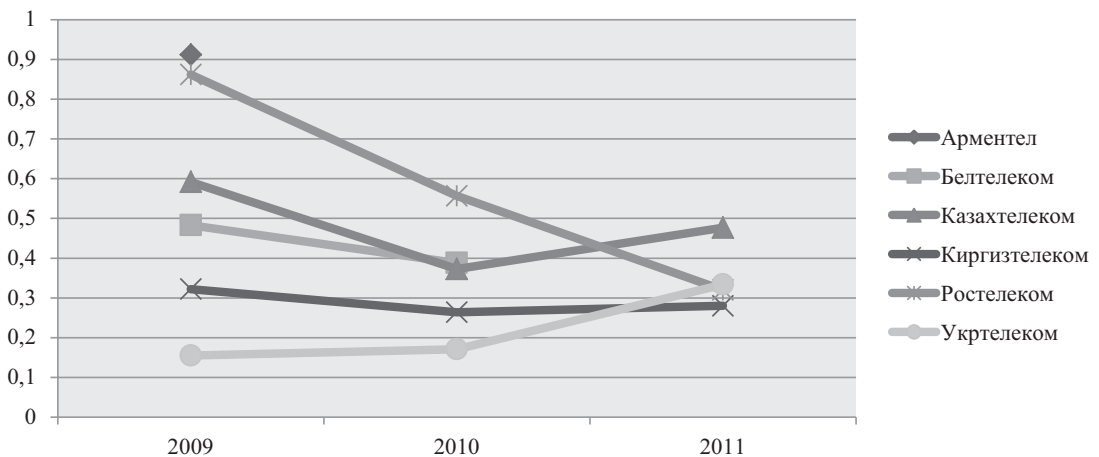


Рис. 10.10. Аналіз інтегральних показників діагностики банкрутства за Р. Таффлером

За даними табл. 10.9 і рис. 10.10 можна зробити висновок, що найбільш вірогідно банкрутство загрожує ПАТ «Укртелеком», оскільки його інтегральні показники нижче 0,2, але в 2011 р. показник зріс на 95 %, що свідчить про непогані довгострокові перспективи. Показники ВАТ «Киргизтелеком» не на критичному рівні, але дуже низькі, тому є велика вірогідність банкрутства. Показники ЗАТ «Арментел», РУП «Белтелеком», АТ «Казахтелеком» та ВАТ «Ростелеком» більші, ніж 0,3, тому можна сказати, що оператори мають позитивні перспективи довгострокової діяльності.

Для аналізу фінансового стану «історичних» операторів телекомунікацій країн СНД також можна застосувати п'ятифакторну модель Е. Альтмана, що використовується як критерій при діагностиці банкрутства фірм. Розроблена ще у 1968 році, вона й досі має широке застосування. За математичним змістом модель Е. Альтмана – це функція від групи показників, які характеризують економічний потенціал підприємства та результати його роботи. Модель Е. Альтмана, описана в науковій літературі, має такий вигляд:

$$Z = 1,2K + 1,4K + 3,3K + 0,6K + 0,999K, \quad (10.6)$$

де Z – інтегральний показник рівня загрози банкрутства (« Z – рахунок Альтмана»).

Коефіцієнти за Альтманом відповідно характеризують:

K_1 – характеризує структуру капіталу (відношення робочого капіталу як різниці між оборотними активами та короткостроковими зобов'язаннями до загальної вартості активів суб'єкта господарювання) та визначаються за формулою:

$$K_1 = \frac{\text{Поточні активи} - \text{Короткострокові зобов'язання}}{\text{Підсумок балансу}}; \quad (10.7)$$

K_2 – відображає рівень чистої прибутковості виробництва (діяльності) та визначається за формулою:

$$K_2 = \frac{\text{Нерозподілений прибуток}}{\text{Підсумок балансу}}; \quad (10.8)$$

K_3 – характеризує прибутковість основного та оборотного капіталу та визначається за формулою:

$$K_3 = \frac{\text{Балансовий прибуток}}{\text{Середньостатистична вартість пасивів}}; \quad (10.9)$$

K_4 – визначає структуру капіталу підприємства та визначається за формулою:

$$K_4 = \frac{\text{Ринкова вартість власного капіталу}}{\text{Залучний капітал}}; \quad (10.10)$$

K_5 – відображає оборотність активів (кількість оборотів) та визначається за формулою:

$$K_5 = \frac{\text{Виручка від реалізації}}{\text{Середньостатистична вартість активів}}. \quad (10.11)$$

При значенні показника Z – рахунку Альтмана до 1,8 вірогідність банкрутства дуже висока, якщо показник коливається в межах від 1,81 до 2,7 – вірогідність банкрутства висока, від 2,71 до 2,99 – банкрутство можливо, від 3 та вище – банкрутство маловірогідне [10.42].

У табл. 10.10 наведено показники, які характеризують економічний потенціал «історичних» операторів телекомунікацій країн СНД та результати їх роботи за Е. Альтманом. Для наочності значення інтегрального показника представлено на рис. 10.11.

Таблиця 10.10

Аналіз показників, які характеризують економічний потенціал «історичних» операторів телекомунікацій країн СНД та результати їх роботи за Е. Альтманом

Показник	Арментел, ЗАТ			Белтелеком, РУП			Казахтелеком, АТ			Киргизтелеком, ВАТ			Ростелеком, ВАТ			Укртелеком, ПАТ		
	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011
X_1	0,05	н/д	н/д	0,03	0,03	н/д	0,03	0,10	0,16	0,01	-0,09	-0,08	0,28	0,11	-0,14	0,08	0,03	0,06
X_2	0,67	н/д	н/д	0,08	0,07	н/д	0,54	0,61	0,64	0,15	0,12	0,21	0,08	0,03	0,18	-0,15	-0,20	-0,01
X_3	0,03	н/д	н/д	0,10	0,09	н/д	0,09	0,10	0,05	0,01	0,01	0,01	0,09	0,05	0,08	-0,04	-0,03	-0,02
X_4	8,84	н/д	н/д	12,01	8,55	н/д	1,61	1,81	2,04	0,59	0,39	0,63	3,96	1,46	1,30	1,45	1,75	1,57
X_5	0,49	н/д	н/д	0,35	0,33	н/д	0,38	0,40	0,40	0,52	0,50	0,56	0,82	0,66	0,44	0,78	0,76	0,75
Z	6,70	н/д	н/д	8,05	5,89	н/д	2,42	2,80	2,88	1,11	0,82	1,16	3,94	1,88	1,57	1,40	1,49	1,70

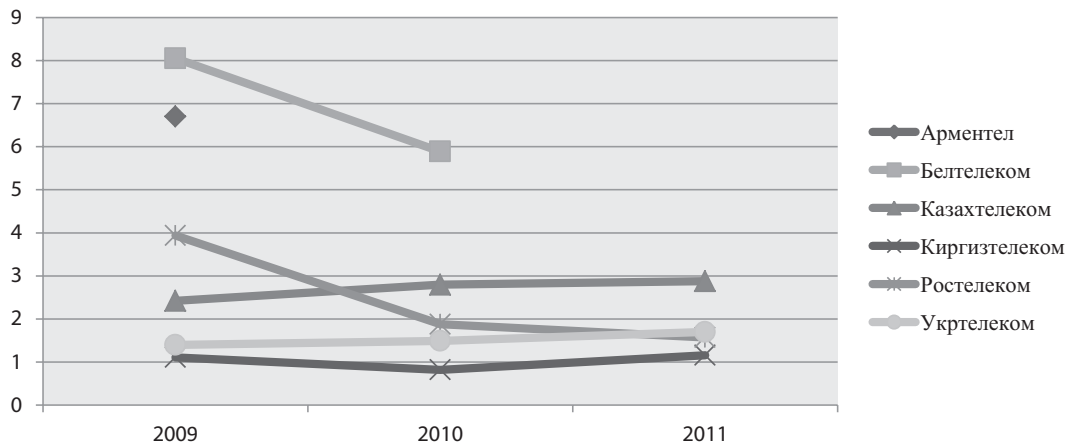


Рис. 10.11. Аналіз інтегральних показників рівня загрози банкрутства за Е. Альтманом

Проаналізувавши діяльність «історичних» операторів телекомунікацій країн СНД з використанням п'ятифакторної моделі Е. Альтмана, можна зробити висновок, що всім компаніям, окрім ЗАТ «Арментел» та РУП «Белтелеком», загрожує банкрутство. Так, найбільший рівень загрози банкрутства має ВАТ «Киргизтелеком», оскільки його показники перебувають у межах від 0 до 1,8, що становить 80–100 % вірогідності банкрутства. Таке значення інтегральних показників обумовлено тим, що у цього оператора найнижчі показники, які характеризують структуру капіталу, а саме питому вагу власних коштів у загальній сумі заборгованості оператора. Оскільки власний капітал майже в 2 рази менше зобов'язань, то оператор фінансово залежний від зовнішніх джерел фінансування та не може погасити швидко свою заборгованість, а це свідчить про низьку ліквідність та платоспроможність. У 2010 р. показники знизилися на 25 %, але в 2011 р. спостерігається зростання на 41 % порівняно з попереднім роком.

ПАТ «Укртелеком» має дуже високий рівень загрози банкрутства (80–100 %). Це обумовлене тим, що в 2011 р. оператор мав збиток у розмірі 17 104 574 дол. США та відповідно є нерентабельним. Це впливає на значення показників рівня чистої прибутковості виробництва та прибутковості основного та оборотного капіталу, які є найнижчими серед порівнюваних операторів. Але спостерігається тенденція зростання показників. Так, у 2010 р. зросли на 6 %, а в 2011 р. – на 14 % порівняно з попереднім.

Банкрутство ВАТ «Ростелеком», за даними 2009 р., було маловірогідне, але спостерігається негативна тенденція і спад у 2010 р. на 52 % та в 2011 р. на 16 % порівняно з попереднім. У 2011 р. вірогідність банкрутства дуже висока. Це зумовлене неабияким зниженням показників, які характеризують структуру капіталу та оборотність активів, а саме недостатність власних коштів для погашення заборгованостей.

Вірогідність банкрутства АТ «Казахтелеком» невелика, оскільки показники перебувають у межах від 2,71 до 2,99, (15–20 %). Але низькими є показники, які відображають рівень чистої прибутковості виробництва і структуру та прибут-

ковість капіталу. В цілому спостерігається тенденція зменшення вірогідності банкрутства, покращення платоспроможності та фінансової стійкості оператора, що виявляється в зростанні інтегральних показників на 15 % в 2010 р. та на 3 % у 2011 р. порівняно з попереднім.

ЗАТ «Арментел» та РУП «Белтелеком» мають нульовий рівень загрози банкрутства. Їх інтегральні показники набагато перевищують показники інших аналізованих компаній за рахунок неабиякого перевищення власним капіталом зобов'язань, але спостерігається негативна тенденція змін показників.

Незважаючи на те, що метод Альтмана набув істотного поширення, спиратися на нього цілком не слід, оскільки розраховані коефіцієнти діагностики відображали навколишнє і внутрішнє середовище фірм США та Європи, не беручи до уваги особливості функціонування суб'єктів господарювання в країнах СНД, а також вплив інфляції на показники.

Таким чином, за всіма методиками оцінки фінансового стану «історичних» операторів телекомунікацій країн СНД найкращі показники у РУП «Белтелеком», АТ «Казахтелеком» та ВАТ «Ростелеком», що свідчить про задовільний фінансовий стан та низький рівень загрози банкрутства, а також про непогані довгострокові перспективи діяльності. ПАТ «Укртелеком» загрожує банкрутство, але за всіма показниками спостерігається позитивна тенденція покращення фінансового стану. Найбільше загрожує банкрутство ВАТ «Киргизтелеком», оскільки майже всі показники нижче нормативів, що свідчить про незадовільний фінансовий стан.

10.5. Характерні риси визначення ефективності інноваційної діяльності операторів телекомунікацій

Інноваційна діяльність є потужним джерелом посилення конкурентоспроможності оператора телекомунікацій за сучасних умов функціонування та розвитку ринку телекомунікаційних послуг.

Інноваційна діяльність спрямована на використання і комерціалізацію результатів наукових досліджень і розробок для розширення й оновлення номенклатури та поліпшення якості продукції (послуг), вдосконалення технології їх надання з наступним впровадженням та ефективною реалізацією на ринку.

Виходячи з розуміння поняття «ефективність», сутність оцінки ефективності інноваційної діяльності оператора телекомунікацій полягає у зіставленні ефекту від реалізації цієї діяльності з витратами на досягнення ефекту.

Залежно від різновиду впроваджуваної інновації ефект реалізації інноваційної діяльності може бути як науково-технічний, економічний, соціальний, екологічний (табл. 10.11). Отже, і ефективність інноваційної діяльності оператора телекомунікацій можна визначити як науково-технічну, соціальну, екологічну чи економічну.

**Характеристики ефекту реалізації інноваційної діяльності
оператора телекомунікацій**

Вид ефекту	Характеристика	Вияв
Науково-технічний	Поліпшення техніко-експлуатаційних і споживчих характеристик діяльності та послуг	<ul style="list-style-type: none"> – приріст і накопичення нових знань, умінь і навичок; – збільшення виробничої потужності; – збільшення питомої ваги нових прогресивних технологічних процесів; – поширення номенклатури послуг та поліпшення їх якості; – підвищення коефіцієнта автоматизації виробництва; – підвищення організаційного рівня виробництва і праці
Економічний	Відображає економічні результати, обумовлені реалізацією інновацій	<ul style="list-style-type: none"> – збільшення обсягу продажу; – одержання прибутку від упровадження винаходів, патентів, ноу-хау, ліцензійної діяльності; – скорочення часових та управлінських витрат; – зниження собівартості послуг; – поліпшення використання ресурсів; – підвищення кваліфікації робітників; – зміна умов праці та підвищення її ефективності
Соціальний	Відображає соціальні результати, обумовлені реалізацією інновацій	<ul style="list-style-type: none"> – зміна якості та стилю життя людей, формування нової культури спілкування; – підвищення рівня задоволеності умовами та змістом праці, можливість самореалізації; – можливість навчання, зміни професії і соціального статусу працівника; – підвищення безпеки умов праці персоналу; – цілковите задоволення потреб у послугах зв'язку; – всебічний розвиток особистості; – зростання освітнього і культурного рівнів; – зміна характеру праці, насичення його творчістю; – поліпшення і полегшення умов побуту людей; – збільшення вільного часу
Екологічний	Вплив інновацій на навколишнє середовище	<ul style="list-style-type: none"> – екологічність технології виробництва; – підвищення ергономічності виробництва; – зниження шкідливого впливу діяльності операторів телекомунікацій на навколишнє середовище

Найбільше поширення в теорії і практиці набуло визначення економічної ефективності. Сутність проблеми визначення економічної ефективності та вибору найдоцільніших варіантів реалізації інновацій потребує, з одного боку, перевищення кінцевих результатів від їх використання над витратами на розроблення, виготовлення і реалізацію, а з іншого – зіставлення отриманих результатів з результатами від застосування інших аналогічних варіантів інновацій.

Залежно від мети використання визначають загальну (абсолютну) і порівняльну (відносну) ефективність.

Методичні відмінності в підході до оцінки економічної ефективності полягають у тому, що загальна ефективність визначається відношенням ефекту до витрат (капітальних вкладень на впровадження інновацій), порівняльна ефективність – зіставленням суми поточних і одноразових (приведених) витрат за варіантами інноваційних рішень.

Основними узагальнюючими показниками абсолютної ефективності вкладень є коефіцієнти загальної (абсолютної) ефективності, термін окупності капітальних вкладень питомі капітальні вкладення (табл. 10.12).

Необхідно зазначити, що термін окупності інноваційного проекту слід порівнювати з передбачуваним періодом життєвого циклу інновацій. Термін окупності проекту за рахунок економії витрат необхідно розраховувати на одиницю потужності, оскільки інноваційні зміни в технології чи техніці виробництва у зв'язку, як правило, набагато збільшують потужності об'єкта зв'язку. Крім того, ключовим положенням при прийнятті рішення має стати порівняння розміру питомих капітальних вкладень за інноваційним проектом з питомими капітальними вкладеннями в існуючу техніку. Менший рівень питомих капітальних вкладень на одиницю потужності за інноваційним проектом є важливою вимогою, що ставиться до науково-технічного розвитку оператора телекомунікацій.

Основним узагальнюючим показником порівняльної ефективності вкладень є мінімум приведених витрат (табл. 10.12). Приведені витрати з кожного варіанта являють собою суму собівартості та питомих капітальних вкладень, приведених до річної розмірності відповідно до нормативного коефіцієнта порівняльної ефективності. Порівняльна ефективність визначається на етапі вибору найкращого варіанта НТП, здійснюється на стадії техніко-економічного обґрунтування, при формуванні планів наукових досліджень і дослідно-конструкторських робіт (НДДКР), при оцінці діяльності НДІ і КБ, розробці, освоєнні і виробництві нової техніки та її запровадження операторами телекомунікацій. Відбір варіантів проводиться з потенційно можливих, кожен з яких задовольняє всім заданим обмеженням: соціальним, екологічним, технічним, економічним вимогам, часу реалізації тощо.

Таблиця 10.12

**Показники оцінки економічної ефективності інноваційних рішень
оператора телекомунікацій**

Ефективність	Показник	Порядок визначення
Абсолютна	Коефіцієнт загальної (абсолютної) ефективності	$E_a = \text{ЧП}_{\text{Іді}}/K_{\text{Іді}}$, ЧП _{Іді} – середньорічний чистий прибуток за <i>i</i> -м проектом інноваційної діяльності; K _{Іді} – обсяг інвестицій за <i>i</i> -м проектом інноваційної діяльності
	Термін окупності вкладень	$\tau_{\text{Іді}} = K_{\text{Іді}}/\text{ЧП}_{\text{Іді}}$
	Термін окупності вкладень за рахунок зниження витрат	$\tau_{\Delta C} = K_{\text{Іді}}/\Delta C$, ΔC – зменшення поточних витрат за рахунок впровадження інноваційного рішення: $\Delta C = C_{\text{ф}} - C_{\text{ін}}$, $C_{\text{ф}}$ – фактичні витрати; $C_{\text{ін}}$ – витрати після впровадження інноваційного проекту
	Питомі капітальні вкладення	$k = K_{\text{Іді}}/N$, N – виробнича потужність
Порівняльна	Приведені витрати за варіантами інвестування ІД	$S_{\text{прІді}} = C_{\text{Іді}} + K_{\text{Іді}} \times E_n$, $C_{\text{Іді}}$ – щорічні поточні витрати за <i>i</i> -м проектом інноваційної діяльності; E_n – нормативна економічна ефективність

Наведені показники надають можливість визначити ефективність інноваційної діяльності за окремими інноваційними рішеннями та обрати найбільш доцільне. З іншого боку, ефективність інноваційної діяльності оператора телекомунікацій можна визначити через результати вже впроваджених у діяльність інноваційних рішень, що здійснили певний вплив на кінцеві показники його діяльності.

З огляду на вітчизняний і світовий досвід проведення оцінки результатів інноваційної діяльності в *табл. 10.13* наведено показники, що дозволяють отримати узагальнену оцінку ефективності інноваційної діяльності оператора телекомунікацій.

Таблиця 10.13

Показники оцінки економічної ефективності інноваційної діяльності оператора телекомунікацій

Показники та характеристики	Визначення показника
Річний приріст бюджету на нові розробки	$I_{R\&D} = R\&D_t / R\&D_{t-1}$ R&D – бюджет на нові розробки <i>t</i> , <i>t-1</i> році
Частка бюджету на нові розробки до розміру річної виручки	$d_{R\&D} = R\&D / Д$, Д – доходи оператора за рік
Частка виторгу від реалізації нової продукції у загальному обсязі виторгу	$d_{Дin} = Д_{in} / Д$, Д _{in.i} – доходи від реалізації інноваційних послуг
Частка прибутку, спрямована на НДДКР	$d_{Пндкр} = C_{ндкр} / П$, C _{ндкр} – витрати на НДДКР за рік; П – прибуток оператора за рік
Ефект від дострокового вводу об'єкта в експлуатацію	$E_{Д} = \alpha П_{БП} (T_{Д} - T_{Ф})$, α – коефіцієнт динаміки частки прибутку; ПБП – розрахунковий прибуток від упровадження інноваційного рішення за рік; T _Д – договірний термін введення, рік; T _Ф – фактична тривалість введення, рік
Економічний ефект від використання ліцензій	$E_{Л} = \sum_{t=1}^n \frac{П_{лт} - В_{лт}}{(1+\delta)^t}$, де П _{лт} – вартісна оцінка прибутку від ліцензійної технології; В _{лт} – витрати щодо неї; $1/(1+\delta)^t$ – коефіцієнт дисконтування; <i>t</i> = 1, 2, ...; – роки використання ліцензійної технології; <i>n</i> – кількість років
Інноваційна озброєність праці	$V_{in} = R\&D / Ш$, де Ш – середньспискова чисельність персоналу
Рентабельність інвестицій за реалізованими інноваційними проектами	$E_{ФП} = \Delta П / \Delta К_{В}$, ΔП – приріст прибутку (зниження собівартості) ΔК _В – капітальні вкладення, що зумовили цей приріст
Рентабельність інноваційних продаж	$R_{ЧДin} = П_{in} / ЧД_{in}$, П _{in} – прибуток від нововведень; ЧД _{in} – чистий дохід від реалізації інноваційних послуг
Змінювання ринкової вартості компанії	$I_{Гуд} = \Phi_{Гуд}^t / \Phi_{Гуд}^{t-1}$, де $\Phi_{Гуд}^t$, $\Phi_{Гуд}^{t-1}$ – вартість гудвілу за аналізований і попередній роки на телекомунікаційному ринку
Наявність у номенклатурі послуг принципово нових видів, які не випускаються іншими операторами	<i>Так чи ні?</i> При цьому, якщо так, то зіставити з результатами аналізу динаміки та структури доходів оператора
Відповідність продукції національним і світовим стандартам	<i>Так чи ні?</i> Якщо за окремими видами послуг, то доцільно проаналізувати динаміку структури обсягу продукції в натуральному виразі, з виокремленням частки продукції, що відповідає національним і світовим стандартам, про що є відповідні сертифікати

10.6. Аналіз тарифної політики телекомунікаційних компаній

Вдосконалення тарифної політики операторів телекомунікацій за умов нестабільного економічного стану у світі, безумовно, сприяє підвищенню попиту на ці послуги, а також покращенню ефективності роботи оператора взагалі.

Найвні тенденції змушують операторів телекомунікацій реагувати на зміни шляхом установлення гнучких тарифів на послуги зв'язку для різних верств населення, оскільки кожен споживач висуває свої вимоги до послуг. Для цього оператор повинен завжди стежити за ситуацією, що відбувається на ринку, і діяльністю конкурентів, реальних і потенційних, а також відстежувати виниклі потреби споживачів.

Цей підрозділ присвячено порівняльному аналізу тарифної політики операторів телекомунікацій країн СНД, які обіймають лідируюче становище на ринку фіксованого та мобільного зв'язку своєї держави.

Аналіз тарифної політики телекомунікаційних компаній мобільного зв'язку

У табл. 10.14 наведено порівняльний аналіз тарифної політики операторів телекомунікацій країн СНД, які займають лідируюче положення на ринку мобільного зв'язку станом на 1 серпня 2012 року [10.60–10.69].

Нижче наведено аналіз даних у табл. 10.14.

Таблиця 10.14

Узагальнення тарифних планів операторів мобільного зв'язку країн СНД

Назва телефонного оператора	Частка на ринку, %	Мінімальна вартість 1 хв. розмови		Мінімальна вартість безлімітного тарифного плану	Вартість 1-го SMS повідомлення
		усередині мережі	поза мережею		
Azercell Telecom (Азербайджан)	55,00	0,08	0,13	12,73	0,03
Мобільні ТелеСистеми (Білорусь)	46,07	0,01 (після 3 хв на день)/0,03 (перші 3 хв на день)	0,06	2,13	0,01
K-Telecom/ VivaCell MTS (Вірменія)	66,00	0,01 (При здійсненні дзвінків з території вузів)/0,04	0,08	13,15	0,03
GSM Kazakhstan/K'cell (Казахстан)	44,00	0,066 (з 5-ї хв)/0,13 (2, 3, 4-та хв)/ 0,14 (1-ша хв)	0,07	9,48	0,05
Sky mobile/Beeline (Киргизстан)	37,77	0,01 (з 351-ї хв/міс.)/ 0,015 (з 251-ї по 350-ту хв/міс.)/ 0,02 (з 151-ї по 250-ту хв/міс.)/ 0,023 (перші 150 хв/міс.)	0,04 (1-ша хв розмови)/0,02 (з 2-ї по 9-ту хв розмови)/0,06 (з 10-ї хв розмови)	0,41 (на добу)/ 12,3	0,02
Orange Moldova (Молдова)	63,20	0,08	0,16	1,22	0,05
Мобільні ТелеСистеми (Росія)	33,00	0,06	0,05 (з 6-ї хв)/0,08	6,9	0,05
Вавилон-мобайл (Таджикистан)	35,00	0,01	0,03	6,08	0,01
Алтин Асир (Туркменістан)	100,00	н/д	н/д	н/д	н/д
Мобільні ТелеСистеми (Узбекистан)	44,80	0,001 (після 2-ї хв)/ 0,01 (1,2 хв)	0,002	0,02 (за добу)/0,3	0,015
Київстар (Україна)	46,10	0,02 (30 дн. при поповненні рахунку від 40 грн)/ 0,02	0,02	0,16 (на день)/4,8	0,06

Домінантом на ринку мобільного зв'язку Азербайджану (охоплює 55 % ринку) є «Azercell Telecom», що пропонує своїм абонентам такі тарифні плани: для контрактних абонентів – «Biznes200», «Bizimkilər», «Hər Yegə»; для абонентів передплаченого зв'язку – «GəncSim», «Bizimkilər», «Hər Yegə», «Tələbə 1-liyi». Найбільш дешевим серед пропонованих тарифних планів для дзвінків усередині мережі є «Bizimkilər», за яким абоненти можуть розмовляти за 0,08 дол. США/хв усередині мережі, однак вартість дзвінків поза мережею становитиме 0,17 дол. США/хв. Вигідним тарифним планом для розмов поза мережею є «Hər Yegə», який дає можливість телефонувати на інші мережі, як і всередині мережі, за 0,13 дол. США/хв. Також є можливість підключення безлімітного тарифного плану «Biznes200» за тарифом 12,73 дол. США/міс. (включено 200 хв та 200 SMS всередині мережі). Мінімальна вартість SMS-повідомлення становить 0,03 дол. США/1 повідомлення. Особливістю тарифних планів зазначеного оператора є те, що найнижчі тарифи в рамках тарифного плану «Tələbə 1-liyi» пропонуються для студентів (за умови пред'явлення студентського квитка), а саме вартість розмов між студентами за певним тарифом становить 0,01 дол. США/хв, тариф на розмови на всі напрямки в межах країни становить 0,06 дол. США/хв, тобто студенти можуть телефонувати на всі напрямки в межах країни як мінімум у три рази дешевше, ніж інші жителі країни.

Лідером на ринку мобільного зв'язку Республіки Білорусь є Мобільні ТелеСистеми (Білорусь), які обіймають 46 % ринку та надають можливість своїм абонентам користуватися такими тарифними планами: «Відмінний», «P300», «P600», «Будь практичніше», «Рідний», «Onliner.by», «Легко сказати», «Абсолют», «Персона», «Дитячий», «Гостьовий», «Близький. Для пенсіонерів», «Особливий». Серед запропонованих тарифних планів для абонентів найнижчі тарифи в плані «Легко сказати», згідно з яким хвилина розмови між абонентами всередині мережі перші 3 хвилини коштує 0,03 дол. США на день та 0,01 дол. США увесь інший час, вартість спілкування поза мережею становитиме 0,06 дол. США/1 хв. Варто зазначити, що МТС у Білорусі не надає своїм абонентам вигідного тарифного плану для розмов поза мережею, оскільки в усіх тарифних планах вартість дзвінків на інші мережі однакова (0,06 дол. США/1 хв). Мінімальна абонентська плата за користування безлімітним зв'язком (у рамках тарифного плану «Відмінний») коштує 2,13 дол. США/міс. та надає можливість безкоштовно телефонувати всередині мережі МТС з 2-ї хвилини. Мінімальна вартість одного SMS-повідомлення становить 0,01 дол. США/1 повідомлення. Також варто зазначити наявність особливого тарифного плану для осіб пенсійного віку (тарифний план «Близький. Для пенсіонерів»), розмови за яким усередині мережі коштують 0,004 дол. США/хв за перші 30 хвилин в місяць та 0,02 дол. США/1 хв після вичерпання даних хвилин, вартість розмов поза мережею коштує 0,04 дол. США/хв (тобто особам пенсійного віку надається можливість спілкуватися як мінімум у 2,5 рази дешевше, ніж іншим абонентам усередині мережі, та у 1,75 рази дешевше поза мережею).

На ринку мобільного зв'язку Вірменії оператор «К-Telecom/ VivaCell MTS» обіймає 66 %. Контрактні абоненти мають можливість обирати такі тарифні плани: «Персональний», «Каже місто», «Класик Флексі». Для абонентів передплаченого зв'язку передбачені такі тарифні плани: «ЄС», «Ало, ми», «Діалект», «18+», «Номер 5», «Магніс», «Екстра», «Міасін нічний», «Турист», «1000 и 1 SMS». Найбільш вигідний тарифний план з мінімальною вартістю 1-ї хвилини розмови «ЄС», який дає змогу розмовляти з територій вузів за тарифом 0,002 дол. США/хв, а усім іншим

0,01 дол. США /хв усередині мережі. Поза мережею можна здійснювати дзвінки за тарифом 0,08 дол. США /хв. Можна сказати, що цей тарифний план вигідний як для дзвінків усередині мережі, так і поза мережею. Також абоненти можуть користуватися безлімітними тарифами, мінімальна вартість яких становить 13,15 дол. США/міс. За таким тарифом надається тарифний план «Каже місто». Він надає 1500 хвилин розмовного часу всередині мережі на місяць, 150 хвилин розмовного часу на місяць на дзвінки на номери інших мереж РВ, 150 SMS на місяць на номери стільникових мереж РВ. Вартість SMS-повідомлення становить 0,03 дол. США.

Оператор «Kazakhstan/K'cell» обіймає 44 % ринку телекомунікацій Республіки Казахстан. Він надає абонентам такі тарифні плани: «Business», «Classic», «Connect», «11». Мінімальну вартість розмов надає тарифний план «Classic». Використовуючи його, абонент може здійснювати дзвінки за 0,06 дол. США з 5-ї хвилини, 0,13 дол. США з 2-ї по 4-ту хв та 0,14 дол. США перша хвилина всередині мережі. Дзвінки поза мережею коштують 0,23 дол. США/хв. Вигідним тарифним планом для дзвінків на інші мережі є тарифний план «11». Використовуючи його, можна здійснювати дзвінки поза мережею за 0,07 дол. США/хв, але вартість хвилини розмови в мережі буде коштувати так само. Вартість SMS-повідомлення – 0,05 дол. США.

Лідером на ринку мобільного зв'язку Республіки Киргизстан є оператор «Sky mobile/ Beeline», який має частку на ринку 37,77 %. Його абоненти мають змогу користуватися такими тарифними планами: «Укмуш+», «Усі свої», «Свобода спілкування», «Фрістайл», «Світ на зв'язку», «Алмаз Статусу», «Алтин Статусу», «Кумуш Статусу», «Модем», «Курортний», «Базовий». Найвигідніший з них «Свобода спілкування», який дає можливість спілкуватися за тарифами 0,001 дол. США/хв з 351-ї хв/міс., 0,015 дол. США/хв з 251-ї по 350-ту хв/міс., 0,02 дол. США/хв з 151-ї по 250-ту хв/міс. та 0,021 дол. США/хв перші 150 хв/міс. усередині мережі. Тарифний план «Фрістайл» надає можливість здійснювати дзвінки на всі мережі за найбільш вигідним тарифом 0,021 дол. США /хв 1-ша хв розмови, 0,002 дол. США/хв з 2-ї по 9-ту хв розмови та 0,04 дол. США/хв з 10-ї хв розмови. Цей тариф вигідний, якщо абонент здійснює багато дзвінків на інші мережі, але не вигідний для дзвінків усередині мережі. Мінімальна вартість SMS-повідомлення становить 0,02 дол. США.

Оператор «Orange Moldova», який обіймає 63,2 % ринку телекомунікацій Молдови, надає такі тарифні плани контрактним абонентам: «Абонемент Fluture», «Абонемент Delfin», «Абонемент Pantera». Абоненти передплатеного зв'язку мають можливість обрати такі тарифні плани: «Стандарт», «Оптим», «Вечори і Вихідні», «Друзі». Мінімальна вартість хвилини розмови всередині мережі при користуванні тарифним планом «Стандарт» становить 0,08 дол. США/хв. Вартість хвилини розмови поза мережею становить 0,16 дол. США. Цей тарифний план вигідний як для дзвінків усередині мережі, так і поза мережею. найдешевший безлімітний тарифний план – «Абонемент Fluture». Його вартість 1,22 дол. США/міс. За цю плату абонент отримує 60 хвилин безкоштовно у мережі після 60 хвилин розмов. Вартість SMS – повідомлення 0,05 дол. США.

Оператор «Мобільні ТелеСистеми» (Росія) обіймає 33 % ринку телекомунікацій. Абоненти мають можливість користуватися такими тарифними планами: «Супер МТС», «МАХІ», «Red Energy», «ULTRA», «МТС Коннект-4», «МТС iPad», «Маяк», «Твоя країна». Наприклад, тарифний план «Red Energy» є найбільш вигідним для абонентів, що загалом спілкуються у межах мережі оператора, оскільки їм надається можливість здійснювати дзвінки безкоштовно (передбачається лише плата за з'єднан-

ня). Вартість розмов поза мережею становить 0,06 дол. США/хв. Для здійснення дзвінків на інші мережі вигідно використовувати тарифний план «Твоя країна». Вартість дзвінків становить 0,05 дол. США/хв з 6-ї хв, перші 6 хв – 0,08 дол. США. Такий тариф устанавлюється на всі дзвінки незалежно від мережі. Безлімітний тариф «МАХІ» найдешевший. Його вартість – 6,9 дол. США, містить 150 хв для здійснення дзвінків на всі мережі. SMS-повідомлення коштує 0,05 дол. США.

Оператор «Вавилон-мобайл» обіймає 35 % телекомунікаційного ринку Таджикистану і надає своїм абонентам такі тарифи: «Суҗдиён», «Дастрас», «Вигідний», «Звичайний», «Особливий», «Активний», «Успішний», «Бізнесмен». Мінімальну вартість хвилини розмови надає тарифний план «Суҗдиён». Користувачі цього тарифного плану розмовляють за тарифом 0,01 дол. США/хв усередині мережі. Вартість розмов поза мережею становить 0,03 дол. США/хв. Використовуючи цей тарифний план, вигідно здійснювати дзвінки як у мережі, так і поза мережею. Мінімальна вартість безлімітного тарифного плану – 6,08 дол. США/міс. За таким тарифом надаються послуги при використанні тарифного плану «Особливий». При цьому абонент отримує 180 безкоштовних хвилин для дзвінків у Республіці Таджикистан та 25 Мбайт Інтернету. Вартість SMS-повідомлення становить 0,01 дол. США.

Оператор «Мобільні ТелеСистеми» (Узбекистан) обіймає 44,8 % ринку. Його абоненти мають можливість обирати серед переліку такі тарифні плани: «Zvon'OK», «Усім привіт!», «Привіт», «Dial'OK», «Універсал», «Довгі розмови», «VIP MTC», «MTC-Коннект», «MTC-Коннект Максі», «RED ENERGY», «RED Basic», «RED Light», «RED Night». Оператор «Мобільні ТелеСистеми» в Узбекистані не надає абонентам тарифних планів без абонентської плати. Найбільш дешевим для розмов усередині мережі є тарифний план «Dial'OK». Використовуючи його, абонент здійснює дзвінки за 0,001 дол. США/хв після 2-ї хв та 0,022 дол. США/хв за 1-шу та 2-гу хвилини усередині мережі. Поза мережею вартість дзвінків становить 0,03 дол. США/хв. Для здійснення дзвінків на інші мережі вигідно використовувати тарифний план «Усім привіт!». Цей тарифний план надає можливість телефонувати за 0,002 дол. США/хв на всі мережі. Найдешевшим безлімітним тарифним планом є «Zvon'OK». Використовуючи його, можна здійснювати безкоштовні дзвінки з другої хвилини розмови за 0,02 дол. США (день SMS-повідомлення коштує 0,015 дол. США).

Оператор «Київстар» обіймає 46,1 % ринку мобільного зв'язку України. Він здійснює диференціацію тарифів для контрактних абонентів та абонентів передплатеного зв'язку. Для контрактних абонентів надаються такі тарифні плани: «Єдина країна», «XXL», «Базовий», «Необмежений Легкий +», «Необмежений Простір», «Абсолютний необмежений», «Потрійна перевага». Для абонентів передплатеного зв'язку передбачені такі: «Єдина країна», «XXL», «Базовий», «15 копійок», «Потрійна перевага», «Привіт, весь світ», «Я на морі», «Відпочинь», «Курортний», «Інтернет». Мінімальна вартість розмов усередині мережі становить 0,02 дол. США/хв при використанні тарифного плану «15 копійок» з абонплатою 0,09 дол. США/день. Мінімальна вартість безліміту становить 0,16 дол. США/день. Це тарифний план «Єдина країна». За абонплату абонент отримує 50 безкоштовних хвилин на день всередині мережі та 30 хвилин на день для дзвінків на інші мережі за зниженим тарифом 0,02 дол. США/хв. Вартість SMS-повідомлення становить 0,06 дол. США.

Узагальнюючи, можна сказати, що в країнах СНД тарифні плани на послуги мобільного зв'язку формуються за різними принципами та є різними як за кількісними, так і за якісними критеріями.

Для більшої наочності нижче наведено аналіз мінімальної вартості хвилини розмови всередині мережі та поза мережею, а також безлімітних тарифних планів та SMS-повідомлень для абонентів мобільного зв'язку країн СНД (рис. 10.12–10.15).

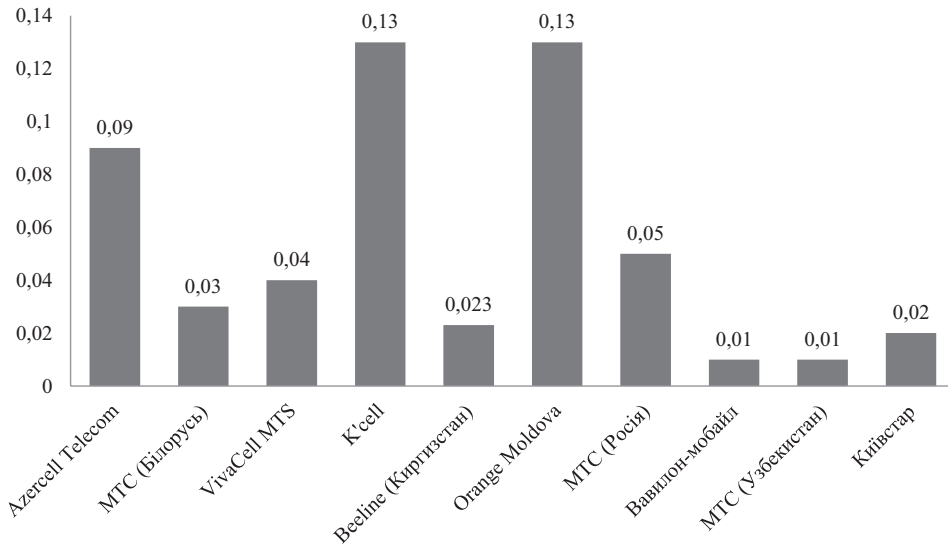


Рис. 10.12. Мінімальна вартість хвилини розмови всередині мережі в країнах СНД, дол. США

Із рис. 10.12 видно, що між тарифами всередині мережі, які надають оператори своїм абонентам, існує велика різниця. Найбільші тарифи встановлюють оператори Казахстану та Молдови, а найменші – Таджикистану та Узбекистану. Навіть оператор «Мобільні ТелеСистеми», який є лідером у Білорусі, Вірменії, Росії та Узбекистані, використовує різні тарифні політики в кожній з цих держав.

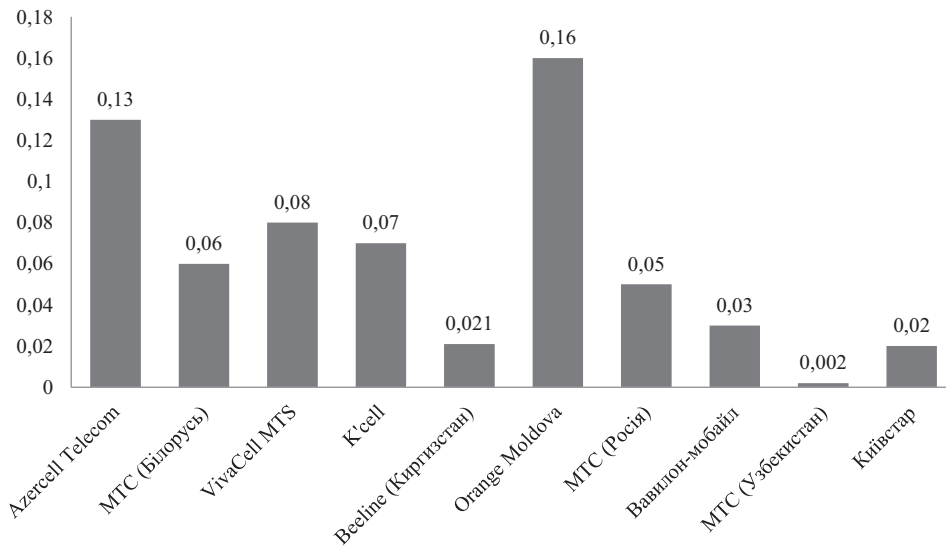


Рис. 10.13. Мінімальна вартість хвилини розмови поза мережею у країнах СНД, дол. США

Як видно, обидва графіки (10.12 та 10.13) схожі між собою. Різниця полягає лише в пропорційному збільшенні тарифів. Також варто зазначити, що в Республіці Таджикистан оператор установлює такі низькі тарифи на розмови всередині мережі за рахунок високих тарифів на розмови поза мережею (такий висновок зроблено на основі того, що зазначений оператор не надає тарифних планів з низьким тарифом на розмови поза мережею).

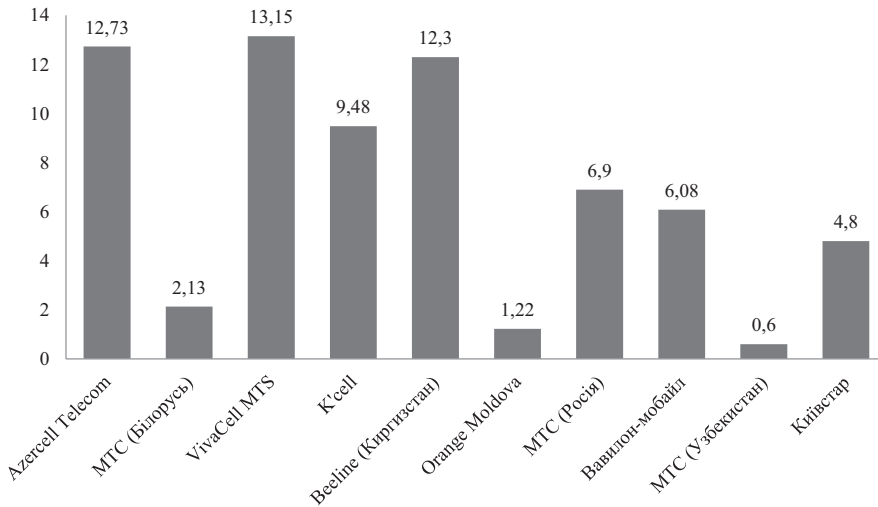


Рис. 10.14. Мінімальна вартість безлімітного тарифного плану в країнах СНД, дол. США

На рис. 10.14 зображено, як різняться вартість безлімітних тарифних планів у країнах СНД. Найдешевші безлімітні тарифи встановлено в Узбекистані та Молдові. Але за такої різниці в мінімальній вартості безлімітних тарифних планів можна сказати, що залежно від вартості змінюється і кількість безкоштовних послуг, які отримує абонент. Проте в цих країнах безлімітні тарифні плани більш доступні для населення.

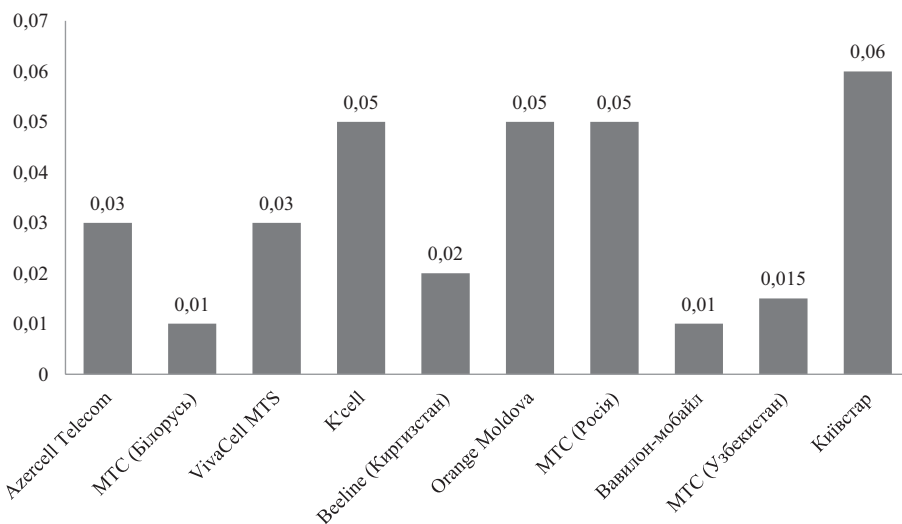


Рис. 10.15. Мінімальна вартість SMS-повідомлення в країнах СНД, дол. США

Із рис. 10.15 видно, що найбільші тарифи на відправлення SMS-повідомлень встановлено в Казахстані, Молдові, Росії та Україні. Найменша вартість SMS – у Білорусі та Таджикистані.

З вищевикладеного можна зробити висновок, що на встановлення тарифів впливає низка факторів, які різняться в кожній державі. Залежно від рівня доходів населення, економічного стану, загального рівня цін у країні встановлюється найбільш оптимальний тариф на послуги, який може задовольнити як оператора, так и користувачів послуг.

Як видно, оператором, який надає найдешевші послуги, є «Мобільні ТелеСистеми» в Республіці Узбекистан. Але, як і кожен інший, він прагне отримати якнайбільший можливий прибуток, тому і тут можна побачити «недоліки» для абонентів, такі, як надання всіх тарифних планів з денною абонентською платою. Тобто навіть ті абоненти, які здійснюють дзвінки не кожного дня, мають платити.

Найдорожчі послуги зв'язку надають оператори «Orange Moldova» та «K'cell». Причинами дорожнечі можна назвати те, що у цих країнах найменш конкурентний ринок, який дає змогу декільком операторам встановлювати невиправдано високі тарифи.

Також можна сказати, що жителі Вірменії платять за зв'язок стільки ж, скільки і в Росії, незважаючи на те, що в Росії дохід населення набагато вище (рис. 10.16).

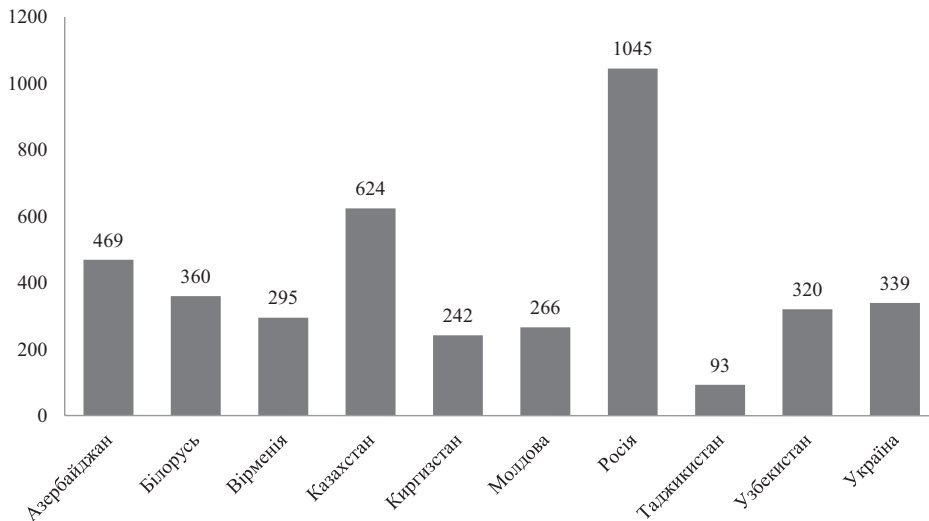


Рис. 10.16. Середня заробітна плата в країнах СНД, дол. США

Аналіз тарифної політики телекомунікаційних компаній фіксованого зв'язку

У табл. 10.15 наведено узагальнення тарифних планів лідерів серед операторів фіксованого зв'язку країн СНД станом на 1 серпня 2012 року [10.70–10.78].

Узагальнення тарифних планів операторів фіксованого зв'язку країн СНД

Назва телефонного оператора	Частка на ринку, %	Абонентна плата		Вартість 1 хв розмови	
		індивідуальне користування	колективне користування	усередині мережі	поза мережею
Азертелеком (Азербайджан)	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
Белтелеком (Білорусь)	н/д	0,82 (60 хв)	1,24 (60 хв)	0,002	0,01
Вірментел/Beeline (Вірменія)	н/д	2,63 (360 хв)		0,01 (з 361 до 1600 хвилину)/0,02 (1601 і більше хвилин)	0,17 (07.00–23.00)/0,12 (23.00–07.00)
Казахтелеком (Казахстан)	93,00	4,22		0,004	0,04
Киргизтелеком (Киргизстан)	н/д	1,18	1,77	0,07 (тариф денний)/0,03 (тариф нічний / вихідний)	
Moldtelecom (Молдова)	95,00	0,49 (700 хв)		0,014 (08:00–22:00 в робочі дні)/0,01 (22:00–08:00 в робочі дні, у вихідні та святкові дні)	0,15 (08:00–20:00 в робочі дні)/0,12 (20:00–08:00 в робочі дні, у вихідні та святкові дні)
Ростелеком (Росія)	70,00	3,15 (450 хв)		0,01	0,08
Точіктелеком (Таджикистан)	н/д	0,48		0,004	0,01
Туркментелеком (Туркменістан)	н/д	н/д		н/д	н/д
Їзбектелеком (Їзбекистан)	96,00	1,00 (180 хв)		0,003	0,02
Їкртелеком (Україна)	75,00	3,68 (600 хв)		0,007	0,15

Отже, оператор «Белтелеком» (Білорусь) надає свої послуги для індивідуального користування за тарифом – 0,82 дол. США за 60 хв та для колективного користування – 1,24 дол. США за 60 хв. Абоненти можуть використовувати звичайну та почасову систему оплати розмов. При почасовій оплаті хвилина розмов коштує 0,002 дол. США. Вартість дзвінків поза мережею становить 0,01 дол. США/хв. Також оператором надаються такі додаткові послуги: переадресація, повідомлення про надходження нового виклику, білий/чорний список для вихідного зв'язку, обмеження вихідного зв'язку, тимчасова заборона вхідного зв'язку, конференц-зв'язок, побудка, скорочений набір номера, з'єднання без набору номера, передача виклику.

Оператор «Вірментел/Beeline» (Вірменія) дає можливість своїм абонентам обирати тарифний план залежно від тривалості та кількості розмов на місяць. На вибір абонентам надаються такі тарифи: «Альтернативні тарифи», «Базовий тариф», «Домашній 600», «Домашній 1200», «Домашній 1800». Найдешевший серед цих тарифних планів «Базовий», який коштує 2,63 дол. США/міс. Використовуючи його, абонент отримує 360 хв на міські розмови. При вичерпанні хвилин, які надаються за абонентську плату, вартість хвилини розмови становить 0,01 дол. США (з 361 до 1600 хвилин) та 0,02 дол. США (1601 і більше хвилин). Дзвінки на номери мобільних операторів оплачуються окремо за кожну хвилину вихідних дзвінків. Вартість цих розмов 0,17 дол. США (07.00–23.00) та 0,12 дол. США (23.00–07.00). Додаткові послуги такі: «Номер і рахунок», «Спілкування з іншими країнами», «Блокування вихідних дзвінків», «Заборона на ідентифікацію номера абонента», «Ідентифікація номера абонента», «Очікування дзвінка», «Пере-

адресація дзвінка», «Послуга тристороннього зв'язку», «Будильник», «Інформаційні та розважальні сервіси».

Оператор «Казахтелеком» (Казахстан) надає своїм абонентам послуги фіксованої телефонії за абонентську плату 5 дол. США/міс. При почасовій оплаті вартість хвилини розмови коштує 0,004 дол. США. Вартість дзвінків на мережі мобільних операторів становить 0,04 дол. США/хв. Також надаються такі додаткові послуги: «АОН «CLIP», «Анти-АОН «CLIR», «Пряма гаряча лінія», «Переадресація дзвінків», «Повідомлення про надходження нового виклику», «Побудка «Будильник», «Конференц-зв'язок», «Повідомлення «Прохання не турбувати», «Повідомлення Номер тимчасово не може бути викликаний», «Наведення довідки під час розмови».

Оператор «Киргизтелеком» (Киргизстан) надає свої послуги для індивідуального користування за тарифом 1,18 дол. США/міс. та для колективного користування 1,77 дол. США/міс. Здійснювати дзвінки на інші мережі абоненти можуть за тарифом 0,07 дол. США/хв (тариф денний) та 0,03 дол. США/хв (тариф нічний/вихідний). Оператором надаються такі додаткові послуги: «Визначник номера», «Переадресація», «Автодозвон», «Заборона вихідного зв'язку», «Пароль на міжнародний зв'язок», «Додатковий номер».

Оператор «Moldtelecom» (Молдова) надає на вибір 3 тарифні плани з включеними в пакет хвилинами: «Standard», «Econom», «Inlesniri». Найдешевшим з них є «Inlesniri», використовуючи який, абонент отримує 700 безкоштовних хвилин за абонентську плату 0,49 дол. США/міс. При вичерпанні хвилин абонент буде сплачувати по 0,014 дол. США/хв (08:00–22:00 в робочі дні) та 0,01 дол. США/хв (22:00–08:00 в робочі дні, у вихідні та святкові дні). При здійсненні дзвінків на мережі операторів мобільного зв'язку тариф становить 0,15 дол. США/хв (08:00–20:00 в робочі дні) та 0,12 дол. США/хв (20:00–08:00 в робочі дні, у вихідні та святкові дні). Перелік додаткових послуг такий: «CLIP – Визначник номера», «CLIR – Антивизначник номера», «Заборона вихідного зв'язку», «Негайний зв'язок з номером фіксованої мережі», «Пряма лінія із затримкою», «Скорочений набір номера», «Конференція втрьох», «Очікування виклику», «Переадресація виклику», «Заборона всіх вхідних дзвінків паролем».

Оператор «Ростелеком» (Російська Федерація) надає на вибір такі тарифні плани: «Абонентський», «Комбінований», «Почасовий», «Базовий», «Розширений». Найдешевший з них тарифний план «Комбінований». Вартість цього тарифного плану становить 3,15 дол. США/міс. При цьому абонент отримує в розпорядження 450 хв. Після вичерпання наданих хвилин абонент може здійснювати дзвінки за тарифом 0,01 дол. США/хв. Також оператор надає тарифні плани для дзвінків на всі мережі країни: «Вітер змін», «Міжнародний», «Попередній вибір оператора», «Вибір оператора при кожному дзвінку». Використовуючи тарифний план «Міжнародний», можна здійснювати дзвінки всередині країни за тарифом 0,07 дол. США/хв. Перелік додаткових послуг, які надаються оператором: «Автоматичний повторний виклик», «Будильник», «Тимчасова заборона вхідного зв'язку», «Тимчасова заборона вихідного зв'язку», «Затримка роз'єднання», «Заборона ідентифікації номера абонента», «Визначення номера абонента», «Конференц-зв'язок», «Наведення довідки під час розмови», «Паралельний виклик».

Оператор «Точіктелеком» (Таджикистан) надає послуги зв'язку абонентам за тарифом 0,48 дол. США/міс. При цьому абоненти також сплачують за кожну хвилину розмови 0,004 дол. США. Здійснювати дзвінки на мережі інших операторів абоненти можуть за тарифом 0,01 дол. США/хв. Додаткові послуги, які надають-

ся оператором, такі: «Переадресація», «Послуга при відсутності користувача», «Очікування виклику», «Перемикання користувача», «Телефонна конференція», «Установка пароля й обмеження вихідного дзвінка», «Заміна пароля», «Набір скороченого номера», «Заборона визначення номера, який викликає», «Негайна послуга гарячої лінії», «Послуга секретар».

Оператор «Узбектелеком» (Узбекистан) надає своїм абонентам 180 хвилин на розмови за тарифом 1,00 дол. США/міс. Після вичерпання хвилин абонент може здійснювати дзвінки за тарифом 0,003 дол. США/хв. Дзвінки на інші мережі оплачуються за тарифом 0,02 дол. США/хв. Оператор «Укртелеком» (Україна) надає абонентам послуги фіксованого зв'язку за тарифом 3,68 дол. США/міс. При цьому абонент отримує 600 хв на розмови. Після вичерпання хвилин вартість розмов становить 0,007 дол. США/хв. На мережі мобільних операторів можна здійснювати дзвінки за 0,15 дол. США/хв. Також надаються такі додаткові послуги: «Переадресування вхідних викликів», «Повідомлення про надходження нового виклику», «Надання довідки під час розмови», «Конференц-зв'язок», «Автоматичне визначення номера телефона, з якого надходить виклик», «Заборона визначення номера телефона при вихідних викликах», «Місцевий, міжміський, міжнародний електрозв'язок за паролем», «Виклик абонента за замовленням», «Скорочений набір номера», «З'єднання без набору номера».

Викладене вище дозволяє зробити висновок, що станом на 1 серпня 2012 р. найбільше за послуги фіксованого зв'язку сплачували у Вірменії, Молдові та Росії, а найменше у Білорусі та Узбекистані.

Варто зазначити, що в Молдові в секторі стаціонарного зв'язку залишається досить жорстка монополія оператора «Молдтелеком». І, відповідно, високі ціни на доступ до магістральної оптоволоконної структури «Молдтелекома» впливають на вартість і розвиток фіксованого зв'язку. Для порівняння: у Росії вартість міжміського і міжнародного зв'язку в останні два роки впала в кілька разів, що досягнуто завдяки демонополізації на ринку. Вартість хвилини розмови фіксованого зв'язку поза мережею оператора в країнах СНД наведено на рис. 10.17.

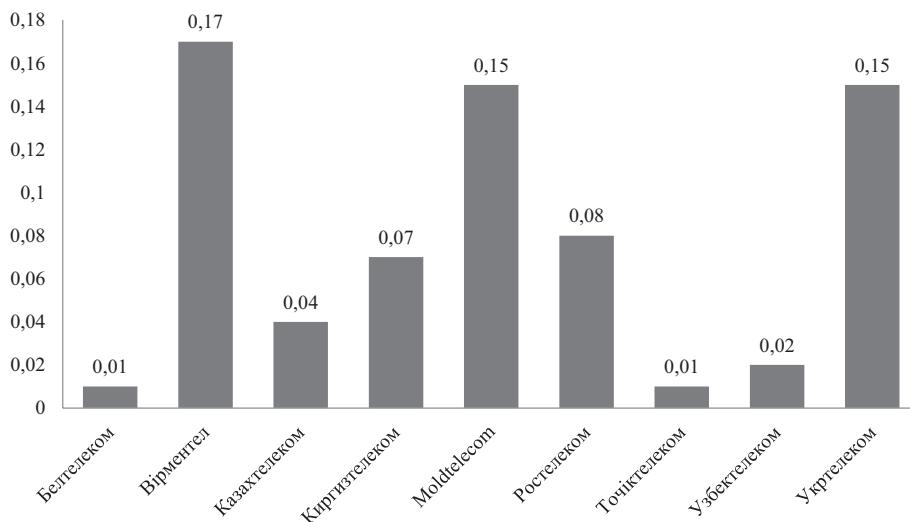


Рис. 10.17. Вартість хвилини розмови фіксованого зв'язку поза мережею у країнах СНД, дол. США

Із рис. 10.17 видно, що найвищий тариф установили такі оператори, як «Вірментел», «Moldtelecom» та «Укртелеком», а найнижчі – «Белтелеком» та «Точіктелеком».

Підсумовуючи, можна зробити висновок, що ринки телекомунікаційних послуг у країнах СНД розрізняються розміром, ступенем зрілості та цінами на послуги.

У Таджикистані, Узбекистані та Україні тарифи на мобільний зв'язок найнижчі з усіх розглянутих країн. Ціна однієї хвилини розмови за період з 2008 по 2011 рік, за відомостями ComNews, знизилася у всіх країнах у середньому на 24,8 %. Найвища вартість хвилини сьогодні в Казахстані та Молдові: дол. США – 0,13; найдешевша – у Таджикистані, Узбекистані та Україні: дол. США – 0,01–0,02; у Киргизстані та Білорусії: дол. США – 0,023–0,03; у Вірменії – дол. США – 0,04; у Росії – дол. США – 0,05.

У Білорусі та Узбекистані найнижчі тарифи на фіксований зв'язок. Найвища вартість хвилини розмови сьогодні у Вірменії, Молдові та Росії: дол. США 0,01–0,014; найменша – у Білорусі та Узбекистані: дол. США 0,002–0,003. У Казахстані та Таджикистані дол. США – 0,004, в Україні – дол. США – 0,007.

Офіційних даних влада Туркменістану не публікує, а після припинення дії ліцензії в галузі зв'язку компанії «МТС Туркменістан», ініційованої Мінзв'язку Туркменістану в грудні 2010 року, в країні залишився єдиний оператор – компанія «Алтин Асир».

Таким чином, вартість розмов найменша в Узбекистані, а найбільша – в Молдові. Також недешевий зв'язок у Росії, але порівняно з доходами громадян інших країн тариф не дуже високий.

10.7. Кадрова політика в діяльності телекомунікаційних компаній

Загальні питання кадрової політики

Незаперечним є факт впливу на економічну ефективність діяльності підприємств та компаній відношення їх працівників до виконуваної праці, умов роботи в колективі, засобів стимулювання та заохочення. Саме люди приводять у дію всі інші ресурси та роблять можливим досягнення цілей організації, забезпечуючи її розвиток та конкурентоспроможність.

У Концепції розвитку телекомунікацій в Україні [10.79] зазначається, що важливою складовою сучасної кадрової політики є створення умов для адаптації персоналу до швидких технологічних та економічних змін. Основними складовими в кадровому забезпеченні розвитку телекомунікацій Концепція визначає: підготовку навчальними закладами персоналу за кількісними і кваліфікаційними показниками відповідно до технологічних і кількісних змін на телекомунікаційних мережах; вдосконалення соціальної політики; підготовку, перепідготовку та підвищення кваліфікації персоналу.

Керування персоналом є компонентом будь-якої організації нарівні з управлінням іншими ресурсами. Однак персонал відрізняється від будь-яких інших ресурсів і вимагає особливих методів управління. Специфіка людських ресурсів пояснюється тим, що їх реакція на зовнішні впливи емоційно-осмислена, а не механічна. Люди здатні до досконалого розвитку і приходять в організацію усвідомлено, з певними цілями. Кожна окрема людина унікальна.

Існує багато визначень поняття «кадрова політика». У [10.80] кадрова політика визначається як «головний напрямок в роботі з кадрами, набір принципів, що реалізуються кадровою службою підприємства»; О.В. Крушельницька та Д.П. Мельничук говорять [10.81], що «кадрова політика – це сукупність принципів, методів, форм організаційного механізму з формування, відтворення, розвитку та використання персоналу, створення оптимальних умов праці, його мотивації та стимулювання»; А.К. Саакян та інші [10.82] зазначають: «...кадрова політика – система цілей, принципів і форм, методів і критеріїв роботи з кадрами, причому поширюється це положення на весь колектив зайнятих, у межах якого здійснюється управління».

У різні часи по-різному визначалися і завдання кадрової політики. Принципи наукового менеджменту Ф.У. Тейлора містили у собі такі елементи кадрової політики [10.83]:

а) розвиток кожного окремого робітника до рівня максимально доступної йому продуктивності та максимального добробуту;

б) добір, навчання і розстановка робітників на ті робочі місця і завдання, де вони можуть дати найбільшу користь.

А. Файоль у своїй адміністративній концепції [10.84] розглядав кадрову політику як один з ключових елементів функції розпорядництва, до принципів якого належала «сталість складу персоналу».

Адміністративно-командна система привносила у поняття кадрової політики політично-ідеологічне забарвлення [10.85]: «Кадрова політика – це генеральний напрямок у кадровій роботі, що визначається сукупністю найбільш важливих, принципових положень, виражених у рішеннях партії та уряду на тривалу перспективу чи окремий період».

За умов переходу до ринкової економіки зміст кадрової політики істотно змінюється: це свідома, цілеспрямована діяльність із формування трудового колективу, що якнайкраще сприяв би поєднанню цілей і пріоритетів підприємства та його працівників.

Сучасні умови руху до ринкової економіки змушують звертати зростаючу увагу на довгострокові аспекти кадрової політики, підготовку кадрів, правильну їх розстановку та систематичне вдосконалення з огляду на тенденції розвитку телекомунікаційних засобів.

Г.В. Щьокін [10.86] зазначає: кадрова політика визначає цілі, пов'язані зі ставленням підприємства до оточення (ринок праці, взаємини з державними органами тощо) і свого персоналу (участь в управлінні, стиль керівництва, удосконалення системи професійного навчання, соціальні питання та ін.). Кадрова політика здійснюється стратегічними й оперативними системами управління. Завдання кадрової стратегії – підняти престиж підприємства, досліджувати атмосферу всередині підприємства, аналізувати перспективи розвитку потенціалу робочої сили в регіоні, узагальнювати і попереджати причини звільнень з роботи та ін. Таким чином, кадрова політика підприємства – це цілісна кадрова стратегія, що поєднує різні форми кадрової роботи, стиль її проведення в організації і плани з використання робочої сили. Кадрова політика має розширювати можливості підприємства реагувати на зміни технології та ринку в доступному для огляду майбутньому.

Кадрова політика ґрунтується на кадровій концепції підприємства і поряд з виробничою, фінансово-економічною, науково-технічною, маркетинговою політикою є елементом загальної концепції його розвитку.

Загалом кадрову політику можна сформулювати як систему принципів, ідей, вимог, що визначають основні напрямки роботи з персоналом, її форми і методи [10.87], а саме:

- ⇒ своєчасне забезпечення підприємства персоналом необхідної якості необхідної чисельності;
- ⇒ забезпечення умов реалізації прав і обов'язків працівників, передбачених трудовим законодавством;
- ⇒ раціональне використання кадрового потенціалу;
- ⇒ формування і підтримка ефективної роботи трудових колективів.

Принципи кадрової політики – це керівні правила, підходи до вирішення кадрових питань підприємства. Вони регламентують реалізацію всіх напрямків роботи з персоналом, визначають специфіку реалізації окремих функцій та етапів кадрової роботи. Формулювання принципів кадрової політики є прерогативою вищого керівництва підприємства.

Основними різновидами кадрової політики вважаються політика підбору кадрів, політика навчання, політика оплати праці, політика формування кадрових процедур, політика соціальних відносин.

Ринкові умови функціонування вимагають від керівництва чіткої регламентації кадрової політики, що може бути забезпечено шляхом розробки і затвердження концепції кадрової політики підприємства.

Т.Ю. Базаров виділяє декілька **типів кадрової політики підприємств** [10.88]:

1. *Залежно від рівня усвідомленості правил і норм, які є основою кадрових заходів, рівня впливу управлінського апарату на кадрову ситуацію:*

а) **пасивна кадрова політика**, при якій керівництво підприємства не має програми дій стосовно персоналу; кадрова робота полягає в ліквідації негативних наслідків. У цьому разі відсутні прогнози кадрових потреб, засоби оцінки праці та персоналу, діагностика кадрової ситуації. Керівництво працює в режимі швидкого реагування на конфліктні ситуації; конфлікти прагне погасити будь-якими засобами без виявлення їх причин і можливих наслідків;

б) **реактивна кадрова політика**, коли керівництво підприємства здійснює контроль за негативними аспектами роботи з персоналом, причинами і ситуацією розвитку кризи, застосовує заходи щодо локалізації кризи. Керівництво орієнтоване на розуміння причин, що призвели до виникнення кадрових проблем, а кадрові служби мають у своєму розпорядженні засоби діагностики ситуації та адекватної екстреної допомоги;

в) **превентивна кадрова політика**, за якої в програмах розвитку підприємства містяться короткостроковий і середньостроковий прогнози потреби в кадрах, сформульовані завдання щодо розвитку персоналу. Керівництво підприємства має обґрунтовані прогнози розвитку ситуації. Кадрова служба володіє засобами діагностики персоналу і прогнозування кадрової ситуації на середньостроковий період. Основна проблема таких підприємств – розробка цільових кадрових програм;

г) **активна кадрова політика**, при якій керівництво підприємства має і прогноз, і засоби впливу на ситуацію; кадрова служба здатна розробити антикризові кадрові програми, систематично проводити моніторинг ситуації і коригувати виконання програм відповідно до параметрів зовнішнього і внутрішнього середовища. Однак підстави для прогнозу і засобів впливу можуть бути як раціональними (усвідомлюваними), так і нераціональними (мало піддаються алгоритмізації та опису).

В останньому варіанті визначають два підвиди активної кадрової політики:

➤ **раціональна кадрова політика:** керівництво підприємства має якісний діагноз і обґрунтований прогноз розвитку ситуації та володіє засобами впливу на неї. У програмах розвитку підприємства містяться короткостроковий, середньостроковий і довгостроковий прогнози потреби в кадрах (якісної і кількісної), складовою плану є програма кадрової роботи з різними варіантами її реалізації;

➤ **авантюристична кадрова політика:** керівництво підприємства не має якісного діагнозу, обґрунтованого прогнозу розвитку ситуації, але прагне впливати на неї. Кадрова служба підприємства не має засобів прогнозування кадрової ситуації та діагностики персоналу, однак у програми розвитку підприємства входять плани кадрової роботи, орієнтовані на досягнення цілей, важливих для розвитку підприємства, але не проаналізованих з погляду зміни ситуації. План роботи з персоналом у такому разі буде уявним, досить емоційним, малоаргументованим, але в деяких випадках і на правильному уявленні про цілі роботи з персоналом.

2. *Залежно від ступеня відкритості щодо зовнішнього середовища при формуванні кадрового складу (орієнтації підприємства на власний персонал або на зовнішній персонал):*

а) **відкрита кадрова політика**, за якої підприємство приймає на роботу будь-якого фахівця, який має відповідну кваліфікацію, без урахування досвіду роботи в цьому або спорідненому йому підприємстві. Підприємство прозоре для потенційних працівників на будь-якому рівні; у ньому можна почати працювати як із найнижчої посади, так і з посади на рівні вищого керівництва. Такий тип кадрової політики характерний для сучасних телекомунікаційних компаній і може бути адекватним для нових підприємств, які намагаються завоювати ринок, орієнтовані на швидке зростання і передові позиції у своїй галузі;

б) **закрита кадрова політика**, за якої підприємство орієнтується на залучення нового персоналу, тільки нижчого посадового рівня, а заміщення посад більш високого рівня відбувається тільки з числа працівників підприємства. Така кадрова політика притаманна підприємствам, орієнтованим на формування корпоративної атмосфери, духу причетності, а також для підприємств, що працюють за умов дефіциту кадрових ресурсів.

Принципи кадрової політики, що найбільш актуальні за сучасних умов [10.87], такі:

- ♦ демократизація управління персоналом (передбачає гласність, право працівників брати участь у розробці рішень у сферах їх інтересів, досягнення консенсусу у вирішенні важливих організаційних питань, обмін думками, зворотний зв'язок персоналу з керівництвом);

- ♦ холістичний (цілісний) підхід у відносинах з персоналом (є умовою формування довіри персоналу до керівництва, почуття захищеності, прихильності підприємству і передбачає: формування банку даних про потреби персоналу в соціально-побутовій сфері, рівень їх задоволеності; впровадження нових форм соціального обслуговування, спрямованих на задоволення соціальних і економічних потреб працівників; наявність ефективних інформаційних комунікацій, що будуються на постійному контакті між керівником і підлеглим; розробку соціальних програм розвитку підприємства);

- ♦ стимулювання праці з огляду на індивідуальні особливості працівників (передбачає підбір індивідуальних, значущих для працівника стимулів до праці та винагороду відповідно до них; персоналізація оплати праці персоналу, розробка

схем окладів з огляду на індивідуальні характеристики працівників і оцінку результатів їх діяльності);

• оптимізація використання кадрових ресурсів (передбачає систематичний моніторинг кадрового потенціалу, впровадження заходів щодо мобілізації внутрішнього потенціалу персоналу: створення сприятливих умов праці та відпочинку, перерозподіл функцій, формування системи відповідальності менеджерів за якість роботи з персоналом тощо).

Д. Мак-Грегор визначив типології кадрової політики, засновані на визначенні цінностей, які лежать в її основі. Він сформулював ознаки авторитарного стилю управління у вигляді теорії «Х», а демократичного – теорії «У». Перша передбачає, що людина – істота від природи безвідповідальна, намагається працювати якомога менше. Тому управління персоналом, або кадрова політика, повинне будуватися на зовнішньому спонуканні, прямому регулюванні та контролі. Теорія «У» передбачає, що людина працелюбна, схильна до успіху, прагне до відповідальності, внутрішньо мотивована до праці. Тому управління персоналом повинно будуватися на принципі розподілу відповідальності та довірчих відносин.

Із цих позицій кадрова політика може мати як демократичну, так і авторитарну орієнтацію. Однак зміни в зростанні кваліфікації працівників і ускладненні виробничих процесів, що відбулися в останні десятиріччя, потребують демократичного стилю управління.

Кадрова політика підприємства визначається внутрішніми та зовнішніми чинниками:

1) до зовнішніх чинників належать: національне трудове законодавство, особливості сфери бізнесу, культурні традиції, рівень регулювання соціально-трудо-вих відносин у галузі, стан економічної кон'юнктури, ситуація на ринку праці. Необхідно аналізувати наявність конкуренції, джерела комплектування, структурний і професійний склад вільної робочої сили;

2) до внутрішніх чинників належать:

а) мета підприємства. Для підприємств, націлених на швидке одержання прибутку і наступне згортання діяльності, потрібні зовсім інші професіонали порівняно з підприємствами, орієнтованими на поступове розгортання великого виробництва;

б) стиль управління, що впливає на організаційну культуру, формує стереотипи робочих і неформальних відносин на підприємстві. Підприємствам, побудованим жорстко централізованим чином, та тим, що віддають перевагу децентралізації, потрібен різний склад професіоналів;

в) особливості організації праці, що є одним з основних факторів, який впливає на формування кадрової політики підприємства. Інвестиції в поліпшення становища працівників за цим фактором багаторазово окупаються зростанням продуктивності й якості праці;

г) якісні характеристики трудового колективу, оскільки робота в складі успішного колективу може бути додатковим стимулом, що сприяє стабільній продуктивній роботі та задоволеності працею;

г) тип влади;

д) імідж підприємства.

Механізм реалізації кадрової політики підприємства являє собою систему планів, норм і нормативів, організаційних, адміністративних, соціальних, економічних та інших заходів, спрямованих на вирішення кадрових проблем і задоволення потреб підприємства в персоналі.

Головною особливістю всієї системи ефективної кадрової політики на підприємстві є та обставина, що чималу частку роботи з персоналом повинні виконувати лінійні керівники, а працівники кадрової служби зобов'язані допомагати їм у цьому, забезпечувати відповідну підтримку. Основними правилами в цьому випадку є такі:

- ❖ кожен керівник – керівник персоналу;
- ❖ кожен директор – директор з кадрів, незалежно від того, за яку сферу діяльності він відповідає;
- ❖ кадрова грамотність є найважливішим елементом, що визначає просування по службі менеджерів усіх ланок.

П. Друкер зазначає [10.89]: людьми не треба «керувати». Завдання – скеровувати людей... Замість того, щоб шукати єдино правильний тип організації, менеджмент повинен навчитися виявляти, вибудовувати та перевіряти на практиці організаційні структури, які відповідають поставленим завданням. Різними групами працівників потрібно керувати по-різному; тією самою групою працівників слід керувати по-різному в різних ситуаціях.

Д. Грест вважає, що кадрова політика підприємства повинна забезпечити:

- організаційну інтеграцію, коли вище керівництво і лінійні керівники сприймають розроблену та добре скоординовану стратегію управління людськими ресурсами як «свою власну» і реалізують її у своїй оперативній роботі, тісно взаємодіючи з функціональними службами;
- високий рівень відповідальності всіх працівників, під яким розуміють як ідентифікацію з базовими цінностями підприємства, так і наполегливу, індуктивну реалізацію визначених цілей у практичній роботі;
- функціональність – варіантність функціональних завдань, що передбачає відмову від традиційного, жорсткого розмежування різних видів робіт, а також використання різноманітних форм трудових контрактів (повна, часткова і погодинна зайнятість);
- структурність – адаптація до безперервного навчання, організаційних змін, гнучкість організаційно-кадрового потенціалу, висока якість роботи і її результатів, умов праці (робоче середовище, зміст роботи, задоволеність працівників).

Доцільно визначити такі етапи формування кадрової політики підприємства [10.88]:

а) **нормування**: узгодження принципів і цілей роботи з персоналом із принципами і цілями підприємства в цілому, стратегією його розвитку. Необхідно провести аналіз корпоративної культури, стратегії та рівня розвитку підприємства, прогнозувати можливі зміни, конкретизувати образ бажаного працівника, шляхи його формування та цілі роботи з персоналом;

б) **програмування**: розробка програм, шляхів досягнення цілей кадрової роботи з огляду на умови теперішніх і можливих змін ситуації. Необхідно побудувати систему процедур і заходів щодо досягнення цілей, зважаючи як на теперішній стан, так і на можливості змін. На розробку таких програм впливає вибір прийнятних інструментів і способів впливу, їх узгодження з цінностями підприємства. У цьому випадку для корпоративної культури, що культивує дух «єдиної родини», недоцільно при наборі персоналу використовувати строгі та жорсткі психологічні тести, більше уваги варто приділяти процедурам співбесід, груповим заходам, моделюванню реальних виробничих ситуацій тощо;

в) **моніторинг персоналу**: розробка процедур діагностики і прогнозування кадрової ситуації. Необхідно виділити індикатори стану кадрового потенціалу, розробити програму постійної діагностики і механізм вироблення конкретних заходів

для розвитку і використання знань, умінь і навичок персоналу. При цьому є доцільною оцінка ефективності кадрових програм і розробка методики їх оцінки. Для підприємств, що проводять постійний моніторинг персоналу, безліч окремих програм кадрової роботи (оцінка й атестація, планування кар'єри, підтримка ефективного робочого клімату, планування тощо) вноситься в єдину систему внутрішньопов'язаних завдань, способів діагностики і впливу, способів прийняття і реалізації рішень. У такому разі можна говорити про існування кадрової політики як інструменту управління підприємством.

При визначенні кадрової політики слід зважувати на такі елементи:

- ⇒ розробка загальних принципів кадрової політики, визначення пріоритетів цілей;
- ⇒ організаційно-штатна політика – планування потреби в персоналі, формування структури та штату, призначення, створення резерву, переміщення;
- ⇒ інформаційна політика – створення та підтримка системи руху кадрової інформації;
- ⇒ фінансова політика – формулювання принципів розподілу засобів, забезпечення ефективної системи стимулювання праці;
- ⇒ політика розвитку персоналу – забезпечення програми розвитку, профорієнтація й адаптація працівників, планування індивідуального просування, формування команд, професійна підготовка та підвищення кваліфікації;
- ⇒ оцінка результатів діяльності – аналіз відповідності кадрової політики та стратегії підприємства, виявлення проблем у кадровій роботі, оцінка кадрового потенціалу.

Урахування психологічних особливостей персоналу при проведенні кадрової політики

Проведення ефективної кадрової політики потребує якісного оцінювання персоналу.

Оцінювання персоналу є процедура [10.90], що здійснюється з метою виявлення ступеня відповідності професійних, ділових та особистих якостей працівника, кількісних і якісних результатів його трудової діяльності визначеним вимогам, поставленим цілям.

Колот А.М. вважає [10.91], що в теорії і на практиці розрізняють два види оцінки персоналу: самооцінку та зовнішню оцінку. Щодо самооцінки слід зазначити, що в підсвідомості кожної людини існує низка уявлень, еталонів, образів: ідеальний (найбільш узагальнений, важкодоступний) образ «Я»; нормативний образ «Я», тобто уявлення про те, якою має бути людина, щоб інші її сприймали та поважали; і нарешті, реальний образ «Я», тобто порівняно об'єктивна оцінка самого себе. Водночас кожна людина має настійну потребу в позитивній оцінці своєї діяльності з боку колективу, керівників, безпосередніх споживачів продуктів праці. Причому зовнішня оцінка тільки в тому разі виконує свої завдання, коли вона виходить від усіх трьох названих суб'єктів. Відсутність одного з видів оцінки може сприяти розвитку навіть негативних явищ.

Оцінці може підлягати рівень знань, навичок, компетенції, результати роботи, потенціал працівника щодо виконання технічних чи інших завдань, особистісні характеристики працівників, потреби працівників, взаємовідносини в колективі, рівень задоволеності компанією.

Для оцінки професійних і ділових якостей персоналу використовують різноманітні методи, серед яких слід зазначити такі:

Атестація – сукупність дій щодо визначення кваліфікації кандидата (працівника) з виконання конкретного виду робіт. Дані, отримані під час атестації, розглядаються комісією, яка виносить рішення щодо дальшої діяльності в організації.

Керування за цілями – Management by Objectives (MBO) – полягає в спільній постановці завдань керівником і співробітником та оцінці результатів їх виконання по закінченні звітнього періоду.

Управління результативністю – Performance management (PM) – полягає в оцінці не тільки результатів, але і компетенцій співробітників, особистих якостей, необхідних для досягнення поставлених цілей.

Ассесмент-центр (груповий та індивідуальний) – призначений для оцінки співробітників за компетенціями під конкретне кадрове завдання. Може містити в собі поведінкове інтерв'ю, а також кейси (ігрові ситуації), розроблені спеціально під цей набір компетенцій. Вибір змісту ассесмент-центру обумовлюється метою його проведення.

Метод 360° – працівник оцінюється керівником, колегами і своїми підлеглими із заповненням загальної та індивідуальної форм.

Метод інтерв'ю – претендент отримує завдання на проведення співбесіди з декількома кандидатами на робочі місця і прийняття відповідного рішення.

Метод тестування (анкетування) – оцінка різних сторін особистості кандидата (тести на визначення коефіцієнта інтелекту, здібностей, тести особистісних якостей, тести потреб, інтересів, мотивації тощо).

Однак сучасна економіка вимагає від працівника не тільки професійних знань і умінь. Сьогодні провідну роль починають відігравати інші якості — особистісні. Економічна практика дедалі частіше свідчить про те, що ділове життя не завжди будується лише на основі раціональних установок. Багато економічних рішень приймається на підставі не стільки логічної, скільки емоційної оцінки. Психологія, економіка і бізнес дедалі більше поєднуються у виробничному процесі.

Методи оцінки персоналу, орієнтовані на психологічні особливості працівника, а не тільки на його професійні якості, дозволяють визначити схильність до того чи іншого виду діяльності, схильність людини бути лідером або виконавцем, здатність до навчання та засвоєння нових навичок, комунікативні якості тощо.

Для прикладу [10.92]: у США потрібно було обрати 20 людей із 120 претендентів на посади начальників поштових відділень. Після сорокагодинних інтенсивних співбесід, різноманітних тренувань і тестувань кандидатури були відібрані. І саме тест на притаманні особистісні характеристики ідентифікував 19 кандидатур з 20.

Принципова відмінність психологічних підходів у тому, що вони надають можливість оцінити не тільки теперішній стан людини, а й виявити потенціал, спрогнозувати перспективи професійного зростання та взаємовідносин з колегами і керівництвом. Іноді співбесіда та тестування доповнюють одне одного, що свідчить про правильність висновків, іноді – навпаки, що спонукає замислитися та уважніше придивитися до кандидата на визначену посаду. Сутність любого оцінювання полягає у виявленні бажаного та наявного.

Сьогодні багато компаній застосовують методики, запозичені з-за кордону. На жаль, їх адаптація часом зводиться до простого перекладу. До того ж більшість

психодіагностичних програм, що пропонуються для відбору управлінських кадрів, переважно мають вигляд бланкових методик чи серії виокремлених тестів у комп'ютерному вигляді. Вдосконалити цей підхід можна шляхом запровадження цілісної комп'ютерної автоматизованої системи психодіагностики [10.93]. Тому виникла необхідність у вітчизняному продукті, адаптованому до нашого середовища, який би забезпечував комплексне поєднання валідних методик для вирішення практичних завдань щодо виявлення особистісних характеристик персоналу, визначення ймовірних взаємовідносин у колективі тощо.

У Науково-дослідному інституті інфокомунікацій ОНАЗ ім. О.С. Попова створено програмний комплекс тестування «Стимул» [10.94], при розробці якого зважено на зазначені вище завдання. Це, у свою чергу, надало можливість оперувати цифрами та стандартизованими даними. «...Якщо говорити коротко, то повинна бути досягнута гармонія людини та її робочого місця. Відповідно, з одного боку, ми повинні вивчити людину, а з іншого – умови роботи на кожному конкретному робочому місці. Це глобальна проблема, яка чекає свого рішення. Частково її можна вирішити за допомогою тестів» [10.95].

Основою комплексу стало творче переосмислення, адаптація та впровадження на українському ґрунті теорії Вільяма Молтона Марстона (доктор Гарвардського університету, розробник «детектора брехні», 1928 р. – праця «Емоції нормальних людей»), ідей Карла Густава Юнга (1921 р. – книга «Психологічні типи»), роботи Уолтера Кларка «Векторний аналіз діяльності», типології особистості Майєрс-Бріггс, що виникла у 40-х роках ХХ століття і набула широкого поширення у 1970–1990 роках; напрацювань Р.М. Белбіна з формування оптимальних робочих груп та ін.

Використання комплексного поєднання цих методик і визначених взаємозв'язків між їх параметрами забезпечує підвищення достовірності отримуваних результатів, дозволяє уникнути суб'єктивних факторів і перейти до більш визначених об'єктивних характеристик. Анкетування триває близько 45 хв, що дозволяє оперативно, не змінюючи та не перериваючи робочих процесів, проводити його за умов діючого виробництва. Комплекс має достатню інформаційну наповненість, що дозволяє практичне використання та не потребує спеціалізованих знань із психології, соціоніки, менеджменту. Забезпечується проведення всіх етапів анкетування – від введення даних анкет до створення звітів.

Після обробки даних анкетування на їх основі формуються відповідні «профілі» анкетованих і спеціалізовані звіти з різним рівнем деталізації та за різною тематикою (індивідуальні психологічні особливості анкетованого, сумісність у колективі, взаємовідносини типу «керівник–підлеглий», формування робочих команд на основі індивідуальної сумісності та бажаних рольових позицій, ефективні методи мотивації, особливості сприйняття інформації тощо). Визначаються не лише ті задатки, характеристики особи, що спостерігаються на певний час, але й ті, що слід розвивати в майбутньому.

У телекомунікаційних компаніях можна визначити цілу низку посад з цілком певними, необхідними вимогами, що стосуються як професійного, так і особистісного рівня претендента. З іншої сторони, кожному працівнику притаманний певний набір особистісних характеристик, від яких буде залежати ефективність його роботи на кожному конкретному місці. Формування «шаблонів» груп професій, які характеризують загальні психологічні вимоги до роботи в якомусь професійному напрямку, дозволяє ефективно та об'єктивно вирішувати завдання

добору та розстановки кадрів. Використання «шаблонів» професій покращує проф-орієнтацію молоді. Це дозволяє вже під час навчання у ВНЗ скоригувати навчання відповідно до особистих схильностей.

У кожному трудовому колективі існують певні взаємини, що покладають свій відбиток на кінцевий результат економічної діяльності підприємства. Облік і відстеження цих взаємин надзвичайно важливі. Одного разу у Генрі Форда запитали: «Що найцінніше у вашій компанії?». Він, не замислюючись, відповів: «Персонал. Якщо сьогодні я втрачу свої мільйони, то завтра я знову їх зароблю зі своїми людьми». Ось так стисло і лаконічно Генрі Форд дав оцінку тому, що означає персонал в будь-якій компанії.

Персонал – це команда, яка формується днями, місяцями, роками, це сукупність професійних, ділових і особистісних якостей її учасників.

Формування команди є стратегічним завданням, яке чималою мірою визначає кінцевий результат.

«Людський фактор є визначальним як з погляду досягнення в розвитку виробництва, так і його занепаду, вчинення аварій і навіть катастроф» [10.96]. Дослідники виділяють безліч видів команд (управлінські, проектні, ділові, тренінгові, цільові, самоврядні) та критеріїв до них (мета, склад, тривалість спільної роботи). При цьому стан команди залежить від роліової структури команди. Пошук кандидатів у команду – це відповідальний процес, який безпосередньо впливає на структуру створюваної команди; необхідно не просто підібрати персонал, але й забезпечити оптимальне функціонування, створити єдиний комунікаційний простір. Не менш істотну роль відіграє забезпечення відповідної мотивації для кожного учасника на основі особистісних якостей і прагнень.

Вирішальне значення для ефективної діяльності створюваної команди має психологічна сумісність її членів. Проблема в тому, що людську сумісність оцінити складніше, ніж технічну компетентність.

Члени команди менеджерів сприяють досягненню цілей команди двома шляхами:

- а) вони можуть добре виконувати персональну командну роль, плідно, як того вимагає ситуація, використовуючи свої професійні та технічні знання;
- б) у кожного члена команди є і потенційно цінна командна роль, яку він тією чи іншою мірою виконує.

Кожній команді необхідний оптимальний баланс у виконанні функціональних і командних ролей всіма членами команди. Ідеальне поєднання ролей визначається завданнями, що стоять перед командами. Команда може використати свої технічні ресурси найвигідніше тільки тоді, коли є необхідний для ефективної спільної роботи набір командних ролей.

Ефективність команди буде зростати відповідно до того, наскільки правильно члени команди визначають свої сильні та слабкі сторони, налаштовуються на використання в інтересах командної роботи сильних і на нейтралізацію слабких сторін при виконанні функціональних і командних ролей.

Поняття «ролі» об'єднує дві реалії – бізнес-процес і людський фактор. Зважити кожен зі складових є абсолютно необхідним для комплектації управлінської (самокерованої) команди і побудови ефективної командної діяльності на підставі ролевих підходів.

Для того щоб працівник прийняв командну, функціональну або управлінську роль, він, як мінімум, повинен знати, що від нього вимагається. Якщо від нього

очікують дуже багато (і він це приймає) або рольові вимоги містять протиріччя, то може спостерігатися рольове перевантаження або рольовий конфлікт. Рольове недовантаження може виникати тоді, коли від працівника очікують виконання незначного обсягу роботи.

Традиційно виділяють **функціональні та командні (групові) ролі**:

а) **функціональні ролі** розкриваються через предметний зміст діяльності (фінансової, маркетингової, виробничої);

б) **командні (групові) ролі** – через внесок у діяльність, яка не є вузько спеціалізованою, у комунікативну і динамічні групові відносини всередині та поза командою.

Виявлення ймовірних міжособистісних стосунків в окремому колективі дозволить ефективніше вирішувати питання розстановки кадрів та сприятиме підвищенню ефективності роботи. Анкетування забезпечує перевірку психологічної сумісності претендента на посаду перед зарахуванням у конкретний трудовий колектив, гармонізацію мікроклімату в колективі, можливу оптимізацію складу колективу з огляду на рольові позиції в команді, професійні функції.

Ефективність діяльності підприємств зростає на підставі покращення відношення працівників до виконуваної роботи шляхом підбору для них найбільш оптимальних, з огляду на психологічні та професійні можливості, робочих місць, зменшення витрат від некоректної розстановки кадрів і непродуктивних витрат на перенавчання, вибору оптимальної політики мотивації з огляду на індивідуальні особливості працівників і можливості підприємства. Зниження плинності кадрів, в свою чергу, сприяє зростанню конкуренції за кожне робоче місце і, відповідно, підвищенню у працівників мотивації до зростання власного професіоналізму.

Застосування індивідуальних мотиваційних підходів є ще одним суттєвим елементом ефективної кадрової політики. **Мотивація** – сукупність внутрішніх стимулів кожної людини або групи людей до діяльності, яка спрямована на досягнення цілей організації [10.97]. Завдання кадрової політики полягає у правильній мотивації роботи персоналу для ефективного використання здібностей, знань і умінь, для швидкого впровадження та використання нових технологій. **Програма мотивації** – система заходів, що вживаються протягом певного проміжку часу, спрямована на стимулювання певних учасників проекту до певної поведінки. Програми мотивації створюються під управлінням керівника та менеджера з персоналу за участю інших ключових учасників і співробітників компанії.

Очевидно, що для співробітників різного рівня повинні бути розроблені різні мотиваційні програми, тому що в них можуть бути абсолютно різні стимули і системи переваг. На різних етапах доцільно використовувати різні програми мотивації. Особистісні установки і мотиваційні переваги можуть змінюватися з часом, тому для гармонізації відносин в команді їх оптимізації бажано завжди відстежувати їх зміни.

Підбір персоналу з врахуванням притаманних психологічних особливостей при призначенні на робочі місця, що безпосередньо пов'язані із спілкуванням з клієнтами, забезпечує застосування ефективних стратегій спілкування з клієнтами, сприяє встановленню партнерських відносин і, відповідно, зростанню рівня наданих послуг. Довіра при спілкуванні з іншою людиною зростає при врахуванні інформації про те, ким є співрозмовник (візуал, аудіал, кінестетик, дискрет), і застосуванні комфортних для нього способів спілкування.

Виявлення особистісних характеристик персоналу сприяє розв'язанню завдань кадрової політики і вирішенню низки важливих проблем ефективного функціонування підприємств та досягненню необхідних економічних результатів, а саме:

- ◇ виявлення особистісних і ділових якостей персоналу, що впливають на економічну ефективність;
- ◇ організація ефективного підбору та розстановки персоналу, формування кадрового резерву, уникнення плінності кадрів;
- ◇ визначення найбільш і найменш придатних рольових позицій, виявлення відсутніх ролей у робочих групах, командах; згуртування колективу;
- ◇ підвищення ефективності корпоративних програм, навчання та розвитку персоналу, оцінка перспектив кар'єрного зростання;
- ◇ своєчасне визначення та попередження кризових процесів, створення продуманої стратегії роботи;
- ◇ оптимізація мотиваційної сфери, виявлення найбільш дієвих форм та рівнів заохочення;
- ◇ отримання додаткового доходу за рахунок ефективного застосування можливостей персоналу;
- ◇ зростання ефективності роботи підприємства завдяки застосуванню виявлених резервів кадрового потенціалу сприяє підвищенню авторитету влади в цілому та збільшує рівень довіри населення до впровадження державних програм;
- ◇ робота підприємства на якісно новому рівні обслуговування сприяє зростанню авторитету України у світі, підвищує довіру до неї з боку іноземних держав та потенційних інвесторів;
- ◇ всебічне задоволення потреб населення роботою підприємства сприяє зменшенню скарг та, відповідно, навантажень на апарати державних структур, задіяних у їх розгляді;
- ◇ врахування індивідуальних особливостей характеру працівника забезпечує його максимальну трудову ефективність, високу продуктивність праці та внутрішню гармонію. Як наслідок, мінімізуються витрати на соцзабезпечення, лікарняні тощо;
- ◇ вибір кандидата на визначену посаду здійснюється відповідно до об'єктивних характеристик відношення до праці і забезпечує формування кадрового резерву.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 10.1. Пастухова В.В. Стратегічне управління підприємством: філософія, політика, ефективність. – К.: Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2002.
- 10.2. Томпсон А.А.,мл., Стрикленд А. Дж. III Стратегический менеджмент. – М.: Инфра – М, 2001.
- 10.3. Шершньова З.Є. Стратегічне управління. – К.: КНЕУ, 2004.
- 10.4. Організаційна структура British Telecom plc.: за станом на 24.07.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.btplc.com/Thegroup/Ourcompany/Groupbusinesses/index.htm>
- 10.5. Організаційна структура Deutsche Telekom AG: за станом на 24.07.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.telekom.com/management-board>
- 10.6. Організаційна структура Koninklijke KPN N.V.: за станом на 24.07.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.kpn.com/corporate/aboutkpn/Company-profile/company-profile/the-company-organization.htm>
- 10.7. Інформація про ВО «Азтелеком»: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.aztelekom.net/new/about.php?lang=ru>
- 10.8. Інформація про РУП «Белтелеком»: за станом на 30.07.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://beltelecom.by/about>
- 10.9. Інформація про ЗАТ «Арментел»: за станом на 30.07.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://about.beeline.am/ru/about/company.wbp>
- 10.10. Інформація про АТ «Казахтелеком»: за станом на 30.07.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.telecom.kz/index.php?muin=1240668570&lang=rus>
- 10.11. Інформація про ВАТ «Киргизтелеком»: за станом на 31.07.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.kt.kg/about_us/
- 10.12. Інформація про АТ «Moldtelecom»: за станом на 31.07.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.moldtelecom.md/ru/companie>
- 10.13. Інформація про ВАТ «Ростелеком»: за станом на 31.07.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.rostelecom.ru/about/info/>
- 10.14. Інформація про ВАТ «Точіктелеком»: за станом на 31.07.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.rostelecom.ru/about/info/>
- 10.15. Інформація про ВАТ «Їзбектелеком»: за станом на 30.07.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.uztelecom.uz/ru/company/history/>
- 10.16. Інформація про ПАТ «Укртелеком»: за станом на 30.07.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.ukrtelecom.ua/about/finance/results_finance/2011_6
- 10.17. Організаційна структура ВО «Азтелеком»: за станом на 30.07.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.aztelekom.org/index.php?id=368>
- 10.18. Організаційна структура АТ «Казахтелеком»: за станом на 30.07.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.telecom.kz/index.php?muin=1234700206&mchapter=1234859020&lang=rus>
- 10.19. Організаційна структура ВАТ «Киргизтелеком»: за станом на 31.07.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.kt.kg/about_us/
- 10.20. Організаційна структура АТ «Moldtelecom»: за станом на 31.07.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.moldtelecom.md/common/Images/content/organigram_moldtelecom_ru.jpg
- 10.21. Організаційна структура ВАТ «Точіктелеком»: за станом на 31.07.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.tajiktelecom.tj/structura.html>
- 10.22. Андерсен Бьєрн. Бизнес-процессы. Инструменты совершенствования / Андерсен Бьєрн; [пер. с англ. С.В. Ариничева]; науч. ред. Ю.П. Адлер. – М.: РИА «Стандарты и качество», 2003. – 272 с. – (Серия «Практический менеджмент»).
- 10.23. Бон Я. Введение в ИТ сервис-менеджмент / Бон Я., Кеммерлинг Г., Пондман Д.; пер. с англ., под. ред. Ю. Потоцкого. – М.: IT Expert, 2003. – 225 с.

- 10.24. Вендров А.М. Проектирование программного обеспечения экономических информационных систем: [учебник] / Вендров А.М. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 544 с.
- 10.25. Войнов И.В. Моделирование экономических систем и процессов. Опыт построения ARIS-моделей: [монография] / Войнов И.В., Пудовкина С.Г., Телегин А.И. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2002. – 392 с.
- 10.26. Кулопулос Томас М. Необходимость Workflow. Решения для реального бизнеса / Кулопулос Томас М. – М.: Весть-Метатехнология, 2000. – 384 с.
- 10.27. Минцберг Г. Стратегический процесс. Концепции, проблемы, решения / Минцберг Г., Куинн Дж. Б., Гошал С.; пер. с англ. Ю.Н. Каптуревского. – СПб: Питер, 2001. – 688 с. – (Серия «Теория и практика менеджмента»).
- 10.28. Ойхман Е.Г. Реинжиниринг бизнеса: реинжиниринг организаций и информационные технологии / Ойхман Е.Г., Попов Э.В. – М.: Финансы и статистика, 1997. – 332 с.
- 10.29. Портер М. Конкуренция / Майкл Портер; пер. с англ. Я.В. Заблочного. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2001. – 495 с.
- 10.30. Репин В.В. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов / Репин В.В., Елиферов В.Г. – М.: РИА «Стандарты и качество», 2004. – 408 с.
- 10.31. Ротер М. Учитесь видеть бизнес-процессы. Практика построения карт потоков создания ценности / Майк Ротер, Джон Шук; пер. с англ. Г. Муравьева. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. – 144 с.
- 10.32. Рубцов С.В. Целевое управление в корпорациях. Управление изменениями / Рубцов С.В. – М., 2001. – 136 с.
- 10.33. Хаммер М. Бизнес в XXI веке: повестка дня / Майкл Хаммер; пер. с англ. Т. Таланова. – М.: Добрая книга, 2005. – 336 с.
- 10.34. Хаммер М. Реинжиниринг корпорации: манифест революции в бизнесе / М. Хаммер, Дж. Чампи; пер. с англ. Ю.Е. Корнилович. – СПб: Изд. С.-Петербургского университета, 2006. – 287, [17] с.
- 10.35. Харрингтон Дж. Оптимизация бизнес-процессов. Документирование, анализ, управление, оптимизация / Харрингтон Дж., Эсселинг К.С., Нимвеген Х.В. – СПб: БМИ-крос, 2002. – 331 с.
- 10.36. Чаадаев В.К. Бизнес-процессы в компаниях связи / Чаадаев В.К. – М.: Эко-Трендз, 2004 – 176 с.
- 10.37. Шеер А.В. Моделирование бизнес-процессов / Шеер А.В.; пер. с англ. Н.А. Михайловой, под. ред. М. Каменнова. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – М.: Весть-Метатехнология, 2000. – 205 с.
- 10.38. TMF GB921 Version 4.0 – Enhanced Telecom Operations Map (eTOM) / Розширена карта бізнес-процесів операторів телекомунікацій. – Режим доступу: <http://www.tmfforum.org/browse.asp?catID=1648> – Міжнародна некомерційна організація TeleManagement Forum.
- 10.39. Центральна спілка споживчих товариств України. Методичні рекомендації з аналізу і оцінки фінансового стану підприємств: за станом на 23.07.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://zakon.nau.ua/doc/?doc_id=281025
- 10.40. Черничко Н.В. Деякі проблеми моделювання діагностики банкрутства підприємства. Науковий вісник НЛТУ України. Збірник науково-технічних праць, 2005, вип. 15.2.
- 10.41. Слав'юк Р.А. Фінанси підприємств: Навч. посібник. Вид. 2-ге, доповн. і переробл. – Луцьк: Ред.-вид. відд. «Вежа» Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки, 2001. – 456 с.
- 10.42. Р.М. Іванчук, О.А. Іванчук, В.В. Толстоп'ятов. Фінансова діагностика кризового процесу за допомогою методу єдиної системи нерівностей коефіцієнтів. Економічний вісник Донбасу № 1 (23), 2011.
- 10.43. Фінансовий звіт ЗАТ «Арментел»: за станом на 30.07.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://about.beeline.am/ru/documents/docs.wbp>
- 10.44. Балансовий звіт РУП «Белтелеком»: за станом на 30.07.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://beltelecom.by/balansovye-otchetu>

10.45. Фінансова звітність АТ «Казахтелеком»: за станом на 30.07.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.telecom.kz/?muin=1254881541&mchar-ter=1255060841&lang=rus>

10.46. Фінансова звітність ВАТ «Киргизтелеком»: за станом на 31.07.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.kt.kg/about_us/documents_and_tender/financial_statements/2011otchet.pdf

10.47. Річні звіти ВАТ «Ростелеком»: за станом на 31.07.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.rostelecom.ru/ir/results_and_presentations/ar/

10.48. Фінансова звітність ПАТ «Укртелеком»: за станом на 30.07.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.ukrtelecom.ua/about/finance/financial_reports

10.49. Антонюк Л.Л. Інновації: теорія, механізм розробки та комерціалізації / Л.Л. Антонюк, А.М. Поручник, В.С. Савчук: Монографія. — К.: КНЕУ, 2003. — 394 с.

10.50. Бутнік-Сіверський О.Б. Економіка інтелектуальної власності / Бутнік-Сіверський О.Б. — К.: Ін-т інтел. власн. і права, 2004. — 296 с.

10.51. Воронкова А.Э. Стратегическое управление конкурентоспособным потенциалом предприятия: диагностика и организация: [монография] / Воронкова А.Э. — Луганск: Изд-во Восточно-Украинского национального университета, 2000. — 315 с.

10.52. Голубицкая Е.А. Экономика связи / Е.А Голубицкая., Г.М. Жигульская. — М.: Радио и связь, 2003. — 392 с.

10.53. Грицуленко С.І. Інтелектуальний потенціал в інноваційній моделі розвитку оператора зв'язку: дис. канд. екон. наук: 08.00.04 / Світлана Іванівна Грицуленко. — Одеса, 2008. — 228 с.

10.54. Економіка галузі зв'язку: підруч. для вузів і фах. зв'язку: у 2 т. / Держком. зв'язку та інформ. України, Українська держ. акад. зв'язку; [за заг. ред. В.М. Орлова, Ф.З. Мардаровського, Н.Ю. Потапової-Сінько]. — О.: УДАЗ, 1999. — Т. 1–2.

10.55. Закон України «Про інноваційну діяльність» від 04.07.02 р. № 40-IV. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi>.

10.56. Кокурин Д.И. Инновационная деятельность: [монография] / Кокурин Д.И. — М.: Экзамен, 2001. — 576 с.

10.57. Краснокутська Н.В. Інноваційний менеджмент: навч. посіб. [для студ. вищ. навч. закл.] / Краснокутська Н.В. — К.: КНЕУ, 2003. — 504 с.

10.58. Основы инновационного менеджмента. Теория и практика: учебник / [Л.С. Барютин и др.; под ред. А.К. Казанцева, Л.Э. Миндели. — 2-е изд. перераб. и доп.]. — М.: ЗАО «Издательство «Экономика», 2004. — 518 с.

10.59. Уманський І.І. Формування та розвиток інноваційного потенціалу оператора зв'язку: дис. канд. екон. наук: 08.00.04 / Ігор Іванович Уманський. — Одеса, 2012. — 211 с.

10.60. Тарифні плани ТОВ «Azercell Telecom»: за станом на 30.07.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.azercell.com/ru/tariffs/>

10.61. Тарифні плани ТОВ «Мобільні ТелеСистеми» (Білорусь): за станом на 30.07.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.mts.by/tariffs/>

10.62. Тарифні плани ЗАТ «K-Telecom/ VivaCell MTS»: за станом на 30.07.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.mts.am/ru/individual-customers/tariffs-and-discounts-for-calls/all-tariffs>

10.63. Тарифні плани «GSM Kazakhstan/K'cell» за станом на 30.07.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.kcell.kz/ru/businessproduct/show/1111/false?navipageId=923>

10.64. Тарифні плани ТОВ «Sky mobile/ Beeline»: за станом на 31.07.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://mobile.beeline.kg/ru/main/tarifs/all/index.wbp>

10.65. Тарифні плани Orange Moldova: за станом на 31.07.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.orange.md/?c=2&sc=22&l=2>

- 10.66. Тарифні плани ТОВ «Мобільні ТелеСистеми» (Росія): за станом на 31.07.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.mts.ru/tariffs/tariffs/>
- 10.67. Тарифні плани ЗАТ «Вавилон-мобайл»: за станом на 31.07.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.babilon-m.com/tarifs/>
- 10.68. Тарифні плани ТОВ «Мобільні ТелеСистеми» (Узбекистан): за станом на 30.07.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.mts.uz/ru/tariff/>
- 10.69. Тарифні плани ПрАТ «Київстар ДЖ.ЕС.ЕМ.»: за станом на 30.07.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.kyivstar.ua/ru/mm/mobile/tariffs/#prepaid>
- 10.70. Тарифні плани РУП «Белтелеком»: за станом на 30.07.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://beltelecom.by/private/telephony/installation-and-use>
- 10.71. Тарифні плани ЗАТ «Арментел»: за станом на 30.07.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://phone.beeline.am/ru/main/tarifs/index.wbp>
- 10.72. Тарифні плани АТ «Казахтелеком»: за станом на 30.07.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.telecom.kz/index.php?uin=1235013855&actn=home&lang=rus>
- 10.73. Тарифні плани ВАТ «Киргизтелеком»: за станом на 31.07.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.kt.kg/telephony/telephone_system/
- 10.74. Тарифні плани АТ «Moldtelecom»: за станом на 31.07.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.moldtelecom.md/ru/persons/fix/fix/Abonament/tarife/>
- 10.75. Тарифні плани ВАТ «Ростелеком»: за станом на 31.07.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.moscow.rt.ru/hometel/local>
- 10.76. Тарифні плани ВАТ «Точіктелеком»: за станом на 31.07.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.tajiktelecom.tj/tarifs/mestnaya_fix.html
- 10.77. Тарифні плани ВАТ «Узбектелеком»: за станом на 30.07.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.uztelecom.uz/upload/files/preyskurant_125_1_1_rus.pdf
- 10.78. Тарифні плани ПАТ «Укртелеком»: за станом на 30.07.2012, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ukrtelecom.ua/services/customers/cityphone/connect/tarifs>
- 10.79. Концепція розвитку телекомунікацій в Україні [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/316-2006-p>.
- 10.80. Маслов Е.В. Управление персоналом предприятия: учебное пособие / Под ред. П.В. Шемегова. – М.: ИНФРА-М; Новосибирск: НГАЭиУ, 1999. – 312 с.
- 10.81. Крушельницька О.В. Управління персоналом: навч. посіб. / О.В. Крушельницька, Д.П. Мельничук. – К.: Кондор, 2003. – 296 с.
- 10.82. Саакян А.К., Зайцев Г.Г., Лашманова Н.В., Дягилева Н.В. Управление персоналом в организации: учеб. пособие. – СПб.: Питер, 2001. – 356 с.
- 10.83. Тейлор Ф.У. Принципы научного менеджменту. – М.: Контролінг, 1991. – 104 с.
- 10.84. Файоль А. Загальне і промислове управління. – М.: Контролінг, 1992. – 344 с.
- 10.85. Управління і проблема кадрів. – М.: Економіка, 1972. – С.79.
- 10.86. Щьокін Г.В. Основи кадрового менеджменту / Г.В. Щьокін. – К.: МАУП, 2004. – 280 с.
- 10.87. Балабанова Л.В., Сардак О.В. Управління персоналом: навч. посіб. / Л.В. Балабанова, О.В. Сардак – К.: Центр учбової літератури, 2011. – 468 с.
- 10.88. Базаров Т.Ю. Еремін Б.Л. Управление персоналом: учебное пособие / под ред. Т.Ю. Базарова, Б.Л. Еремина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ, 2002. – 560 с.
- 10.89. Друкер, Питер, Ф. Энциклопедия менеджмента.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 432 с.: илл. с. 40–42.
- 10.90. Савченко В.А. Управління розвитком персоналу: навч. посіб. / В. А. Савченко. – К.: КНЕУ, 2002. – 351 с.
- 10.91. Колот А.М. Мотивація персоналу: Підручник / А.М. Колот. – К.: КНЕУ, 2002. – 337 с.

10.92. Креативное мышление / Алан Дж.Роу; пер. с англ. Островского В.А. – М.: НТ Пресс, 2007. – 176 с.: илл. – (Библиотека лидера). – С.73.

10.93. Чебикін О. Комп'ютерне тестування особистісних професійно важливих якостей магістрів державного управління / Вісник державної служби України – № 2. – 2002.

10.94. Воробієнко П.П., Озарко К.С., Опотяк Ю.В. Дослідження особистісних характеристик персоналу у діяльності підприємств за допомогою програмного комплексу «Стимул» // Вісник соціально-економічних досліджень. – 2012. – № 1 (44). – С. 161–166.

10.95. Воробієнко П.П. Развитие человеческого капитала: тестирование при принятии на работу и карьерном росте // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С.Попова. – О.: Видавництво ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2008. – С. 90–92.

10.96. Построение команды [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://managerok.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=112&Itemid=132

10.97. Большой энциклопедический словарь. – 2-е изд. доп. и перераб. / Под ред. Азрилияна А.Н. – М.: Ин-т новой экономики, 1997. – 867 с.

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

Розділ 11 ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

11.1. Системи адресації зі змінним розміром мережної адреси

Складний та тривалий шлях еволюції телекомунікаційних технологій, що застосовуються сьогодні в телекомунікаційних мережах, призвів до появи проблеми надлишковості службової інформації. Це пояснюється, насамперед, необхідністю узгодження роботи протоколів різних рівнів моделі OSI між собою. Така необхідність виникла ще на зорі формування сучасної телекомунікаційної інфраструктури, коли на шляху між відправником та одержувачем інформація могла проходити крізь десятки сегментів, що побудовані за різними технологіями. Однак уже сьогодні, зокрема завдяки зростаючій популярності технології Ethernet, щодо службових, корпоративних або навіть операторських мереж спостерігається уніфікація технологій, що наштовхує винахідників на ідеї поєднання частини рівнів моделі OSI (Open System Interconnection) з метою спрощення реалізації та підвищення ефективності роботи мереж [11.1–11.3].

Одним з найбільш дієвих та поширених механізмів такої оптимізації є використання мережних адрес (ідентифікаторів) змінного розміру [11.3]. Слід, однак, зазначити, що, висуваючи свої ідеї зі зменшення протокольної надлишковості, винахідники подекуди не поглиблюються в можливість їх практичної реалізації і, зважаючи на це, більшість таких ідей залишається лише в теорії.

Низка відомих сьогодні систем адресації зі змінним розміром мережної адреси, які передбачають використання Ethernet мереж для транспортування навантаження, використовує для ідентифікації вузлів поля «MAC-адреса одержувача» та «MAC-адреса відправника» стандартного Ethernet-кадру [11.4]. Це стає можливим завдяки тому, що MAC-адреси при передачі кадрів мережею комутаторами не аналізуються (якщо такий режим не застосовується спеціально), а лише перевіряються на предмет збігу із записами в таблицях комутації.

Саме цей принцип покладено в основу запропонованої технології EX [11.4], яка базується на модифікації технології Ethernet та передбачає використання службової інформації протоколів транспортного, мережного та каналного рівнів у складі єдиного заголовку змінного розміру.

Очевидно, що застосування цієї технології передбачає створення досить великих мереж, які працюють на базі однієї технології каналного рівня. Однак зважаючи на те, що технологія Ethernet використовує плоску систему MAC-адресації [11.5], у великих Ethernet-мережах збільшуються розміри таблиць комутації, що часто призводить до збільшення часу обробки кадрів.

Задля подолання цієї проблеми технологія EX передбачає використання ієрархічних систем адресації із розділенням адреси на мережну частину та вузлову. Саме цей принцип покладено в основу методів змінної довжини маски підмережі

VLSM (Variable Length Subnet Mask) та безкласової адресації CIDR (Classless Inter-Domain Routing), які сьогодні широко використовуються в TCP/IP-мережах [11.6].

Довжина адреси в технології ЕХ може бути двох типів: динамічно змінювана або фіксована та поділена на три класи (з погляду особливостей практичної реалізації) відповідно до її розміру – менша, дорівнює 6 байтам або більша за цю величину.

Слід також зазначити, що можливість використання технології ЕХ без заміни мережного обладнання визначається розрядністю адреси та налаштуванням існуючого обладнання.

Так, наприклад, при використанні адреси розміром 6 байт є можливість застосувати звичайні Ethernet-комутатори. Однак слід зазначити, що в 6 байтах адреси буде й інформація щодо протоколів вищого рівня (номери портів тощо), яка весь час змінюватиметься, що призведе до появи в мережі ширококомовних штормів.

При використанні мережних адрес з розміром менше 6 байт застосування мережних карт, інсталюваних у сучасних комп'ютерах, комутаторах та маршрутизаторах залишається можливим лише у випадку доповнення адреси 48 біт однаковим заповнювачем (із частковою втратою ефективності). В іншому випадку до складу 6 байт, що порівнюються комутаторами в таблицях комутації, потраплятиме змінна інформація, що, як і в попередньому випадку призведе до ширококомовних штормів у мережі.

У свою чергу, при використанні адрес з розміром понад 6 байт, в яких адресна інформація вузла обіймає перші 6 байт, а решта адреси містить інформацію вищих рівнів моделі OSI (зокрема, номер порту, ідентифікатор протоколу тощо), залишається можливість використання вже існуючих комутаторів без їх заміни або перепрограмування.

Очевидно, що використання мережних адрес з динамічно змінюваним розміром накладає такі самі обмеження на існуючу телекомунікаційну інфраструктуру.

Прикладами типового місця застосування альтернативної мережної технології ЕХ є мережа датацентру, ядро мережі оператора зв'язку, корпоративні мережі, які характеризуються передачею великих обсягів даних або великою інтенсивністю мережних запитів.

Переведення таких мереж на використання технології ЕХ дозволить зменшити час передачі корисних даних між вузлами мережі, що, у свою чергу, зменшує загальний час роботи мережних вузлів в активному стані та, як наслідок, зменшує енергоспоживання мережних пристроїв, їх тепловиділення, споживання електроенергії пристроями кондиціонування. За рахунок зменшення часу на передачу даних вивільняється частина каналу зв'язку, який є продуктом комерціалізації, тобто збільшується кількість ресурсів, які можна надавати в оренду [11.4]. Збільшення швидкодії мережі покращує показник часу доступності серверів (аптайм), що є основним критерієм оцінки якості роботи датацентру. Завдяки цьому зменшиться час роботи мережних сервісів, якими користуються клієнти. Наприклад, якщо на певних серверах датацентру розміщена електронна бібліотека, то користувачі бібліотеки витрачатимуть менше часу на завантаження ресурсів бібліотеки, як наслідок, частіше обиратимуть саме цю бібліотеку за рахунок її швидкодії. Серед актуальних можливих галузей застосування технології можна виділити також кліматичні дослідження, дослідження космічних просторів, геодезичні обчислення тощо.

Варті окремої уваги пошукові системи та соціальні мережі. Компанії, які володіють такими системами, як правило, мають власні датацентри. Для таких ком-

паній переваги переведення мережі на використання технології ЕХ особливо відчутні: окрім заощадження ресурсів, за рахунок збільшення швидкодії мережного оточення вони зможуть збільшити прихильність своїх користувачів та залучити нових.

Технологія ЕХ може бути використана і в корпоративних (наприклад, банківських) мережах і мережах передачі даних великих підприємств та їх філіалів. При цьому основними перевагами переведення мережі підприємства на альтернативну технологію можна вважати збільшення швидкодії мережі та звільнення частини пропускної спроможності каналів зв'язку, що поєднують філіали з головним офісом.

Зрозуміло, що заходи, які слід провести для переведення мережі на використання альтернативної технології, визначаються, насамперед, наявним в мережі обладнанням та розміром адреси, який планується використовувати. Для розрахунку економічного ефекту від упровадження альтернативної мережної технології авторами було запропоновано відповідну методику [11.4].

Залежно від вищезазначених факторів можна визначити спосіб практичної реалізації технології, що передбачає використання адрес змінного розміру. Так, наприклад, зважаючи на очевидну неефективність застосування мережних адрес розміром менш ніж 6 байт при збереженні існуючої мережної архітектури (із використанням Ethernet комутаторів), така реалізація є доцільною лише за умов розробки (перепрограмування) апаратної платформи комутаторів (зважаючи на ефект ширококомовного шторму). Однак така сама схема (використання адрес розміром менш ніж 6 байт) є цілком припустимою при організації з'єднання між двома вузлами в режимі «точка–точка».

Також на спосіб реалізації технології зі змінним розміром мережної адреси безпосередньо впливають вимоги до взаємодії із мережами, що побудовані із використанням інших технологій. Так, наприклад, якщо необхідно забезпечити прозорі транспортування навантаження з однієї мережі до іншої (за умов використання різних технологій), виникає необхідність розробити відповідний програмний або програмно-апаратний шлюз із двома типами інтерфейсів. Якщо необхідно лише поєднати дві мережі, що використовують альтернативну технологію, через мережу, побудовану на основі іншої технології, можна обмежитися розробкою відповідного тунелю.

Серед основних способів внесення змін до програмного забезпечення вузлів мережі з метою практичної реалізації технології ЕХ слід зазначити:

⇒ розробку програмного забезпечення драйвера віртуального мережного адаптера, що приймає класичні ІР-пакети та пересилає їх у вигляді модифікованих Ethernet кадрів, в яких адреса відправника заповнюється корисними даними;

⇒ розробку програмної бібліотеки, яка дозволяє формувати для передавання даних модифіковані Ethernet кадри, в яких адреса відправника заповнюється корисними даними;

⇒ розробку віртуального проху-серверу в межах вузла (або сервера), який приймає класичні ІР-пакети та забезпечує їх двостороннє перетворення в модифіковані Ethernet кадри, в яких адреса відправника заповнюється корисними даними;

⇒ розробку програмного шлюзу та/або тунелю, що дозволяє перетворювати класичні ІР-пакети до модифікованих Ethernet кадрів (та навпаки) або здійснювати їх прозорі тунелювання крізь класичну ІР-мережу.

У свою чергу, основним способом внесення змін до мережної інфраструктури залишається розробка нового апаратного комутуючого маршрутизатора із підтримкою адрес зменшеного (змінного) розміру на користь збільшення обсягів передавання корисних даних.

У разі використання існуючого програмного забезпечення в операційних системах з відкритим вихідним кодом підтримка нової технології на вузлах (для всіх розмірів мережної адреси) мережі передбачає реалізацію власного драйвера віртуального мережного адаптера. У свою чергу нове програмне забезпечення може розроблятися вже із використанням спеціалізованої бібліотеки, яка забезпечує пряме формування кадрів канального рівня. Винятком є тільки існуюче програмне забезпечення, що працює на пропрієтарних операційних системах. Можливим рішенням для цього випадку може стати розробка спеціального програмного продукту (шлюзу або посередника) для забезпечення прозорого перетворення навантаження.

Що стосується модифікації мережного обладнання, то це (здебільшого) має сенс лише для випадків, коли розмір мережної адреси менший за 6 байт. У цьому випадку необхідно розробляти як комутатори, так і маршрутизатори, а у випадку використання адрес 6-байтового (або більшого) розміру – лише маршрутизатори (стандартні комутатори другого рівня будуть працювати при цьому в штатному режимі).

11.2. Інтегрована технологія телекомунікацій UA-ІТТ

Одним з головних досягнень у галузі телекомунікацій є сучасна мережа Інтернет. В її основу покладено такі базові принципи, як пакетний обмін даними, децентралізація взаємодії об'єктів мережі, ієрархічна доменна веб-адресація інформаційних ресурсів [11.7–11.8]. Метод комутації пакетів, характерний для комп'ютерних мереж, дозволяє істотно підвищити рівень ущільнення каналів зв'язку порівняно з методом комутації каналів, що є притаманним для традиційної телефонії. Це досягається за рахунок статистичного мультиплексування даних (тобто змішування в одному каналі окремих пакетів від різних повідомлень). Економічна ефективність комутації пакетів стимулювала швидкий розвиток світової мережі Інтернет, у т.ч. застосування комп'ютерних мереж для передачі не традиційного для пакетної комутації трафіка реального часу (голос, відео, мультимедійні дані тощо).

Практичне втілення зазначених ідей потребувало чимало зусиль, а відсутність загальноприйнятої системної концепції побудови комп'ютерних мереж на ранньому етапі розвитку зумовила появу різноманіття мережних технологій і протоколів. Об'єднуючим фактором для взаємодії різних типів мереж став Інтернет-протокол (IP), який є базовим у стеку протоколів TCP/IP і сьогодні має дві основні стандартизовані версії (IPv4 та IPv6). Версія IPv4 з 32-бітовою IP-адресацією є найбільш поширеною у світі, але адресний простір цього протоколу вже вичерпано [11.9]. Версія IPv6 має довжину адреси у 128 біт, що забезпечує практично необмежений розмір адресного простору, але впровадження IPv6 є поступовим і довготривалим процесом, протягом якого мають співіснувати IP-мережі обох типів (версій 4 та 6). Це потребує нових капітальних інвестицій і додатково ускладнює міжмережну взаємодію, однак не обіцяє помітного виграшу стосовно якості сервісу і вартості послуг для клієнтів мережі [11.10]. Окрім того, передача

трафіка реального часу IP-мережами передбачає багаторівневу інкапсуляцію даних, що ускладнює управління мережами і завантажує канали зв'язку та мережне обладнання службовою інформацією (яка міститься у численних заголовках різних рівнів [11.11]). Ці фактори певною мірою стримують дальший розвиток мультисервісних мереж на базі IP.

В останнє десятиліття йде активний пошук шляхів створення мереж нового покоління (NGN) у напрямі конвергенції різних типів мереж та інтеграції різноманітних послуг. У рамках ITU розроблено концепцію NGN з розмежуванням транспортної і сервісної функцій та підтримкою мережних послуг на базі пакетної комутації [11.12]. Важливим етапом реалізації цієї концепції є розробка стандартів транспортного профілю протоколу MPLS (проект MPLS-TP) [11.13].

Існуючі підходи побудови NGN переважно орієнтовані на поступове заміщення протоколу IPv4 протоколом IPv6, який має набагато більший ресурс адресного простору, а також додаткові можливості керування потоками і управління якістю сервісу. Цей підхід є зваженим компромісом між існуючою світовою інформаційно-комунікаційною інфраструктурою і новими викликами часу на найближчу перспективу. Однак передача трафіка короткими пакетами (наприклад, голосового трафіка) IP-мережею економічно недоцільна внаслідок низького використання потенційних ресурсів мережного обладнання та каналів зв'язку [11.15]. Тому розробка нових, більш гнучких і ефективних способів передачі різних типів трафіка на базі пакетного принципу комутації є актуальною науково-технічною проблемою, з погляду побудови мереж більш віддалених майбутніх поколінь.

Так, наприклад, групою дослідників була проведена комплексна науково-дослідна робота з метою обґрунтування основних принципів побудови інтегрованої технології телекомунікацій (Integrated Telecommunication Technology – ITT), як єдиної платформи для створення перспективних інфокомунікаційних мереж майбутнього покоління. Сформульована мета розбивається на чотири порівняно самостійні напрями:

1) Побудова нової моделі взаємодії відкритих систем і багатопрофільного мережного мета-протоколу (Multipurpose Network meta-Protocol – MNP) за методом динамічного управління цифровими потоками (Dynamic Flow Control – DFC). Метод DFC об'єднує в собі переваги мереж з комутацією каналів і мереж з пакетною комутацією; він пристосований для передачі різноманітних видів трафіка – від звичайної телефонії та пакетного обміну файлами до мультимедійних повідомлень з виконанням вимог найвищої якості надання послуг.

2) Побудова адресного простору, який має властивості мінімальної надмірності, але разом з тим дозволяє практично необмежено збільшувати та розширювати цей простір через необхідність, без зміни базових мережних протоколів.

3) Розробка плану переходу від існуючих технологій до ITT.

4) Створення відповідного мережного обладнання.

Запропоновані нові підходи захищені трьома авторськими свідоцтвами на право інтелектуальної власності [11.16–11.18], а також сьома патентами України [11.19–11.24, 11.36], в яких сформульовані ключові способи побудови стека мережних протоколів, методів гнучкої динамічної адресації вузлів, абонентів і прикладних процесів у мультисервісній мережі, а також адаптивної до типів трафіка комутації статистично мультиплексованих цифрових потоків у телекомунікаційних каналах зв'язку. Впровадження результатів роботи передбачає створення двох базових функціональних модулів – мережного адаптера і комутатора

технології ІТТ. Оскільки ця технологія запропонована в Україні, автори позначили її UA-ІТТ. Далі розглянуто детальніше принципи вирішення першого з чотирьох зазначених вище завдань.

Модель взаємодії відкритих систем ІТТ

Модель взаємодії відкритих систем ІТТ передбачає три рівні (рис. 11.1). Нижній (фізичний) рівень моделі ІТТ охоплює фізичний і частково каналний рівень семирівневої моделі взаємодії відкритих систем OSI. Другий (мережний) рівень моделі ІТТ об'єднує три рівні моделі OSI (мережний, транспортний, сеансовий), а також частково каналний рівень OSI. Верхній (прикладний) рівень моделі ІТТ об'єднує представницький і прикладний рівні моделі OSI. Технологія UA-ІТТ позиціонується як перший і другий рівні тривірневої моделі взаємодії відкритих систем ІТТ (рис. 11.1). Відповідність моделі ІТТ і сучасної моделі Інтернет TCP/IP легко встановлюється з цього ж рисунка. Згідно з функціональною моделлю NGN у концепції ІТУ-Т, технологія UA-ІТТ підтримує транспортну функцію мережі.

OSI	TCP/IP	ІТТ
7. Прикладний		3. Прикладний
6. Рівень представлення	4. Прикладний	
5. Сеансовий	3. Транспортний	2. Мережний
4. Транспортний	2. Міжмережний	
3. Мережний	1. Рівень доступу	1. Фізичний
2. Канальний		
1. Фізичний		

Рис. 11.1. Моделі взаємодії відкритих систем OSI, TCP/IP та ІТТ

Протокольною одиницею даних фізичного рівня моделі ІТТ є байт, який має два можливі типи: байт команди (Command Byte – CB) і байт даних (Data Byte – DB). Фізичний рівень ІТТ забезпечує взаємодію двох суміжних об'єктів мережі на рівні обміну байтами. Протокольною одиницею даних мережного рівня є сегмент, який також має два можливі типи: сегмент команди, що утворюється безперервною послідовністю байтів команд, і сегмент даних – безперервна послідовність байтів даних. Мережний рівень ІТТ забезпечує взаємодію двох або декількох об'єктів мережі на рівні обміну сегментами даних у з'єднанні заданого типу або без з'єднання (з підтримкою відповідних показників якості обслуговування). Мережний рівень ІТТ, на відміну від фізичного рівня, передбачає вирішення завдань маршрутизації і комутації сегментів даних, що здійснюється за допомогою сегментів команд.

Багатоцільовий мережний мета-протокол MNP

Технологія ІТТ впроваджує зазначений вище метод динамічного управління цифровими потоками (DFC), який дозволяє оперативно адаптувати механізми маршрутизації і комутації до різних складових мультиплексного цифрового потоку в каналі зв'язку. Метод DFC використовує спеціально розроблений багатоцільовий мережний мета-протокол. Мета-протокол MNP, на відміну від відомих мережних протоколів (наприклад, протоколів стека TCP/IP), формалізує побудову достатньо великої кількості різноманітних прикладних протоколів (профілів MNP) на загальній основі. MNP описує фізичний і мережний рівні моделі ІТТ, а також взаємодію між цими двома рівнями.

Згідно з MNP, фізичний рівень формує і передає на мережний рівень мультиплексний потік окремих байтів, який логічно розділений на дві складові потоку: потік байтів команд (Command Byte Stream – CBS) і потік байтів даних (Data Byte Stream – DBS) (рис. 11.2).

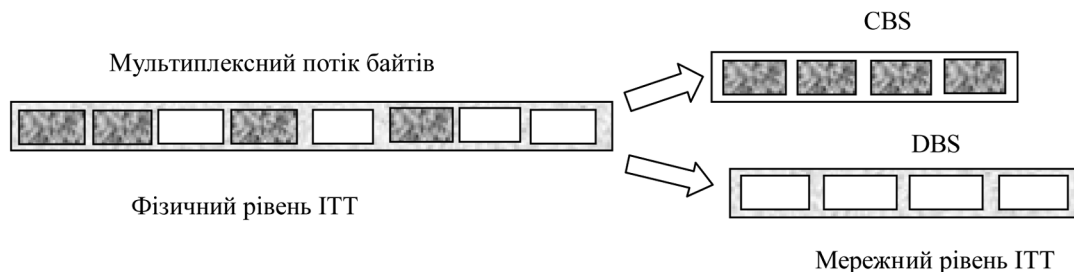


Рис. 11.2. Фрагмент цифрового потоку на фізичному і мережному рівнях ІТТ

Мережний рівень розподіляє CBS і DBS на окремі сегменти команд (Command Segments – CS) і сегменти даних (Data Segments – DS) – рис. 11.3. Протокол MNP не накладає обмежень на кількість командних байтів чи байтів даних, що створюють відповідні сегменти на мережному рівні. Таким чином, MNP реалізує принцип статистичного мультиплексування, притаманний сучасним IP-мережам, але при цьому не потребує заголовків пакетів з фіксованою структурою. Натомість для управління передачею сегментів даних використовуються сегменти команд, структура яких динамічно змінюється й адаптується в процесі передачі.

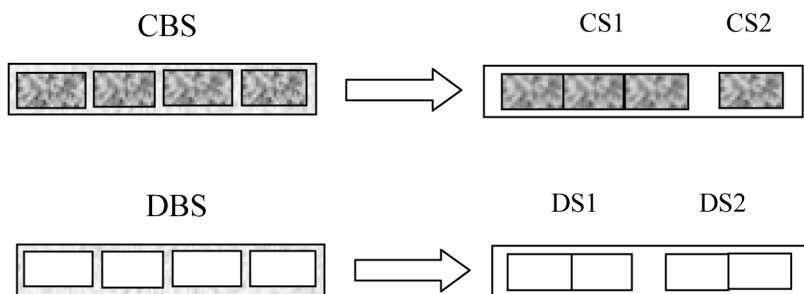


Рис. 11.3. Розподіл цифрового потоку на мережному рівні ІТТ

На відміну від широковідомої концепції NGN «All over IP» технологія ІТТ орієнтована на з'єднання і передбачає підтримку багатоканального з'єднання кінцевих абонентів лише засобами самої мережі. Такий підхід, звичайно, відповідає

ключовому принципу ITU-T про розмежування транспортної і сервісної функцій в мережах NGN.

У технології ІТТ типи з'єднань визначаються за двовимірною шкалою якості сервісу (QoS) [11.25]. Перший напрямок шкали QoS визначає середню (за певний період) пропускну спроможність з'єднання, а другий напрямок – стабільність пропускну спроможності в часі. За кожним з двох напрямків шкали QoS тип з'єднання змінюється поступово з заданою дискретністю.

В ІТТ визначено поняття окремого цифрового потоку (Single Digital Flux – SDF) як послідовність сегментів даних у каналі зв'язку (одноканальна фізична лінія або окремий мультиплексний тракт передачі), які мають специфічний набір параметрів управління відповідно до заданого типу з'єднання, а також послідовність сегментів команд, які виконують функцію управління.

Окремі сегменти даних SDF в ІТТ не мають індивідуальних заголовків (як це прийнято в технології ІР), натомість роль заголовків виконують параметри спеціальної структурованої таблиці управління потоками (Flow Control Table – FCT). Для передачі безперервної послідовності сегментів даних одного потоку SDF, попередньо, за допомогою однієї чи декількох сегментів команд, передається набір параметрів, необхідний для управління сегментами зазначеного SDF (наприклад, номер попередньо встановленого з'єднання або конкретний набір параметрів: адреси одержувача та відправника, тип з'єднання або клас сервісу, максимальна тривалість цього з'єднання тощо). Будь-яка команда управління потоками модифікує один чи декілька параметрів таблиці FCT.

Загальну структуру таблиці FCT показано на **рис. 11.4**. Для кожної пари суміжних об'єктів мережі підтримуються по дві копії FCT у кожному з напрямків передачі. Право модифікації таблиць FCT належить передавальній стороні. Перед початком передачі чергового сегмента даних на передавальній і прийомній сторонах повинні бути встановлені однакові значення відповідних параметрів управління. Якщо перед цим передавальна сторона змінила один чи декілька таких параметрів, то, насамперед, вона передає один чи декілька сегментів команд, які модифікують FCT на приймальній стороні (тобто логічно синхронізують обидві таблиці FCT – на передавальній та приймальній сторонах). Після цього передається один чи декілька сегментів даних, які належать одному виділеному цифровому потоку (SDF) у загальному мультиплексному цифровому потоці (Multiplexed Digital Flow – MDF). Довжина окремих сегментів даних, а також загальна кількість сегментів даних у серії сегментів одного SDF не обмежується протоколом MNP. На відміну від технології ІР параметри управління потоком передаються не для кожного сегменту даних, а лише один раз для всієї серії сегментів одного потоку. Це істотно зменшує обсяг службової інформації в загальному потоці при передачі даних серіями сегментів.

Протокол MNP не накладає обмежень на розмір таблиці FCT і склад її параметрів (тобто вона є відкритою для розвитку). Для управління кожним сегментом даних використовується деяка підмножина параметрів таблиці FCT. Кожна така підмножина параметрів утворює профіль протоколу MNP. Усі профілі MNP описані та індексовані в спеціальному розділі таблиці FCT. Поточний номер профілю MNP також є параметром таблиці FCT, який модифікується та синхронізується на передавальній і приймальній сторонах.

Таблиця FCT містить у собі три вбудовані таблиці: таблиця 1 – «Профілі MNP», таблиця 2 – «Діючі з'єднання», таблиця 3 – «Параметри управління потоками», а також три окремі поля: поле 1 – «Номер поточного профілю MNP», поле 2 – «Номер рядка таблиці 2» і поле 3 – «Номер рядка таблиці 3».

Якщо поле 1 має значення від 1 і більше, то управління здійснюється згідно з відповідним профілем у таблиці 1; це відповідає режиму передачі без установлення з'єднання. Нульове значення поля 1 означає режим передачі в режимі установленого з'єднання; при цьому управління переключається на відповідний рядок таблиці 2 (номер цього рядка показано в полі 2).

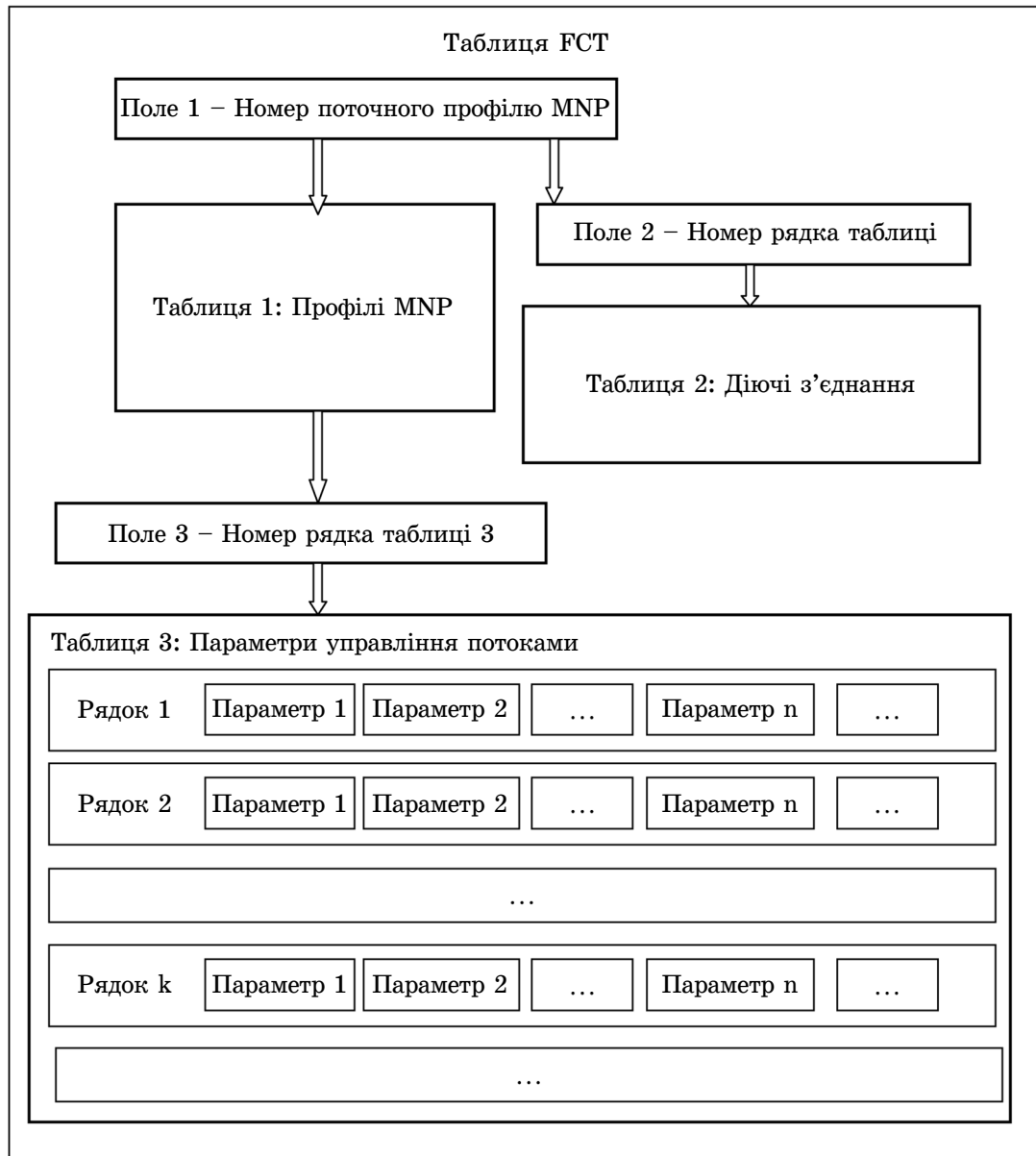


Рис. 11.4. Структура таблиці управління потоками FCT

У режимі без встановлення з'єднання вибір підмножини параметрів управління здійснюється згідно з поточним номером профілю MNP (поле 1) із відповідного рядка таблиці 3 (номер цього рядка показано в полі 3). Таблиця 3 щонайменше містить один рядок, в якому представлено набір параметрів управління. Таблиці 2 і 3 мають структуру стека (перший зайшов – останній вийшов).

Динамічна комутація потоків здійснюється таким чином. У режимі без встановлення з'єднання для комутації послідовної серії сегментів даних виділеного цифрового потоку SDF треба передати на приймальну сторону ненульовий номер профілю MNP (значення поля 1) і номер поточного рядка в таблиці 3 (значення поля 3), якщо цей рядок є в таблиці 3 на передавальній та приймальній сторонах. Якщо такого рядка нема, передавальна сторона формує на вершині стека (у першому рядку таблиці 3) необхідний набір параметрів управління, а далі передає на приймальну сторону набір команд, які утворюють новий перший рядок таблиці 3 на приймальній стороні; при цьому інші рядки таблиці 3 на передавальній та приймальній сторонах зміщуються на одну позицію стека, а останній рядок пропадає.

Таким чином, при передачі даних в пакетному режимі без з'єднання набір параметрів управління для безперервного ланцюга сегментів одного потоку SDF необмеженої довжини передається лише один раз. За рахунок цього істотно знижується навантаження каналів зв'язку службовою інформацією порівняно з методом багаторівневої інкапсуляції даних у мультисервісних мережах на базі IP.

У режимі передачі встановленим з'єднанням для комутації SDF треба передати нульовий номер профілю MNP і номер з'єднання (значення поля 2). Основним параметром управління в режимі передачі встановленим з'єднанням є номер з'єднання, за яким у таблиці 2 записані інші параметри (адреси відправника та одержувача повідомлення, тип обслуговування, тривалість з'єднання, номер вхідного та вихідного портів комутації тощо).

У технології ІТТ загальний мультіплексний цифровий потік (MDF) у каналі зв'язку визначається як випадкова послідовність сегментів даних і сегментів команд окремих SDF. Потік MDF за своєю структурою має ознаки так званого зворотного польського (або постфіксного) програмного коду, який використовується у багатьох мовах програмування інтерпретаційного типу (Forth, Perl, Python тощо). Отже, комутатор потоків SDF у технології ІТТ формально виконує функцію дискретного автомата, який обробляє відповідно заданому алгоритму одну вхідну послідовність команд для кожного порту вводу даних комутатора і перетворює її у декілька вихідних послідовностей команд і даних для кожного з вихідних портів комутатора. Це створює умови для розробки широкого спектра конкретних протоколів і апаратно-програмних драйверів для передачі різних типів трафіка в мультисервісних мережах на базі ІТТ з підтримкою самих високих стандартів якості.

Реалізація принципів динамічного управління потоками за технологією ІТТ передбачає побудову спеціалізованих мережних адаптерів фізичного рівня (які забезпечують взаємодію двох суміжних вузлів мережі ІТТ), а також комутаторів цифрових потоків. Експериментальні зразки двох адаптерів ІТТ, які підключаються до стандартної шини USB2, створені в ОНАЗ ім. О.С. Попова і пройшли успішні попередні тестування. Базові функції комутатора потоків ІТТ відтворені на рівні імітаційної моделі у середовищі Linux.

11.3. Розвиток ситуативних мереж

Класи мереж за моделями керування ресурсами

Поняття «керування ресурсами телекомунікаційної мережі» може мати декілька значень. Перше значення містить у собі процес управління вузлами та параметрами телекомунікаційної мережі, у такому разі під поняттям ресурсів розуміють саму мережу. Наприклад, віддалене керування маршрутизатором, розподіл пропускної здатності каналу передавання даних між користувачами, отримання сигналів щодо збоїв та аварій у мережі. Друге значення поняття «керування ресурсами телекомунікаційної мережі» містить у собі процес управління ресурсами, які розміщено на кінцевих пристроях телекомунікаційної мережі. Прикладами відповідних пристроїв можуть бути робочі станції користувачів, сервери, периферійне обладнання, що має мережний інтерфейс, тощо. Під самими «ресурсами» можуть матися на увазі як інформаційні ресурси (файли різних форматів), так і доступ до послуг деяких периферійних пристроїв (принтерів, факсимільних апаратів, сканерів).

Зазначимо, що не існує єдиної моделі керування ресурсами телекомунікаційної мережі, проте можна говорити про класифікацію різних мереж, що використовують різні моделі керування ресурсами. Відповідну спрощену класифікацію показано на **рис. 11.5**. Розглянемо її детально.

До мереж без механізму централізованого керування ресурсами належать мережі, що не містять програмних або апаратних засобів, які б надавали користувачам інформацію щодо наявних у мережі інформаційних ресурсів, а також розподіляли права доступу до цих ресурсів. Яскравим прикладом мереж з існуючою мережною інфраструктурою є проводові або безпроводові однорангові мережі. У таких мережах користувачі можуть бути непоінформовані щодо наявності інших користувачів, а також можливих ресурсів, які в них є. Перед початком інформаційного обміну користувачі повинні домовитися щодо можливості надання інформаційних ресурсів, а також надати адресу відповідного кінцевого пристрою (IP-адресу, доменне ім'я тощо).



Рис. 11.5. Класифікація телекомунікаційних мереж за різними методами керування ресурсами

До мереж із самоконфігурацією мережної інфраструктури без механізму керування телекомунікаційними ресурсами належать так звані «безпроводові «ad hoc»-мережі». До основних характеристик цих мереж можна віднести такі:

❖ Використання того самого механізму канального рівня при обміні інформацією. Найпоширенішими сьогодні є протоколи канального рівня IEEE 802.11 (Wi-Fi).

❖ Кожен з вузлів мережі, що формується, є попередньо сконфігурованим (наприклад, IP-адреси мережних інтерфейсів), а користувачі заздалегідь поінформовані про існування інших вузлів та ресурси, які є у кожного з них.

Такий підхід є цілком виправданим у разі, коли він застосовується в мережах, які розгортаються під час військових конфліктів, техногенних або природних катастроф та в інших аналогічних випадках. У цьому випадку основним завданням таких протоколів є знаходження необхідних (заздалегідь відомих) вузлів в мережі та організація інформаційного обміну між ними.

Усі існуючі сьогодні механізми керування мережами, в яких кінцеві пристрої самостійно формують взаємозв'язки між собою в децентралізованому середовищі передавання даних (протоколи маршрутизації «ad hoc»-мереж), можна умовно поділити на декілька класів:

• **Проактивні.** Прикладами таких механізмів можна назвати: безпроводовий протокол маршрутизації (WRP – Wireless Routing Protocol)[11.26], оптимізований протокол стану каналу зв'язку (OLSR – Optimized Link State Routing Protocol) [11.27], послідовності призначення векторної відстані (DSDV – Destination-Sequenced Distance Vector) [11.28] тощо. Більшість із проактивних протоколів засновані на існуючих алгоритмах маршрутизації для IP мереж, наприклад алгоритмі Беллмана-Форда або алгоритмі Дейкстри.

• **Реактивні.** Прикладами таких механізмів можна назвати: протокол вектора відстані за запитом (AODV – Ad Hoc On Demand Distance Vector) [11.29], протокол динамічного джерела маршрутизації (DSR – Dynamic Source Routing protocol) [11.30] тощо. Більшість з зазначених механізмів не базуються на існуючих алгоритмах маршрутизації, а розроблені на нових принципах передавання маршрутною інформацією, які полягають у можливості динамічного формування маршрутів, тобто в разі потреби.

• **Гібридні.** Прикладами таких протоколів є зоновий протокол маршрутизації (ZRP – Zone Routing Protocol) [11.31], ієрархічний протокол канального стану, заснований на зонах (ZHLS – Zone-Based Hierarchical Link State) [11.32] тощо. Ці механізми є складними в роботі та реалізації і передбачають розділення абонентів на географічні зони. У середині кожної зони використовуються проактивні механізми пошуку відповідного абонента, а між зонами – реактивні механізми.

Незважаючи на різноманіття способів встановлення зв'язків і формування таблиць маршрутизації, «ad hoc»-мережі залишаються в загальному випадку мережами без механізму централізованого керування ресурсами і можуть використовуватися лише тоді, коли кожний з користувачів мережі заздалегідь знає свою роль і місце в мережі.

Мережі з повним або частковим методом керування інформаційними ресурсами сьогодні найбільш поширені. До методів часткового керування слід віднести локальні або глобальні пошукові системи (наприклад «Google»), які надають користувачу інформацію про існування ресурсів відповідно до його запиту. Також до систем часткового централізованого керування можна віднести локальні сервери з файловим архівом, локальні web-сервери тощо. Загальною характеристикою систем з частково централізованим способом керування ресурсами є необхідність са-

мого користувача. Тобто такі системи використовуються лише при наявності бажання у користувача ними скористатися.

До методів повного керування слід віднести служби централізованого керування доступом до ресурсів користувачів. Прикладами таких служб можуть бути загальновідома NFS (Network File System), розроблена для операційних систем типу «Unix», а також AD (Active Directory), розроблена для мережних операційних систем типу «Windows». Зазначимо, що найчастіше кожна із зазначених мережних служб керування ресурсами надає можливість управління розподіленням прав доступу до інформаційних ресурсів у комп'ютерній мережі. Однак можливе використання централізованих систем реєстрації користувачів типу «Kerberos» разом із зазначеними службами, що надає високий ступінь гнучкості. У цьому разі користувач може не мати постійного робочого місця і, використовуючи свій обліковий запис, отримувати доступ до своїх інформаційних ресурсів з будь-якої робочої станції в мережі.

Найбільш відомим сьогодні механізмом розподіленого керування ресурсами, який використовує вже існуючу мережну інфраструктуру, можна вважати протокол «Gnutella». Цей механізм часто використовується для обміну файлами в рамках мережі Інтернет. Основна відмінність зазначеного механізму від інших механізмів, що використовуються в мережах файлового обміну, є принципова відсутність центрального керуючого сервера. Вважається, що мережа починає формуватися тоді, коли один користувач «Gnutella» з'єднується з іншим користувачем, після чого вони можуть починати обмін доступною інформацією.

Модель керування ресурсами ситуативних мереж

Існуючі методи і моделі керування ресурсами мережі не можуть використовуватись у випадках, коли абоненти мережі заздалегідь не пов'язані один із одним, не мають налаштованих мережних пристроїв (як у випадку з безпроводовими «ad hoc»-мережами). У такому випадку кожен абонент повинен мати можливість не тільки самостійно визначити загальну кількість інших абонентів навколо нього, а також мати можливість отримати інформацію про інші наявні в мережі ресурси. До таких мереж, що мають вбудований механізм розподіленого керування, який самостійно формує мережну архітектуру, адресний простір і перелік існуючих ресурсів, належить механізм керування ситуативними мережами. Типовими прикладами ситуацій, в яких досить доречним є розгортання самокерованої ситуативної мережі, можуть бути:

⇒ пересування великої кількості користувачів загальнодоступними транспортними засобами (потяги, літаки, автобуси тощо);

⇒ перебування великої кількості людей в одному приміщенні (наприклад, під час виставок, конференцій, симпозіумів тощо);

⇒ проживання в одному готелі, кемпінгу, будинку або на базі відпочинку;

⇒ перебування групи людей в одному таборі у складі групи туристів (на відкритій місцевості вдалині від телекомунікаційної інфраструктури) тощо.

Характерними ознаками всіх наведених прикладів є:

⇒ наявність групи користувачів, які зібралися разом на певний час (ситуативно) в одному географічно обмеженому районі місцевості;

⇒ необхідність передавання даних між користувачами або надання інформаційно-комунікаційних послуг (обмін файлами, доступ до мережі Інтернет через термінал іншого користувача тощо);

⇒ цілковита або часткова відсутність телекомунікаційної інфраструктури (кабельна інфраструктура, точки безпроводового доступу тощо), що унеможлиблює або істотно обмежує процес обміну інформацією;

⇒ користувачам заздалегідь невідомо, скільки людей з присутніх, які можуть і хочуть надавати інформаційно-комунікаційні послуги, а також які саме ресурси вони можуть отримати в мережі;

⇒ мобільні пристрої користувачів можуть використовувати різні проводові або безпроводові технології передавання даних (Ethernet, WiFi тощо).

Технічне завдання встановлення з'єднання між двома вузлами ситуативної мережі вирішується шляхом трьох етапів. На першому етапі (рис. 11.6) вузол-ініціатор розсилає широкомовне повідомлення через усі задіяні користувачем мережі інтерфейси вузла (Wi-Fi, Ethernet тощо) [11.33–11.36].

Сусідні вузли, отримавши запит, аналізують його за відповідним алгоритмом та, модифікувавши, ретранслюють через усі свої задіяні інтерфейси. Таким чином, поступово, початковий запит поширюється ситуативною мережею, досягаючи її меж. Зауважимо, що кожний з вузлів, аналізуючи отримані повідомлення, обирає найкращий з можливих зворотних маршрутів до вузла-ініціатора і тільки після цього модифікує повідомлення, додаючи інформацію про цей маршрут, широкомовно відправляє через усі задіяні інтерфейси. Після процесу поширення інформації починається процес формування відповідей кожним вузлом мережі вузлу-ініціатору, куди вноситься інформація про оптимальний маршрут до кожного вузла, а також інформація про типи наявних ресурсів, що можуть надаватися в користування (файловий архів, доступ до мережі Інтернет тощо). Також зазначимо, що для забезпечення незалежності від протоколу IP ідентифікація вузлів мережі при побудові маршрутів відбувається за MAC-адресами мережних інтерфейсів кожного з вузлів. У результаті роботи першого етапу механізму користувач вузла-ініціатора отримує всю інформацію про навколишню мережу та наявні в мережі типи ресурсів.

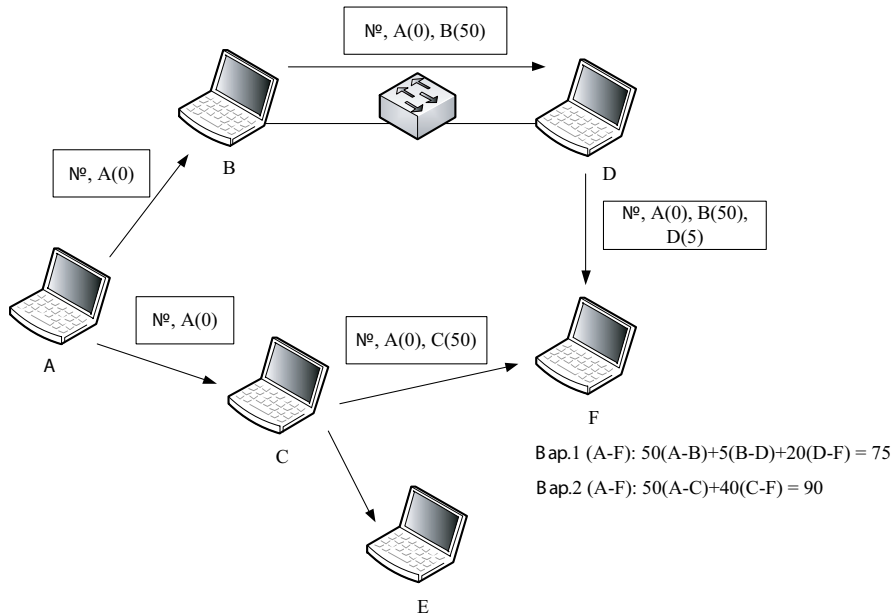


Рис. 11.6. Трансляція широкомовного повідомлення абонента-ініціатора через ситуативну мережу

На другому етапі (рис. 11.7) користувач вузла-ініціатора обирає вузол та тип ресурсів, про який хоче отримати більш детальну інформацію. Після цього вузол-ініціатор вже відомим маршрутом відправляє запит на деталізацію ресурсів, у відповіді на який міститься вся інформація про конкретний ресурс на віддаленому вузлі (наприклад, назва, тип та розмір файлів з файлового архіву).

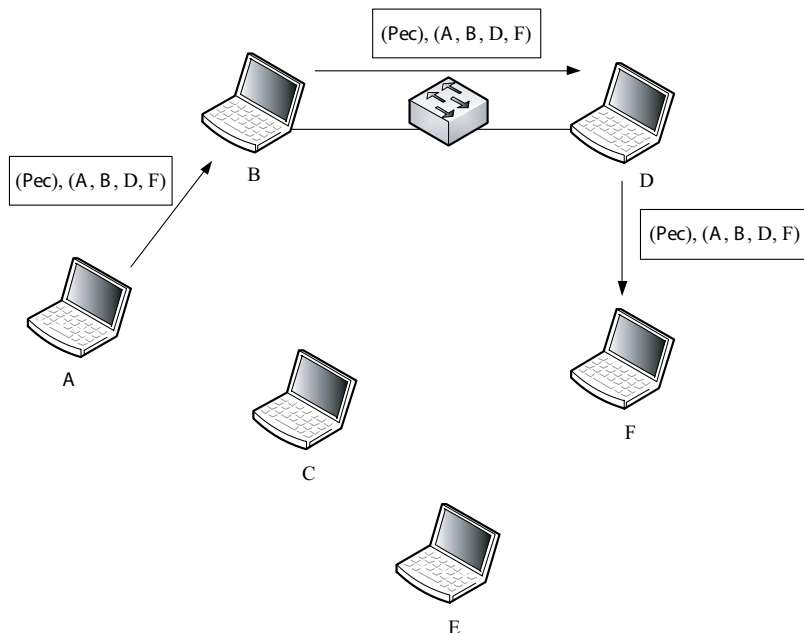


Рис. 11.7. Запит детальної інформації про доступні ресурси у віддаленого абонента

Після роботи другого етапу механізму користувач вузла-ініціатора, отримавши таким чином детальну інформацію про відповідні ресурси, може обрати конкретний ресурс, до якого він хоче отримати доступ. Після цього вузол-ініціатор починає третій етап роботи запропонованого способу – етап інформаційного обміну, з'єднуючись з віддаленим вузлом ситуативної мережі та отримуючи доступ до обраного абонентом ресурсу (наприклад, до текстового файла з файлового архіву). Також зазначимо, що при інформаційному обміні на другому та третьому етапах інформація про маршрут до віддаленого абонента передається у кожному блоці канального рівня, що дозволяє істотно скоротити навантаження на вузли мережі з причин відсутності потреби формування таблиці маршрутів на кожному з вузлів.

11.4. Сучасні квантові технології захисту інформації

Загальна класифікація сучасних квантових технологій захисту інформації

Основна ідея квантових методів захисту інформації в телекомунікаційних мережах полягає в тому, що класична інформація (криптографічний ключ або відкритий текст повідомлення) кодується станами квантових систем і передається окремими квантовими частинками. Як такі квантові частинки в протоколах квантової криптографії використовують фотони, а як квантовий канал – оптоволоконні лінії або атмосферу (оптичний бездротовий канал). Згідно із законами кван-

тової фізики, операції над квантовими системами призводять до змін їх станів. Тому зловмисник, який бажає перехопити інформацію, неминуче змінює стани фотонів, які передаються, що завжди можуть виявити легітимні користувачі. Їх дальші дії залежать від того, який саме протокол і за яких умов реалізується.

Таким чином, квантові технології захисту інформації, що передається, дозволяють виявити атаку пасивного перехоплення (підслуховування) в каналі зв'язку, що не завжди можливо при використанні традиційних (класичних) методів. Виявлення такої атаки критичне як при розподіленні секретних ключів шифрування, так і при передаванні відкритих текстів. Квантові протоколи розподілення ключів дозволяють не тільки виявити атаку підслуховування, але й за допомогою постобробки переданої інформації видалити інформацію, яку міг отримати зловмисник, і, таким чином, забезпечити розподілення ключів з безумовною (теоретико-інформаційною) стійкістю. Аналогічно високий рівень безпеки може бути забезпечений при використанні квантових протоколів прямого безпечного зв'язку, які призначені для безпосереднього, тобто без шифрування, передавання відкритих текстів.

Нині до складу квантових технологій захисту інформації входять: квантове розподілення ключів [11.37–11.42], квантовий прямий безпечний зв'язок [11.40–11.46], квантове розділення секрету [11.47,11.48], квантовий потоковий шифр [11.49,11.50], квантовий цифровий підпис [11.51,11.52] та квантова стегаграфія [11.53–11.55].

На **рис. 11.8** наведено загальну схему класифікації квантових методів захисту інформації за їх призначенням, а також за використовуваними квантовими технологіями [11.42].

Більшість запропонованих нині протоколів квантової криптографії використовують дворівневі квантові системи – кубіти (qubit), що дозволяє передавати класичну інформацію бітами. Але інформаційну місткість квантових протоколів можна підвищити, використовуючи багаторівневі квантові системи, тобто передаючи класичну інформацію тритами, квартами тощо. Відповідно трирівнева квантова система отримала назву кутрит (qutrit), чотирирівнева – кукварт (ququart) тощо. У загальному випадку d -рівнева квантова система називається кудитом (qudit). З технічної точки зору, в протоколах квантової криптографії носіями як кубітів, так і багаторівневих квантових систем є фотони, але оперувати з багаторівневими системами дещо складніше, ніж з кубітами. Таким чином, протоколи квантової криптографії можна поділити на дві великі групи залежно від того, дво- або багаторівневі квантові системи в них використовуються (рис. 11.8).

З іншого боку, квантові системи, що складаються з двох або більшої кількості квантових частинок, можуть знаходитися в переплутаних станах, тобто в таких станах між цими частинками існують суто квантові кореляції. Локальні операції над однією з частинок переплутаного стану приводять до зміни всього стану. Це дозволяє кодувати класичну інформацію, діючи на одну з частинок, тоді як інша перебуває в іншого абонента квантового протоколу (наприклад, пінг-понг протокол). Використання властивостей квантових переплутаних станів дозволяє забезпечити високий рівень безпеки протоколів квантової криптографії, а також підвищити їх ефективність. Таким чином, протоколи квантової криптографії можна також поділити на дві великі групи залежно від того, одиночні або переплутані квантові системи в них використовуються (рис. 11.8).

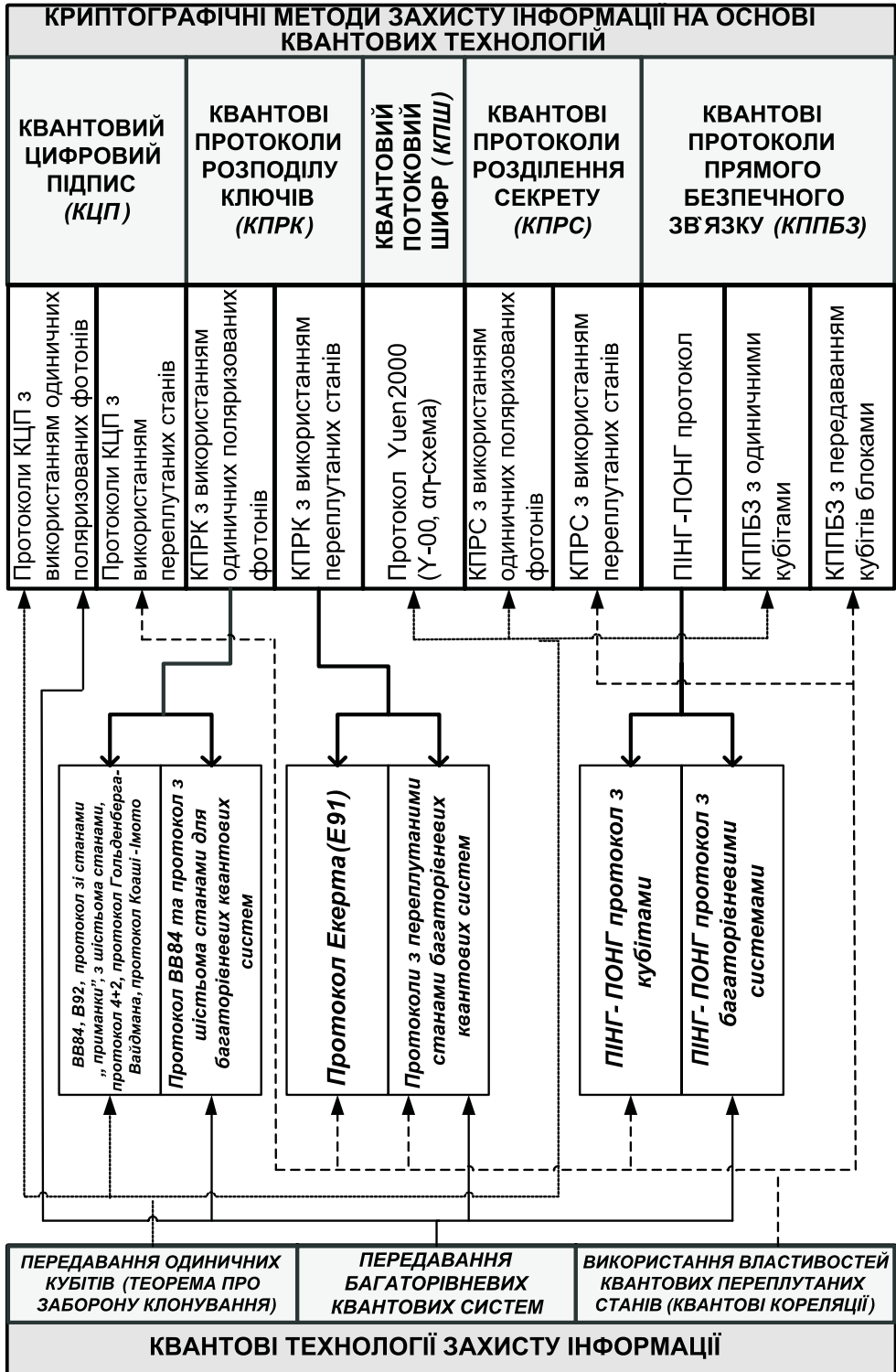


Рис. 11.8. Класифікація квантових методів захисту інформації

Квантове розподілення ключів – сьогодні найбільш розвинений напрям квантових технологій захисту інформації як з теоретичного, так і з практичного погляду. На лабораторному обладнанні вже виконано велику кількість експериментів із квантового розподілення ключів, наприклад [11.38, 11.56–11.59]. Існують також комерційні системи, цілком придатні для інтеграції в сучасні телекомунікаційні мережі. З цих причин далі в цьому підрозділі монографії розглянуто тільки протоколи квантового розподілення ключів.

Перелічемо тепер стисло основні властивості квантових систем, які використовуються у квантовій криптографії [11.37]:

1) Вимірювання фізичних характеристик квантових систем (спостережуваних)

У результаті процесу вимірювання деякої фізичної величини стан квантової системи змінюється. Це обумовлено впливом на квантовий об'єкт вимірювального приладу, який принципово неможливо зробити як завгодно малим. Чим точніше вимірювання, тим сильніший вплив, який здійснюється. І лише при вимірюваннях дуже малої точності вплив на об'єкт вимірювання може бути досить слабким.

Крім того, збурювання, яке вноситься взаємодією квантового об'єкта з вимірювальним приладом, може бути передбачено тільки статистично і тому його не можна усунути. Цей факт перебуває в різкому протиріччі з класичною теорією вимірювань, яка базується на припущенні, що взаємодія між об'єктом і приладом, якщо і не може бути зроблена як завгодно малою, то принаймні може бути точно врахованою, отже, у принципі її можна усунути.

2) Неможливість точного клонування невідомих квантових станів (теорема про заборону клонування)

Внаслідок лінійності й унітарності квантової механіки неможливо створити точну копію невідомого квантового стану. Таким чином, зловмисник не може виготовити точну копію кубітів або кудитів, що передаються комунікаційним каналом, щоб провести вимірювання над копією, а оригінал переслати законному користувачеві каналу, не проводячи над ним вимірювання. Цей факт лежить в основі більшості протоколів квантової криптографії, тому що змушує зловмисника вимірювати кудити, які передаються, або переплутувати їх зі своїми допоміжними квантовими системами, що призводить до зміни станів цих кудитів. Ці зміни станів, які передаються, можуть виявити законні користувачі, виконуючи квантові вимірювання й обмінюючись результатами цих вимірювань звичайним відкритим каналом зв'язку. Зазначимо, що ймовірність правильно клонувати довільний стан кубіту, створивши одну його копію, дорівнює $5/6$ [11.37]. Якщо потрібно створити n копій невідомого стану кубіту, то ймовірність правильного клонування зменшується та при $n \rightarrow \infty$ прямує до $2/3$ [11.37].

3) Неортогональні квантові стани неможливо розрізнити

Квантова система із двома станами – кубіт – може перебувати не тільки в базисних станах $|0\rangle$ та $|1\rangle$ (які відповідають, наприклад, вертикальній та горизонтальній поляризації окремого фотону), але й у стані лінійної суперпозиції

$$|\Psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle, \quad (11.1)$$

де α й β – комплексні числа, що задовольняють умові $|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$. Вимірюючи стан кубіту, ми знайдемо, що кубіт з імовірністю $|\alpha|^2$ несе значення «0», а з імовірністю $|\beta|^2$ – значення «1».

Зазначимо, що суперпозиція квантових станів не має аналога в класичній фізиці.

За законами квантової механіки неможливо виконати вимірювання, що дозволило б розрізнити стани $|\Psi_1\rangle = \alpha_1|0\rangle + \beta_1|1\rangle$ та $|\Psi_2\rangle = \alpha_2|0\rangle + \beta_2|1\rangle$, крім випадку, коли скалярний добуток $\langle\Psi_1|\Psi_2\rangle = 0$, тобто стани $|\Psi_1\rangle$ й $|\Psi_2\rangle$ ортогональні.

4) Переплутування (квантові кореляції)

Дві або більше квантових систем можуть бути переплутані. Так, пара фотонів у синглетному поляризаційному стані

$$|\Psi^-\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle_1|1\rangle_2 - |0\rangle_2|1\rangle_1), \quad (11.2)$$

де індекси позначають номери фотонів, – це приклад максимально переплутаного стану двох кубітів. Такий стан називають парою Ейнштейна–Подольського–Розена (ЕПР-парою).

Якщо вимірювання виконується над одним із двох переплутаних кубітів у стані $|\Psi^-\rangle$ (11.2), наприклад у базисі $\{|0\rangle, |1\rangle\}$, який називається обчислювальним базисом, то результат буде «0» або «1» з однаковою ймовірністю 1/2. Стан другого кубіту антикорельований з першим, тобто якщо перший кубіт в результаті вимірювання перейшов у стан $|0\rangle$, то другий перейде в стан $|1\rangle$ і навпаки. Без проведення вимірювання, однак, жодний із цих двох кубітів не перебуває в певному стані. Зазначимо, що переплутування, як і суперпозиція станів, – лише квантові ефекти, що не мають аналога для об'єктів класичної фізики.

Основні квантові протоколи розподілення ключів з одиночними квантовими системами

Згідно із запропонованою класифікацією відомих сьогодні квантових протоколів розподілення ключів (КПК) з дискретними квантовими станами (див. рис. 11.8), можна виділити чотири основні групи таких протоколів:

- 1) протоколи з використанням одиночних кубітів, які називають також протоколами типу «приготовлення – вимірювання»;
- 2) протоколи з використанням переплутаних станів кубітів;
- 3) протоколи з використанням одиночних багаторівневих квантових систем – кудитів;
- 4) протоколи з використанням переплутаних станів кудитів.

У принципі протоколи з кубітами можна було б не виділяти в окремі групи. Але такі протоколи як з одиночними, так і з переплутаними кубітами історично були розроблені першими. Більшість експериментів нині виконано якраз для таких протоколів. Також існуючі сьогодні комерційні системи квантового розподілення ключів реалізують поки що тільки протоколи з кубітами. Тому наведена вище класифікація уявляється нам найбільш точною.

Розглянемо спочатку групу протоколів, заснованих на пересиланні одиночних кубітів. У таких протоколах кожний фотон несе один біт інформації.

Перший протокол цього типу був запропонований Ч.Х. Бенетом і Ж. Брасаром у 1984 р., згодом він одержав назву BB84 [11.37]. У цьому протоколі використовують два взаємно не зміщені поляризаційні базиси: вертикально-горизонтальний, позначимо його \oplus , що відповідає вертикальній (двійковий «0») або горизонтальній (двійкова «1») лінійній поляризації фотонів, і діагональній \otimes , що відповідає двом діагональним поляризаціям $+45^\circ$ та -45° .

Далі будемо використовувати такі позначення суб'єктів протоколу: суб'єкт A – відправник повідомлення, суб'єкт B – отримувач.

Суб'єкт A випадковим чином вибирає базис і поляризацію своїх однофотонних імпульсів і посилає їх суб'єктові B , тобто суб'єкт A з однаковою ймовірністю посилає один із чотирьох квантових станів:

$$|0\rangle, |1\rangle, |+\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle), \quad |-\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle - |1\rangle). \quad (11.3)$$

Випадкова поляризація вибирається тому, що ключ повинен бути випадковою послідовністю бітів, а два базиси потрібні для того, щоб перешкодити зловмиснику правильно рееструвати поляризацію фотонів. Приклад стадій протоколу BB84 показано на рис. 11.9 [11.37].

Базис A	\otimes	\oplus	\oplus	\otimes	\oplus	\otimes	\otimes	\oplus	\otimes	\otimes	\oplus
Значення біта A	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0
A посилає	$ \nearrow\rangle$	$ \leftrightarrow\rangle$	$ \downarrow\rangle$	$ \searrow\rangle$	$ \leftrightarrow\rangle$	$ \nearrow\rangle$	$ \searrow\rangle$	$ \downarrow\rangle$	$ \nearrow\rangle$	$ \nearrow\rangle$	$ \downarrow\rangle$
Базис B	\otimes	\oplus	\otimes	\oplus	\oplus	\otimes	\otimes	\otimes	\oplus	\oplus	\oplus
Біт B	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0
Той самий базис?	так	так	ні	ні	так	так	так	ні	ні	ні	так
B A залишається	0	1			1	0	1				0
U B залишається	0	1			1	0	1				0
Перевірка E	так	ні			так	ні	ні				ні
Ключ		1				0	1				0

Рис. 11.9. Приклад стадій протоколу BB84

Для кожного фотона суб'єкт B випадковим чином вибирає базис і вимірює поляризацію в обраному базисі. Отриманий суб'єктом B набір бітів називають сирим ключем. Потім він повідомляє суб'єкту A відкритим каналом, який базис він використав для кожного вимірювання (зрозуміло, не повідомляючи результатів вимірювань). Суб'єкт A повідомляє, який базис використав він. Оскільки суб'єкт B вгадує базис, обраний суб'єктом A , у середньому в половині випадків, то в результаті він правильно приймає близько половини бітів, посланих суб'єктом A . Суб'єкти A і B відкидають усі біти, що відповідають випадкам, коли вони використовували різні базиси й у результаті одержують просіяний ключ. Ефективність протоколу BB84 дорівнює відношенню середньої довжини просіяного ключа до середньої довжини сирого і за відсутності завад у квантовому каналі дорівнює 0,5.

Далі проводиться процедура виправлення помилок, оцінка їх рівня та оцінка кількості інформації, що могла втекти до зловмисника [11.37]. Існують різні види атак на протоколи квантового розподілення ключів. Зокрема, на протокол BB84 можливі атаки, що використовують недосконалість обладнання та не завжди можуть бути виявлені легітимними користувачами [11.60]. Для виявлення атак, які можливі при використанні суб'єктом A ідеальних однофотонних джерел сигналів, легітимні користувачі повинні оцінити рівень помилок, пожертву-

вав при цьому частиною переданих бітів (цю процедуру показано на рис. 11.9). Після виправлення помилок суб'єкт A та суб'єкт B з високою ймовірністю мають ідентичний погоджений ключ.

Останній етап стека квантових протоколів розподілення ключів – процедура підсилення секретності, яка забезпечує теоретико-інформаційну стійкість [11.37]. Суб'єкти A і B визначають величину τ – число бітів, на яке потрібно скоротити погоджений ключ, щоб зробити інформацію зловмисника про ключ нижче заданої малої величини. Потім суб'єкт A генерує випадкову двійкову матрицю K розміру $(n - \tau) \times n$ й відкрито передає її суб'єктові B . Кінцевий секретний ключ (довжини $n - \tau$) тоді виходить множенням (за модулем 2) матриці K на узгоджений ключ довжини n (процедура хешування). При цьому можна строго довести, що при τ інформація зловмисника про ключ буде нижче деякого певного значення. Останнє можна вибрати як завгодно малим (звичайно, що чим менше інформації повинно залишитись у зловмисника, тим більше буде τ і, відповідно, тим коротше буде кінцевий секретний ключ).

У протоколі BB84 для виявлення атаки використовують два взаємно не зміщені базиси. Але кількість таких базисів для d -вимірної квантової системи дорівнює $d + 1$. Відповідно, для кубітів існують три взаємно не зміщені базиси. Протокол, схема якого аналогічна BB84, але в якому використовуються три взаємно не зміщені базиси, тобто до чотирьох станів (11.3) додають ще два, відповідні правій та лівій коловій поляризації фотонів, називається протоколом з шістьма станами. Було показано, що стійкість цього протоколу до деяких атак дещо вища стійкості BB84.

У 1992 р. Ч.Х. Бенетом був запропонований протокол з одиночними фотонами, де замість поляризації використовується фазове кодування. Цей протокол отримав назву V92. Така система менш піддана завадам, що виникають в оптичному хвилеводі при передачі фотонів, але зловмисник може одержати більше інформації про ключ для заданого рівня створюваних ним помилок, ніж у протоколі BB84, тобто стійкість протоколу V92 нижче стійкості протоколу BB84. Ефективність протоколу V92 також нижче ефективності BB84 і становить 25 % в ідеальному квантовому каналі.

Протокол 4+2 є гібридним варіантом протоколів BB84 та V92. У ньому використовуються чотири квантові стани для кодування «0» та «1» у двох базисах. Стани в кожному базисі вибираються неортогональними, крім того, стани в різних базисах також мають бути попарно неортогональними. Цей протокол має більш високий рівень стійкості, ніж протокол BB84, коли використовують слабкі когерентні імпульси замість одиночних фотонів, що тепер і відбувається на практиці. Але ефективність протоколу 4+2 нижче, ніж ефективність протоколу BB84.

Протоколи зі станами «приманки» (decoy states protocols) [11.57, 11.61] є удосконаленим варіантом протоколу BB84. У таких протоколах, крім інформаційних сигналів, джерело суб'єкта A також випромінює додаткові імпульси (приманки), у яких середнє число фотонів відрізняється від середнього числа фотонів в інформаційних сигналах. Атака зловмисника змінює статистичні характеристики станів приманки та/або інформаційних станів і буде виявлена. Як показали практичні експерименти, для цих протоколів швидкість передавання ключа й практична довжина каналу більше, ніж для BB84 [11.57].

Одним зі шляхів збільшення ефективності квантових протоколів розподілення ключів є використання для передачі замість дворівневих квантових систем

(кубітів) багаторівневих систем (кудитів). Кожний кудит дозволяє передати $\log_2 d$ біт класичної інформації, де d – розмірність гільбертова простору кудиту. Нині запропоновані два види протоколів з одиночними кудитами: перший є узагальненням протоколу BB84, в ньому для забезпечення секретності використовуються два базиси [11.63]; другий є узагальненням протоколу із шістьма станами, в ньому використовуються $d + 1$ базиси [11.63]. Ефективність протоколів першого типу дорівнює $\frac{\log_2 d}{2}$ біт/кудит, другого типу – $\frac{\log_2 d}{d + 1}$ біт/кудит.

Квантовий протокол розподілення ключів з переплутаними кубітами

Цей протокол був запропонований А. Екертом у 1991 р. Розподілення ключа виконується через квантовий канал, який містить джерело, що випускає переплутану пару фотонів у синглетному стані (11.2). Фотони розлітаються в різні сторони (уздовж деякої осі z) у напрямку до двох легітимних користувачів каналу, суб'єкта A та суб'єкта B , які після одержання фотонів виконують вимірювання та реєструють результат цих вимірювань в одному з трьох базисів, одержуваних обертанням \oplus -базису навколо осі z на деякі заздалегідь визначені кути. При цьому значення кутів повороту базисів повинні бути однаковими в суб'єкта A та суб'єкта B у двох випадках із трьох, наприклад: у суб'єкта A : $\varphi_1^A = 0$, $\varphi_2^A = \pi/4$, $\varphi_3^A = \pi/8$; у суб'єкта B : $\varphi_1^B = 0$, $\varphi_2^B = -\pi/8$, $\varphi_3^B = \pi/8$. Конкретний базис для кожного вимірювання обидва вони вибирають випадково й незалежно один від одного.

Після того, як відбулася передача, суб'єкти A і B можуть публічно оголосити, які орієнтації базисів вони вибирали в кожному конкретному випадку, і розділити проведені вимірювання на дві різні групи: у першій групі будуть вимірювання, у яких вони використали різні орієнтації базисів, а в другій – ті, у яких орієнтації базисів збігалися. Вони також відкидають усі випадки, коли один з них або обидва взагалі не змогли зареєструвати жодного фотона. Таким чином, при відсутності завад в каналі ефективність протоколу Екерта дорівнює $2/9$ біт на пару кубітів, оскільки випадки використання різних базисів використовуються тільки для контролю підслуховування та відкидаються при просіюванні ключа.

Після цього суб'єкти A і B можуть відкрито показати один одному результати, які вони одержали в рамках однієї тільки першої групи вимірювань, тобто коли орієнтації їхніх базисів не збігалися. Це дозволяє їм установити коефіцієнт кореляції вимірювань S , який також може бути обчислений з використанням законів квантової механіки [11.37]:

$$S = E(\varphi_1^A, \varphi_2^B) + E(\varphi_1^A, \varphi_3^B) + E(\varphi_2^A, \varphi_3^B) - E(\varphi_2^A, \varphi_2^B), \quad (11.4)$$

де $E(\varphi_i^A, \varphi_j^B) = -\cos(2(\varphi_i^A - \varphi_j^B))$.

При використанні наведених вище значень кутів повороту базисів у суб'єктів A і B з (11.4) одержуємо $S = -2\sqrt{2}$. Якщо значення S , отримане в результаті вимірювань суб'єктів A і B при використанні ними різних базисів дорівнює $-2\sqrt{2}$, то стани фотонів із переплутаних пар не були змінені на шляху від джерела до легітимних користувачів. Отже, результати, отримані в другій групі вимірювань, тобто коли суб'єкти A і B використали однакові базиси, антикорелюють і можуть бути перетворені в секретний рядок бітів – ключ.

Якщо ж отримана величина S не дорівнює $-2\sqrt{2}$, то це означає, що стани фотонів були змінені або в результаті перехоплення, або в результаті завад у квантовому каналі зв'язку. Далі суб'єкти A і B повинні оцінити рівень помилок і або визнати його прийнятним і провести процедуру квантового підсилення секретності [11.37], що дозволить їм встановити секретний ключ, або, якщо рівень помилок неприйнятний, незалежно від їхньої природи – наявності атаки зловмисника або наявності завад у каналі – потрібно повторити всю процедуру знову.

Сьогодні запропоновані узагальнення протоколу Екерта на випадок використання переплутаних пар кудитів [11.64]. Ці протоколи мають більшу інформаційну місткість порівняно з оригінальним протоколом Екерта.

Зазначимо, що однією з головних концептуальних переваг протоколів з переплутаними станами квантових систем над протоколами з одиночними квантовими системами є випадковість результатів квантових вимірювань над переплутаними системами, в результаті чого легітимні користувачі отримують цілком випадковий спільний ключ. При використанні протоколів з одиночними квантовими системами суб'єкт A повинен спочатку згенерувати випадковий ключ. Зазначимо, що сьогодні існують комерційні квантові генератори випадкових чисел, наприклад генератор QUANTIS швейцарської компанії Id Quantique [11.65], який може використовуватися для генерації істинно випадкового криптографічного ключа.

Комерційні квантові системи розподілення ключів, переваги та недоліки квантового розподілення ключів

Першою комерційною системою квантового розподілення ключів була *QPN Security Gateway* (QPN-8505) [11.66], створена компанією MagiQ Technologies (США). Ця система (рис. 11.10, а) являє собою економічно ефективне рішення інформаційної безпеки для державних і фінансових організацій. Система пропонує захист віртуальних приватних мереж за допомогою квантового розподілення ключів (до ста 256-бітових ключів на секунду на відстань до 140 км) та інтегрованого шифрування. Для квантового розподілення ключів QPN-8505 використовує протокол BB84 з фазовим кодуванням, а для шифрування даних – симетричний шифр AES.

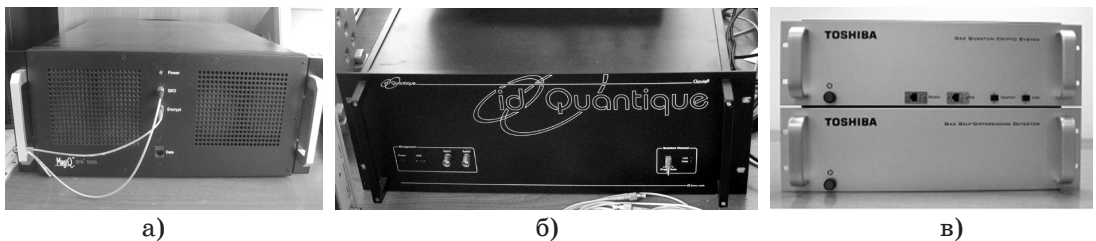


Рис. 11.10. Деякі комерційні квантові системи захисту інформації

Швейцарська компанія Id Quantique пропонує системи *Clavis²* (рис. 11.10, б) і *Cerberis* [11.67]. *Clavis²* використовує власну автокомпенсуючу оптичну платформу, яка має високу стабільність, що гарантує низький рівень квантових помилок. Безпечний обмін ключами можливий на відстані до 100 км. Ця оптична платформа добре документована в наукових публікаціях і була ретельно протестована. *Cerberis* являє собою сервер з автоматичним створенням і секретним обміном ключів.

чами через оптоволоконний канал. Зазначена система може передавати криптографічні ключі на відстань до 50 км, її характерною особливістю є 12 паралельних криптографічних обчислень, що набагато підвищує швидкодію. Система *Cerberis* використовує шифр AES з ключем довжиною 256 біт, а для квантового розподілення ключів – протоколи BB84 та SARG.

Нещодавно компанією Toshiba Research Europe Ltd (Великобританія) було представлено ще одну систему квантового розподілення ключів під назвою *Quantum Key Server* [11.68]. Ця система (рис. 11.10, в) забезпечує генерацію до ста 256-бітних ключів на секунду та їх передавання на відстань понад 100 км. При передаванні на відстань до 50 км забезпечується швидкість 1 Мбіт/с. До складу *Quantum Key Server* входить інтегрований модуль автоматичного управління, що проводить неперервний моніторинг системи та регулює її оптичні характеристики.

Ще одна британська компанія QinetiQ представила першу у світі мережу, що використовує квантову криптографію – *Quantum Net (Qnet)* [11.69]. Максимальна довжина ліній зв'язку цієї мережі становить 120 км, та найголовнішим є те, що система *Qnet* – це перша квантово-криптографічна система, що використовує понад два сервери. Їх у цій системі шість і всі вони інтегровані в мережу Internet.

Аналіз виконаних на теперішній час теоретичних та експериментальних робіт в галузі квантового розподілення ключів дозволяє виділити такі їх переваги та недоліки.

Переваги:

1. Протоколи квантового розподілення ключів дозволяють завжди виявити атаку пасивного перехоплення, оскільки підключення зловмисника вносить до квантового каналу набагато більший рівень помилок порівняно з рівнем природних завад у каналі.

2. Безумовна (теоретико-інформаційна) безпека квантових протоколів розподілення ключів дозволяє використати абсолютно секретний ключ для дальшого шифрування відомими класичними симетричними шифрами – це відповідно збільшує рівень захищеності, який забезпечують суто класичні криптосистеми. Також можливий синтез квантових протоколів розподілення ключів із шифром Вернама (одноразовим блокнотом), що в поєднанні з безумовно стійкою схемою автентифікації дозволить створити абсолютно стійку систему передавання конфіденційної інформації.

Недоліки:

1. Система, побудована тільки на квантових протоколах розподілення ключів, не може бути повноцінним завершеним рішенням проблеми розподілення секретних ключів – потрібні також засоби для попередньої автентифікації користувачів. Така автентифікація може бути виконана, наприклад, за допомогою першого невеликого секретного ключа, який користувачі системи квантового розподілення ключів повинні отримати один раз заздалегідь. Потім невелику частку секретного ключа, розподіленого за допомогою квантового протоколу, користувачі можуть залишити для автентифікації в наступному сеансі тощо.

2. Обмеження довжини квантового каналу: при квантовому передаванні інформації неможливо «підсилити сигнал» через неможливість копіювання квантових станів. Проте можна створити квантовий аналог повторювача, що дає можливість квантового передавання інформації на великі відстані за допомогою створення переплутаних станів між відправником та одержувачем. Це переплутування потім

може бути використано при квантовій комунікації, зокрема в квантових протоколах розподілення ключів. Технологія квантових повторювачів, яка ґрунтується на технології квантової пам'яті, активно розробляється сьогодні, але ця технологія поки що не вийшла за межі лабораторних експериментів.

3. Низька ефективність (імовірність зареєструвати відлік, якщо фотон попав у детектор) детекторів одиночних фотонів – для телекомунікаційного «вікна прозорості» 1550 нм ефективність таких детекторів, що працюють при температурах 200–300 К, не перевищує 10 % [11.70]. Існують також надпровідні детектори, що працюють при наднизьких температурах 0.1–1.5 К, ефективність яких досягає 95 % [11.70]. Але використання таких надпровідних детекторів у квантових системах розподілення ключів значно збільшує вартість системи. Ще одна проблема, яка пов'язана з детекторами, – ефект «темнового шуму», коли детектор спрацьовує при відсутності фотона [11.70].

4. Швидкість передавання інформації квантовим каналом істотно зменшується зі збільшенням довжини каналу і в більшості експериментів на відстанях порядку 100–200 км дорівнює декільком кілобітам на секунду.

5. Деполяризація фотонів у квантовому каналі, яка призводить до помилок при вимірюваннях у легітимних користувачів.

6. Висока ринкова ціна існуючих сьогодні комерційних систем квантового розподілення ключів.

11.5. Оптимізація методів передавання мультимедійної інформації

Стрімкий розвиток інфокомунікаційних технологій, який викликав зростання обсягів IP-навантаження, що циркулює в сучасних телекомунікаційних мережах, як ніколи, гостро поставив перед науковцями проблему пошуку нових методів підвищення ефективності передавання цього навантаження. За таких умов особливо актуальним постає питання мінімізації обсягів службового навантаження (протокольної надлишковості).

Особливої актуальності це питання набуває при створенні корпоративних мереж, які складаються з декількох територіально рознесених сегментів, для поєднання яких використовуються орендовані ресурси операторів телекомунікацій. Це пояснюється тим, що найбільш поширеним методом поєднання окремих сегментів до єдиної логічної мережі є організація єдиного адресного простору та прозорого транспортування IP-пакетів між такими сегментами за допомогою тунелювання. При цьому організація такого поєднання, як правило, лише збільшує обсяг інформації, що передається орендованими каналами за рахунок додаткової інкапсуляції, що найбільше позначається на пакетах невеликих розмірів (наприклад, медіа-даних голосового навантаження).

Як відомо, в основу процесу тунелювання (рис. 11.11) IP-навантаження між двома сегментами пакетної мережі покладено принцип інкапсуляції блоків даних нижчих або рівних рівнів до блоків даних вищих або рівних рівнів моделі OSI [11.71]. За рахунок цього з'являється можливість використовувати єдину адресу та механізми маршрутизації в межах всієї корпоративної мережі, незважаючи на кількість сегментів, що входять до її складу.

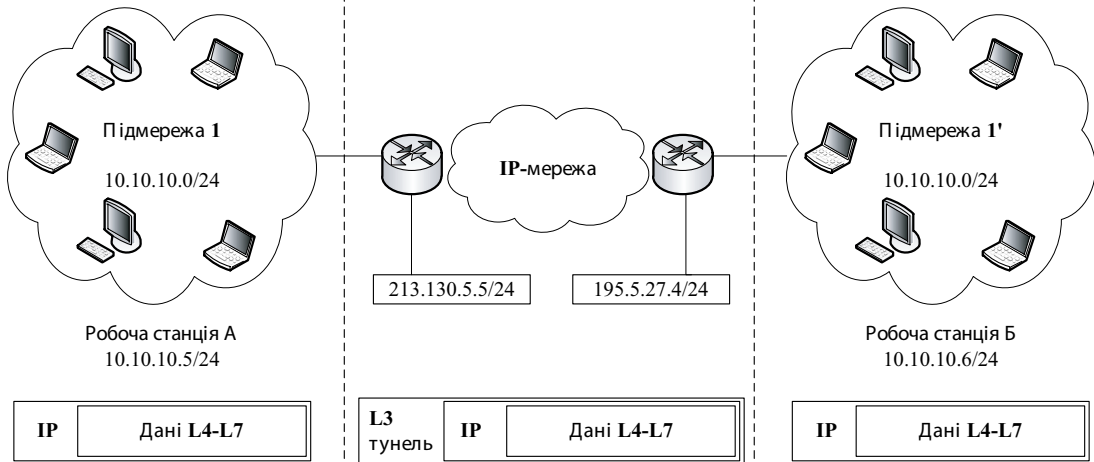


Рис. 11.11. Процес тунелювання IP-навантаження

На рис. 11.11 наведено приклад поєднання двох незалежних сегментів корпоративної мережі крізь IP-мережу за допомогою двох маршрутизаторів. Слід зазначити, що адресація вузлів в обох зображених на рисунку підмережах (1 та 1') здійснюється в межах однієї логічної підмережі. Таким чином, для обміну інформацією між робочою станцією А та робочою станцією Б використовуються ті самі механізми, що й для обміну інформацією в межах одного фізичного сегмента. Такий ефект досягається за рахунок прозорого тунелювання навантаження між двома маршрутизаторами, яке полягає в додатковій інкапсуляції ще одного заголовка до надісланих на внутрішні інтерфейси маршрутизаторів пакетів (рис. 11.12). При цьому – в разі, якщо пакет спрямований від робочої станції А до робочої станції Б (для наведеного вище прикладу), адресою призначення зовнішнього заголовка буде IP-адреса 195.5.27.4, а адресою відправника – 213.130.5.5.

Обсяг службової інформації, який додатково додається до кожного IP-пакета при тунелюванні IP-навантаження, залежить від конкретної реалізації тунелю. Так, наприклад, при використанні тунелів типу «IP-GRE», розроблених компанією Cisco Systems [11.72], крім додавання ще одного IP-заголовка до кожного IP-пакета, додається також спеціальний заголовок формату GRE (Generic Routing Encapsulation), який може мати розмір від 4 до 20 байт.

У свою чергу, тунелювання типу «IP-IP», розроблене компанією IBM [11.73], передбачає додавання до базового пакета лише одного IP-заголовка розміром 20 байт. Зрозуміло, що саме цей тип тунелю є найменш витратним з огляду на протокольну надлишковість. Очевидно, що до-

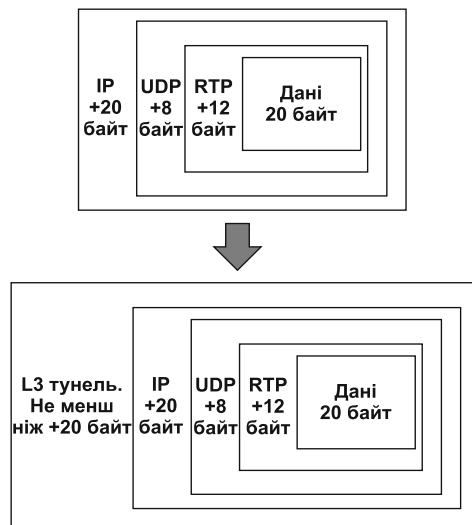


Рис. 11.12. Процедура додаткової інкапсуляції

даткова інкапсуляція 20 байт до кожного пакета практично не впливає на передавання пакетів великих розмірів, однак призводить до небажаних наслідків при тунелюванні навантаження IP-телефонії, при якому корисна голосова інформація передається пакетами невеликих розмірів. При цьому збільшення розміру кожного такого пакета, що передається каналами зв'язку, на 20 байт автоматично призводить до необхідності збільшення достатньої для передавання навантаження [11.74] пропускної спроможності каналу зв'язку приблизно на 30 %. Зазначена проблема особливо гостро постає в разі організації віртуальних тунелів між двома мережними об'єктами, що виконують роль комутаторів з'єднань IP-телефонії (Softswitch, IP-PBX тощо). У цьому випадку для кожного віртуального з'єднання з метою передавання голосової інформації між двома вузлами мережі пересилається значна кількість пакетів невеликих розмірів, до кожного з яких застосовується процедура додаткової інкапсуляції.

Так, наприклад, при використанні голосових кадрів тривалістю 20 мс, кожен з яких подано у вигляді корисного навантаження розміром 20 байт, а також за умов використання мінімальних розмірів заголовків протоколів RTP (Real-time Transport Protocol), UDP (User Datagram Protocol) та IP (12, 8 та 20 байт відповідно) при передаванні одночасно понад 100 голосових з'єднань орієнтовний розмір необхідної пропускної спроможності каналу зв'язку становитиме 2,4 Мбіт/с без використання тунелювання IP-навантаження та 3,2 Мбіт/с при використанні тунелю типу «IP-IP».

Одним з найбільш відомих шляхів мінімізації необхідної пропускної спроможності каналів зв'язку при передаванні мультимедійного IP-навантаження є застосування протоколу сRTP (Compressed RTP) [11.75, 11.76], який передбачає стиснення заголовків IP/UDP/RTP для передавання в межах низько-швидкісних каналів зв'язку, побудованих за принципом «точка-точка». Базовим принципом протоколу сRTP є збереження на обох кінцях каналу зв'язку (компресорі та декомпресорі) контекстів RTP-сесій, які містять опис типової для сесії структури службових заголовків IP/UDP/RTP, із дальшим передаванням між компресором та декомпресором лише тієї частини заголовків, які змінилися всупереч очікуванням компресора.

Альтернативним варіантом вирішення зазначених вище проблем може бути механізм мінімізації службової інформації при тунелюванні IP-навантаження, принцип роботи якого зображено на **рис. 11.13**.

Як зображено на **рис. 11.13**, на кожній зі сторін тунелю з агрегацією сесій та компресією заголовків (ТАСКЗ), окрім звичайних засобів тунелювання, що передбачають внесення до кожного пакета додаткового IP-заголовка, реалізовано компресор та декомпресор. Як компресори, так і декомпресори оперують спеціальними таблицями контекстів RTP-сесій. За допомогою інформації, яка зберігається в зазначених таблицях, компресори (за аналогією з протоколом сRTP) можуть не передавати всю службову інформацію для кожного голосового кадру, а попередньо забезпечити передавання першого з пакетів у межах RTP-сесії декомпресору і надалі передавати лише унікальний ідентифікатор контексту та спеціальні інформаційні повідомлення у разі відхилення службової інформації в наступному пакеті тієї самої RTP-сесії від очікуваних значень. Такий підхід дозволяє зменшити розмір службової інформації, що передається із кожним голосовим кадром з 40 байт до 2–4 байт на кожен пакет [11.75].

Додаткового зменшення обсягу службової інформації можна досягти за рахунок агрегації пакетів з різних RTP-сесій, що надходять до компресора протягом періоду часу, меншого за середню різницю в часі між надходженням двох пакетів з однієї RTP-сесії. Така агрегація дозволяє збільшити швидкість передавання корисного навантаження за рахунок зменшення сукупного обсягу службового навантаження, що передається з кожним голосовим фреймом. Можливість агрегації RTP-сесій передбачена в протоколі IAX2 (Inter-Asterisk eXchange protocol) [11.77], який використовується сумісно із IP-PBX Asterisk, та в протоколі TCRTP (Tunneling Multiplexed Compressed RTP) [11.78], запропонованому компанією Cisco Systems. Однак слід зважати на низку суттєвих недоліків: у специфікації обох протоколів не визначається реалізація механізмів агрегації, а лише констатується її можливість; обидва протоколи мають обмежене застосування (у межах окремої платформи або лише з певним типом протоколу каналного рівня) – жоден з цих протоколів не може використовуватися для вирішення проблем в комплексі.

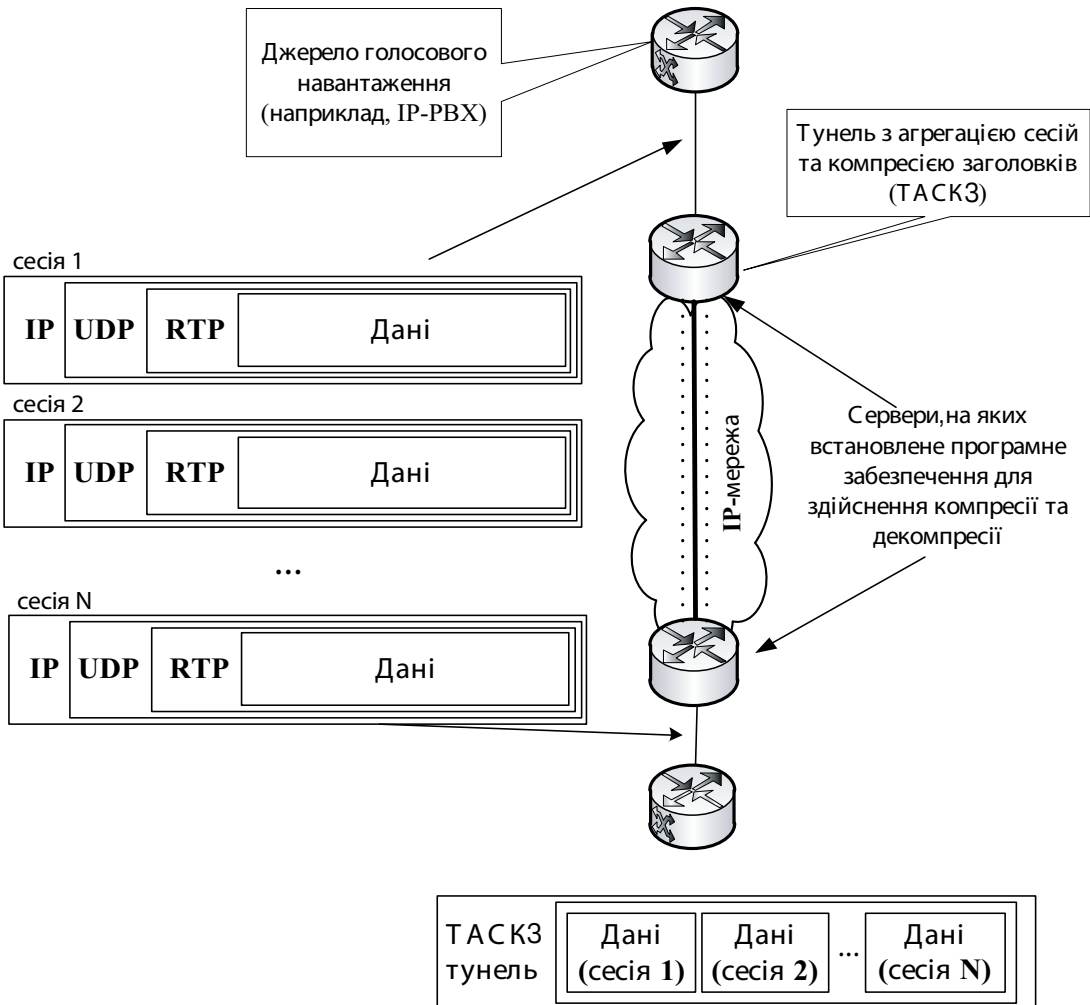


Рис. 11.13. Принцип роботи ТАСКЗ

Серед ключових переваг механізму TASCЗ слід зазначити такі:

⇒ у 1,5–3 рази зменшується загальний обсяг навантаження, що передається крізь канал зв'язку при тунелюванні, залежно від кількості одночасних RTP-сесій;

⇒ спосіб може бути використаний при організації взаємоз'єднань операторів IP-телефонії в сучасних IP-мережах;

⇒ звільнений ресурс пропускної здатності може бути використаний або для збільшення кількості одночасних телефонних з'єднань (без збільшення вимог до пропускної здатності каналу зв'язку), або для покращення якості зв'язку за рахунок дублювання IP-пакетів з метою мінімізації ймовірності їх безповоротної втрати.

11.6. Оцінка ефективності впровадження телекомунікаційних технологій

Сьогодні основною технологією поєднання мереж, побудованих за різними технологіями каналного рівня (Ethernet, WiFi, SDH, ATM, FrameRelay тощо), є використання протоколу IP [11.79]. Можливості, які відкрилися перед людством із запровадженням цієї технології, дозволили зробити великий крок вперед та були покладені в основу появи цілої низки принципово нових технологій – IP-телефонія, IP-телебачення тощо. Однак необхідність передавати інформацію між вузлами, які перебувають в мережах, побудованих за різними технологіями каналного рівня, призвела до необхідності розробити низку допоміжних механізмів і протоколів. Сукупності таких механізмів і протоколів одержали назви, в яких відображена їх основна сутність – передавання IP-пакетів «поверх» кадрів каналного рівня тієї чи іншої технології (IP over Ethernet, IP over WiFi, IP over SDH тощо).

Очевидна зручність використання однієї технології на всіх сегментах мережі призвела до моделі передавання даних, при якій велику кількість разів повторюються ті самі кроки, пов'язані із інкапсуляцією та деінкапсуляцією службової інформації, навіть якщо на всьому тракті передавання (в межах різних сегментів) використовується одна технологія каналного рівня. Слід зазначити, що кожен з таких кроків вносить додаткову (часто досить істотну) затримку в процес передавання інформації, що особливо гостро позначається на передаванні мультимедійної інформації. Крім того, для подолання проблеми узгодження різнорідних технологій між собою виникає необхідність транспортувати одночасно із корисною інформацією великої кількості службового навантаження. Так, наприклад, для транспортування 20 байт корисної інформації при використанні IP-телефонії необхідно додати до них щонайменш 40 байт службової інформації (із заголовками протоколів IP, UDP та RTP) при транспортуванні через всю мережу, а також ще 10–20 байт додатково на кожному сегменті каналного рівня. Це, у свою чергу, призводить до зменшення ефективності використання пропускної спроможності каналів зв'язку в декілька разів.

Останнім часом беззаперечним лідером мережних технологій залишається технологія інкапсуляції IP-пакетів у кадри Ethernet (IPoverEthernet). Необхідно зазначити, що ця технологія є цілком виправданим рішенням для використання в гетерогенних мережах. Однак постає питання раціональності використання технології IPoverEthernet в однорідних мережах, що використовуються для забезпечення обміну інформацією в ядрі тієї чи іншої інформаційної системи (наприклад, для резервного копіювання інформації або для організації розподілених обчис-

лень). За умов однорідної мережі головним недоліком IPoverEthernet стає надлишковість в адресних полях. В IP-пакеті під адресу призначення (Destination IP Address) виділено 32 біти, в кадрі Ethernet (MAC-адреса) – 48 біт, загалом 80 біт, зафіксованих для ідентифікації одного мережного вузла. Очевидно, що навіть для великої корпоративної мережі такого розміру адресної інформації забагато, а зайва надлишковість, як було зазначено раніше, збільшує час обробки та передавання пакетів та, як наслідок, сукупний час транспортування корисного навантаження між вузлами мережі.

Протягом декількох останніх років учені активно працюють над подоланням проблеми надлишковості службової інформації в сучасних IP-мережах, пропонуючи або зменшити розмір адресної інформації у пакетах, що передаються мережею [11.80], або застосовувати методи компресії заголовків [11.81], або навіть використовувати адреси змінного розміру [11.82]. Однак, пропонуючи нові технічні рішення, винахідники, як правило, приділяють мало уваги питанню економічної оцінки доцільності впровадження своїх телекомунікаційних механізмів, обмежуючись при цьому лише поверхневим аналізом залежності обсягів передавання службової інформації від обсягів переданої корисної інформації [11.83]. Як наслідок, більшість таких винаходів, незважаючи на свою очевидну корисність, залишаються невикористаними в реальних телекомунікаційних мережах, а власники телекомунікаційних мереж і надалі марно витрачають ресурси, не маючи відповідного інструменту для оцінки інвестиційної привабливості використання цих винаходів.

Очевидно, що процес мінімізації передавання службової інформації в сучасних телекомунікаційних мережах дозволяє збільшити швидкість передавання корисної інформації та, як наслідок, зменшити час її передавання.

В основі функціонування будь-якої телекомунікаційної мережі присутня безпосередня залежність між часом (або швидкістю) передавання корисної інформації та вичерпними ресурсами, до яких може застосовуватись економічна оцінка. Чим швидше мережа виконає свою функцію (забезпечить передавання корисної інформації в необхідному обсязі), тим менше вичерпних ресурсів буде спожито. Найбільш яскравим прикладом такого ресурсу є електроенергія, яку споживають мережне обладнання та вузли, задіяні в процесі передавання інформації. Зменшення часу експлуатації мережного обладнання та вузлів в активному режимі (режимі передавання інформації) часто дозволяє зменшити споживання електроенергії.

У більшості мереж, що експлуатуються з комерційною метою, також присутня залежність між часом (або швидкістю) передавання корисної інформації та обсягом продукту, який може бути комерціалізовано. Чим ефективніше буде використовуватися мережа для передавання корисної інформації, тим більше вільних ресурсів (наприклад, додаткові волокна в ВОЛЗ, частка пропускнуої спроможності тощо) можуть бути комерціалізовані у вигляді продукту. Слід, однак, зазначити, що в певних випадках такими залежностями можна знехтувати внаслідок наявності вільних ресурсів і слабкої ефективності використання існуючих телекомунікаційних мереж за умов їх будівництва із необґрунтованим запасом.

На рис. 11.14 наведено узагальнений алгоритм методики оцінки ефективності переведення існуючих телекомунікаційних мереж, побудованих із використанням технології Ethernet на каналному рівні, що працюють на базі стека TCP/IP, на використання альтернативного телекомунікаційного механізму, що передбачає застосування зменшеного (порівняно з існуючим) розміру службових заголовків (насамперед за рахунок мінімізації мережної адреси).



Рис. 11.14. Узагальнений алгоритм методики

Вихідними даними для роботи алгоритму (рис. 11.14) є такі:

- характеристики інформаційної системи, що функціонує в телекомунікаційній мережі (інтенсивність запитів створення сесії з передавання інформації в межах інформаційної системи від одного вузла; середній обсяг корисної інформації, що передається в межах однієї сесії від одного вузла; кількість вузлів, що можуть виступати джерелом запитів на передавання інформації в інформаційній системі; кількість вузлів, що виступають одержувачами інформації, із розрахунку на одне джерело тощо);
- загальна кількість вузлів у мережі, для якої проводяться оцінювання та характеристики технології каналного рівня, на базі якої вона побудована (номінальна швидкість передавання інформації; максимальний розмір кадру каналного рівня; розмір службової інформації в кадрі каналного рівня; розмір технологічної паузи між кадрами каналного рівня тощо);
- характеристики протоколів мережного та транспортного рівнів, що використовуються для забезпечення роботи мережі на момент оцінювання, а також протоколів альтернативного телекомунікаційного механізму, що планується застосувати для роботи інформаційної системи (насамперед, у вигляді розмірів додаткових заголовків на один кадр каналного рівня);
- інформація про обсяг вичерпних ресурсів, що використовуються для забезпечення роботи інформаційної системи та мережі (обсяг електроенергії, що споживається одним вузлом під час приймання/передавання інформації та в період між сесіями; обсяг електроенергії, що споживається активним мережним обладнанням під час приймання/передавання інформації та в період між сесіями; вартість одиниці споживання електроживлення тощо);

- інформація про можливі продукти комерціалізації вільних ресурсів телекомунікаційної мережі та/або інформаційної системи (ринкова вартість однієї години роботи телекомунікаційної мережі та/або інформаційної системи з розрахунку на один вузол; коефіцієнт попиту на послуги інформаційної системи тощо);

- інформація про вартість переходу до альтернативного телекомунікаційного механізму (обсяг капітальних витрат, пов'язаних із придбанням апаратного та/або програмного забезпечення; обсяг капітальних витрат, пов'язаних із впровадженням альтернативного механізму із розрахунку на один вузол мережі; орієнтовний час впровадження альтернативного механізму із розрахунку на один вузол мережі).

Відповідно до рис. 11.14, першим кроком методики є визначення середньої швидкості передавання корисної інформації ($v_{\text{корис}}$) із врахуванням службового навантаження транспортного, мережного та каналного рівнів моделі OSI. Для протоколів локальних мереж, які використовують технологію Ethernet, таку швидкість можна визначити за формулою [11.84]

$$v_{\text{корис}} = \lambda_{\text{макс}} \cdot (L_{\text{даних}} - L_{\text{сис}}), \quad (11.5)$$

де $\lambda_{\text{макс}}$ – максимально припустима інтенсивність передавання Ethernet кадрів, кадрів/с [11.85];

$L_{\text{даних}}$ – обсяг поля даних (при форматі кадру IEEE 802.3 може становити від 368 до 12 000 біт), біт;

$L_{\text{сис}}$ – обсяг додаткової службової інформації, що передається разом з корисними даними, біт. При цьому $L_{\text{сис}} \leq L_{\text{даних}}$.

Максимально припустима інтенсивність передавання Ethernet-кадрів заданого обсягу $L_{\text{кадру}}$ може бути визначена за формулою:

$$\lambda_{\text{макс}} = \frac{v_{\text{макс}}}{L_{\text{кадру}} + v_{\text{макс}} \cdot t_p}, \quad (11.6)$$

де $v_{\text{макс}}$ – номінальна швидкість передавання інформації в мережі, біт/с;

t_p – розмір технологічної паузи між кадрами Ethernet, с (для стандартів 10Base-T та 100Base-TX цей розмір становить 9,6 мкс та 0,96 мкс відповідно).

Як видно з формули (11.5), чим менше співвідношення $\frac{L_{\text{сис}}}{L_{\text{даних}}}$, тим більше швидкість передавання корисного навантаження. Відомо, що кадр Ethernet складається із службової інформації (має стандартний обсяг 208 біт або 26 байт) та поля даних розміром $L_{\text{даних}}$. Таким чином, запровадивши параметр $L_{\text{сис_загал}} = L_{\text{кадру}} - L_{\text{даних}} + L_{\text{сис}}$, формули (11.5) та (11.6) можна зобразити у вигляді

$$v_{\text{корис}} = v_{\text{факт}} - v_{\text{сис}} = \frac{v_{\text{макс}} \cdot L_{\text{кадру}}}{L_{\text{кадру}} + v_{\text{макс}} \cdot t_p} - \frac{v_{\text{макс}} \cdot L_{\text{сис_загал}}}{L_{\text{кадру}} + v_{\text{макс}} \cdot t_p}, \quad (11.7)$$

де $v_{\text{факт}}$ – фактична максимально припустима швидкість передавання інформації в мережі Ethernet, біт/с;

$v_{\text{сис}}$ – швидкість передавання службової інформації, біт/с.

Виходячи з формули (11.7), можна зробити висновок, що швидкість передавання корисного навантаження, крім стандартизованих для технології параметрів (номінальна швидкість передавання інформації, розмір технологічної паузи між кадрами, розмір службових заголовків Ethernet кадру), залежить від розміру кадру Ethernet, що використовується для обміну інформацією, а також від розміру

додаткової службової інформації, що додається до кадру при використанні того чи іншого стека протоколів.

Неважко визначити, що обсяг додаткової службової інформації впливає також на час передавання інформації та на загальну кількість інформації (в бітах або в кадрах), що фактично передається мережею при використанні додаткових стеків протоколів.

Для визначення загального обсягу інформації $L_{\text{загал}}$, що передається мережею, при використанні будь-якого механізму обміну інформацією одержимо таку формулу:

$$L_{\text{загал}} = \frac{L_{\text{інформ}} \cdot L_{\text{кадру}}}{(L_{\text{кадру}} - L_{\text{сис_обиц}})}, \quad (11.8)$$

де $L_{\text{інформ}}$ – обсяг корисної інформації, яку необхідно передавати мережею, що побудована із використанням технології Ethernet, біт.

Використовуючи замість розміру додаткових заголовків мережного та транспортного рівнів моделі OSI значення розміру додаткових заголовків стека протоколів альтернативного мережного механізму, отримаємо вираз для визначення швидкості передавання корисного навантаження ($v_{\text{корис_ex}}$) при впровадженні такого механізму:

$$v_{\text{корис_ex}} = \frac{v_{\text{макс}} \cdot (L_{\text{даних}} - L_{\text{загол_ex}})}{L_{\text{кадру}} + v_{\text{макс}} \cdot t_p}, \quad (11.9)$$

де $L_{\text{загол_ex}}$ – розмір додаткових заголовків стека протоколів альтернативного мережного механізму, біт.

При цьому подальші вирази мають сенс лише при виконанні умови

$$L_{\text{загол_ex}} \leq L_{\text{сис_обиц}} < L_{\text{даних}}.$$

Для оцінки різниці в часі роботи інформаційної системи та мережного середовища в активному режимі (приймання/передавання) при переході до альтернативного мережного механізму під час транспортування навантаження (ΔTex) скористаємось виразом, який впливає з (11.7) та (11.9):

$$\Delta Tex = \frac{L_{\text{даних}} \cdot (v_{\text{корис_ex}} - v_{\text{корис}})}{v_{\text{корис_ex}} \cdot v_{\text{корис}}}. \quad (11.10)$$

Наступним кроком запропонованої методики (рис. 11.14) є оцінка обсягів заощадження вичерпних ресурсів унаслідок зменшення часу роботи інформаційної системи та мережного середовища в активному режимі (приймання/передавання). Як було зазначено раніше, основним з таких ресурсів є електроенергія. В загальному вигляді обсяг заощадженої за одну сесію передавання даних електроенергії (ΔE) можна визначити за формулою

$$\Delta E = \Delta Tex \cdot (N \cdot (E_{\text{акт}} - E_{\text{пас}}) + (E_{\text{мереж_акт}} - E_{\text{мереж_пас}})), \quad (11.11)$$

де N – кількість вузлів, що задіяні протягом однієї сесії передавання корисної інформації в інформаційній системі (в простішому випадку може бути визначено як мінімальне з двох значень: $N_{\text{джерел}} \cdot (1 + N_{\text{одерж}})$ або $N_{\text{вузлів}}$);

$N_{\text{джерел}}$ – кількість вузлів, що можуть виступати джерелом інформації в інформаційній системі;

$N_{\text{одерж}}$ – кількість вузлів, що виступають одержувачами інформації, із розрахунку на одне джерело;

$N_{\text{вузлів}}$ – загальна кількість вузлів у мережі;

$E_{\text{акт}}$ – обсяг електроенергії, що споживається одним вузлом під час приймання/передавання інформації, кВт*год;

$E_{\text{пас}}$ – обсяг електроенергії, що споживається одним вузлом в період між сесіями, кВт · год;

$E_{\text{мереж_акт}}$ – обсяг електроенергії, що споживається всім активним мережним обладнанням під час приймання/передавання інформації, кВт · год;

$E_{\text{мереж_пас}}$ – обсяг електроенергії, що споживається всім активним мережним обладнанням в період між сесіями, кВт · год.

Для визначення річного обсягу заощадження електроенергії скористаємося формулою

$$\Delta E_{\text{річний}} = \Delta E \cdot Y_{\text{запит}} \cdot C_{\text{секунд}}, \quad (11.12)$$

де $Y_{\text{запит}}$ – інтенсивність запитів на створення сесії з передавання інформації в межах інформаційної системи від одного джерела, запитів/с;

$C_{\text{секунд}}$ – кількість секунд у календарному році (31536000 секунд для року, в якому 365 календарних днів), с.

При цьому загальний обсяг коштів, що заощаджується внаслідок переходу до альтернативного мережного механізму при транспортуванні навантаження протягом одного року (за рахунок більш економічного споживання електроенергії), може бути визначений як $S_{\text{заощад}} = \Delta E_{\text{річний}} \cdot S_{\text{електро}}$, де $S_{\text{електро}}$ – вартість одиниці споживання електроенергії, грн.

Слід зазначити, що вирази (11.11) та (11.12) наведені для простішого випадку, коли сегменти інформаційної системи (сукупність вузлів з одного джерела та певної кількості одержувачів інформації) не пересікаються та працюють незалежно (наприклад, у межах окремих віртуальних мереж). Розширення наведених виразів для більш загального випадку можливе за рахунок введення коефіцієнта кількості одночасних сесій, що оброблюється одним вузлом мережі.

Також очевидно, що наведені вище положення є справедливими лише у разі дотримання співвідношення $\frac{Y_{\text{запит}} \cdot L_{\text{даніх}}}{V_{\text{корис}}} < 1$. Це пояснюється тим, що заощадження буде досягатися лише за умов неперекриття запитів між собою (тобто тривалість передавання інформації через мережу має бути меншою, ніж період виникнення нових запитів).

Для оцінки обсягів комерціалізації ресурсів, що звільняться внаслідок зменшення часу роботи інформаційної системи та мережного середовища при переході до альтернативного мережного механізму при транспортуванні навантаження протягом року ($S_{\text{ком}}$), скористаємося формулою

$$S_{\text{ком}} = \frac{N_{\text{джерел}} \cdot \Delta T_{\text{ех}} \cdot Y_{\text{запит}} \cdot C_{\text{секунд}} \cdot S_{\text{варт}} \cdot K_{\text{попиту}}}{C_{\text{год}}}, \quad (11.13)$$

де $S_{\text{варт}}$ – ринкова вартість однієї години роботи інформаційної системи з розрахунку на один вузол, грн;

$K_{\text{попиту}}$ – коефіцієнт попиту на послуги інформаційної системи (від 0 до 1);

$C_{\text{год}}$ – кількість секунд у годині (3600 с), с.

Оцінка розмірів капітальних витрат (рис. 11.14), необхідних для переходу до альтернативного мережного механізму при транспортуванні навантаження ($S_{\text{кап}}$) враховує обсяг капітальних витрат, пов'язаних із придбанням програмного забезпечення та/або апаратної платформи, обсяг капітальних витрат, пов'язаних із

інсталяцією нової технології на всі вузли мережі, а також обсяг втрат, пов'язаних із недоотриманням доходів від комерціалізації ресурсів мережі:

$$S_{\text{кан}} = S_{\text{придб}} + N_{\text{вузлів}} \cdot \left(S_{\text{інст}} + \frac{S_{\text{варт}} \cdot K_{\text{попиту}} \cdot T_{\text{інст}}}{C_{\text{зод}}} \right), \quad (11.14)$$

де $S_{\text{придб}}$ – обсяг капітальних витрат, пов'язаних із придбанням програмного забезпечення та/або апаратної платформи, грн. Цей показник безпосередньо залежить від загальної вартості розробки (разом із попередніми науковими дослідженнями), а також від комерційного попиту на розробку (кількості копій, що можуть бути продано власникам мереж та інформаційних систем);

$S_{\text{інст}}$ – обсяг капітальних витрат, пов'язаних із інсталяцією нової технології на один вузол інформаційної системи, грн. Цей показник, насамперед, містить у собі оплату праці фахівців, що здійснюють переведення мережі на альтернативний телекомунікаційний механізм;

$T_{\text{інст}}$ – орієнтовний час інсталяції програмного забезпечення з розрахунку на один вузол мережі, с.

В основу результуючої оцінки економічної доцільності переходу до альтернативного механізму при транспортуванні навантаження інформаційної системи було покладено принцип порівняння обсягу капітальних витрат і сум та термінів повернення інвестованого капіталу на основі показника «чистого грошового потоку», який формується за рахунок чистого прибутку та заощадження вичерпних ресурсів під час експлуатації телекомунікаційної мережі (рис. 11.15).

Результат роботи алгоритму, зображеного на рис. 11.15, дозволяє провести комплексну оцінку ефективності впровадження технології та надати відповідь на питання доцільності її застосування для тієї чи іншої телекомунікаційної мережі за умов функціонування на її базі тієї чи іншої інформаційної системи.

11.7. Оцінка ефективності побудови телекомунікаційних мереж

Зважаючи на наявність широкого спектра технологій побудови телекомунікаційних мереж, що сьогодні можуть вважатися перспективними, перед власниками мереж часто постає досить складне організаційно-технічне завдання – вибір найбільш оптимального напрямку розвитку мережі на підставі комплексної оцінки технічних та економічних показників. Для цього, як правило, на цій стадії розробляється техніко-економічне обґрунтування, або бізнес-план, однак, зважаючи на відсутність єдиного підходу до розробки таких документів, проектувальники часто користуються суто суб'єктивними підходами до визначення стратегії дальшого розвитку.

Неприпустимість обрання хибної стратегії розвитку, яка може призвести до небажаних наслідків, змушує власників мереж приділяти більше уваги до цієї стадії проектування. За таких умов досить актуальним стає завдання мінімізації суб'єктивної частки оцінки перспективності тієї чи іншої технології та створення чітких методик, які можуть стати ефективним інструментом обрання стратегії розвитку мережі на основі результатів моделювання процесу реорганізації.

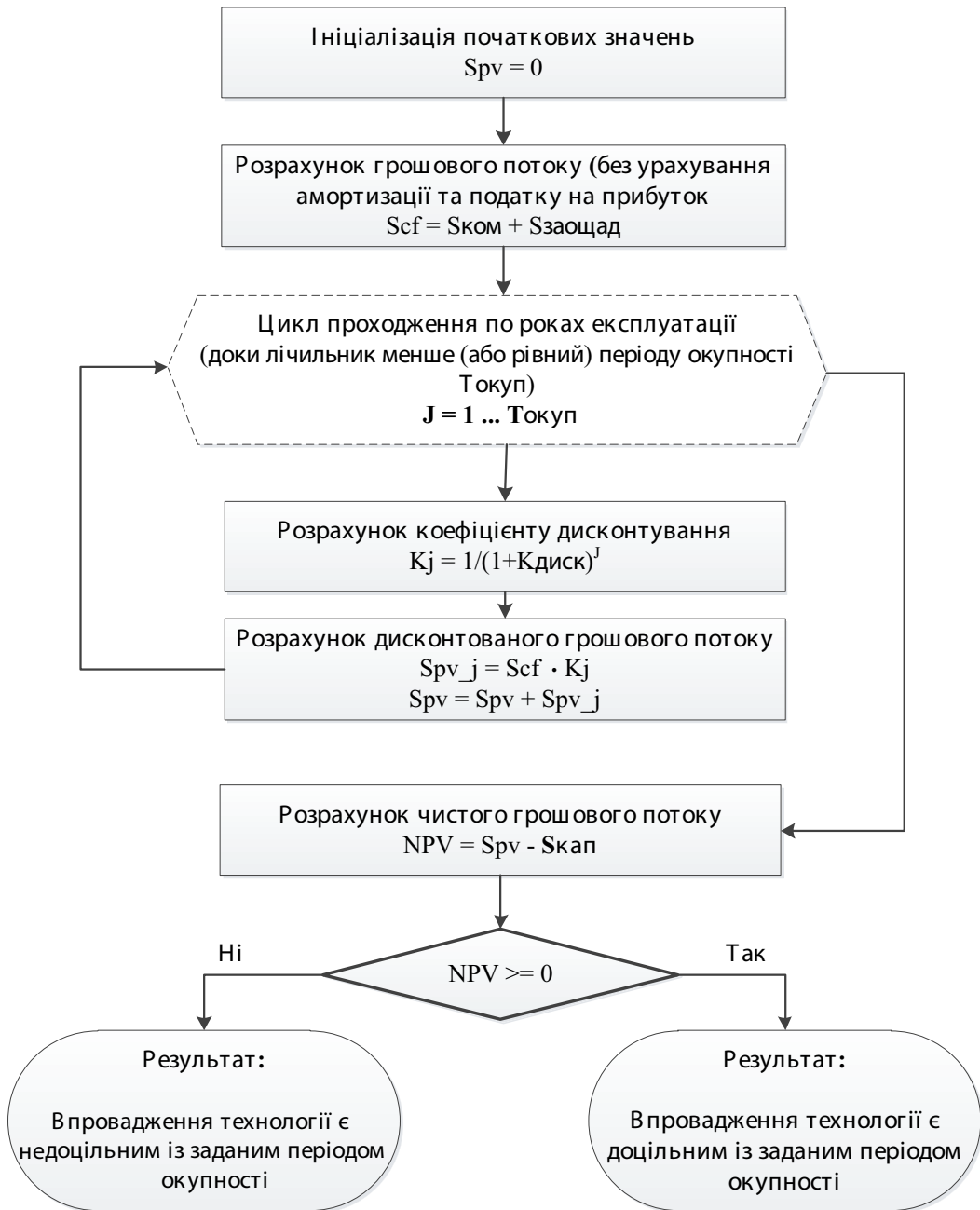


Рис. 11.15. Алгоритм оцінки економічної доцільності переходу до альтернативного мережного механізму

В основу оцінки ефективності побудови телекомунікаційних мереж може бути покладено принцип декомпозиції структури існуючої або проектованої мережі на незалежні сегменти з подальшою оцінкою орієнтовної вартості та тривалості побудови (або модернізації) кожного окремого сегмента до кожного з обраних перспек-

тивних наборів технологій. При цьому набір технологій, до яких здійснюється моделювання процесу реорганізації, обирається на підставі вимог, сформованих власником, до проєктованої мережі.

В узагальненому вигляді процес оцінки можна уявити у вигляді алгоритму, який наведено на **рис. 11.16**. Цей алгоритм дозволяє на підставі аналізу технічних та економічних показників обрати серед заданих саме той набір технологій, який в конкретному випадку є найбільш ефективним.

Запропонований алгоритм можна умовно поділити на чотири основні частини:

- внесення вихідних даних про існуючу (або проєктовану) мережу та її декомпозиція на незалежні сегменти;
- формування вимог до майбутньої мережі та визначення наборів перспективних технологій;
- визначення орієнтовної вартості та тривалості будівництва (або модернізації) для кожної пари «сегмент–набір технологій»;
- визначення найбільш перспективного набору технологій на основі порівняння сумарних показників вартості та тривалості для кожного з перспективних наборів технологій.

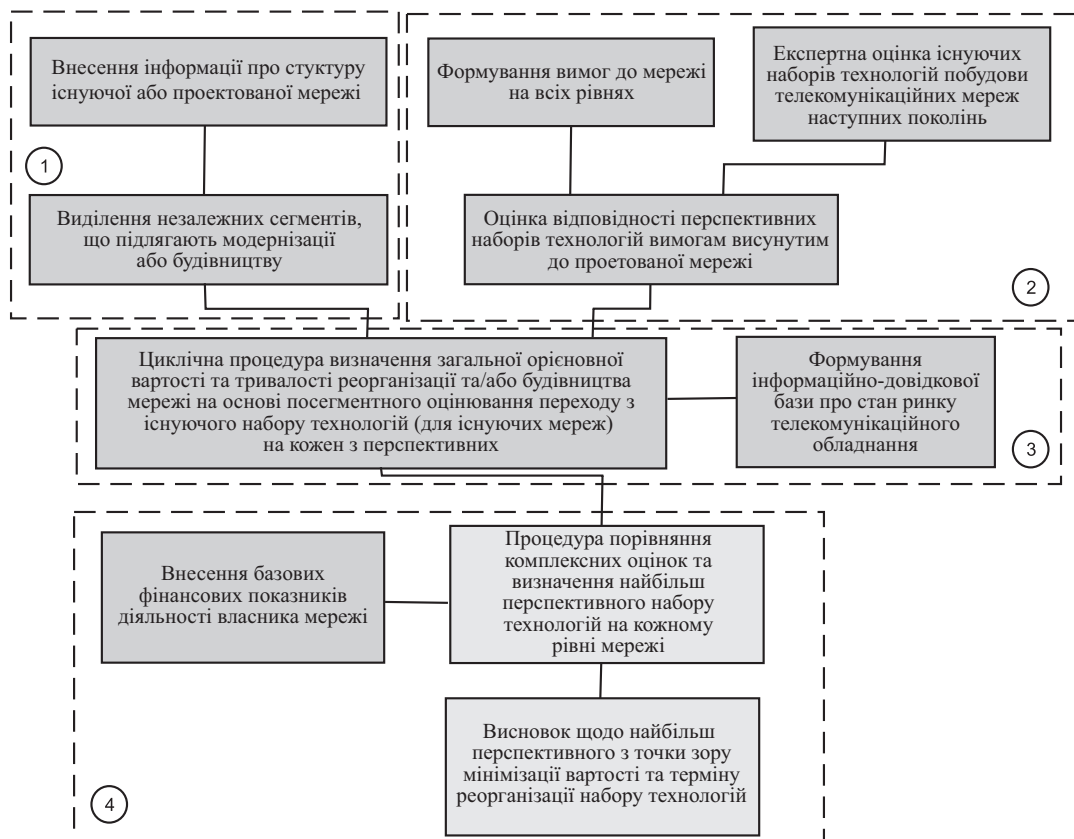


Рис. 11.16. Узагальнений алгоритм визначення найбільш ефективного напрямку будівництва (реорганізації) мережі

Перша з чотирьох процедур (позначена цифрою 1 на рис. 11.16) складається з двох базових кроків: внесення інформації про структуру існуючої або проектованої мережі та виділення незалежних сегментів мережі, що підлягають будівництву. Перший з двох перелічених кроків передбачає поступове внесення інформації про кожен елемент мережі (обладнання або канал зв'язку) на тих її рівнях, яких стосується модернізація або будівництво. При цьому, крім типів та технічних характеристик кожного елемента, на цьому кроці має вноситись інформація про взаємопідключення елементів між собою через спеціальні інтерфейси (як в межах одного рівня, так і з обладнанням інших рівнів).

Друга процедура (позначена цифрою 2 на рис. 11.16) призначена для виділення з усієї сукупності наборів технологій, які сьогодні можуть розглядатися як перспективні для модернізації або будівництва телекомунікаційної мережі, лише тих наборів, що відповідають вимогам власника до цієї мережі. Процедура складається з трьох основних кроків: формування вимог до мережі на всіх її рівнях, експертна оцінка існуючих наборів технологій побудови телекомунікаційних мереж наступних поколінь та оцінка відповідності перспективних наборів технологій вимогам, висунутим до проектованої мережі. За результатами виконання процедури має бути одержано перелік тих наборів технологій (для кожного з рівнів мережі), які цілком задовольняють вимогам до цієї мережі з боку її власника. Саме перехід до цих наборів технологій і буде порівнюватися на дальших кроках методики з погляду вартості та тривалості реорганізації для кожного з них.

Третя процедура (позначена цифрою 3 на рис. 11.16) є найбільш складною через кількість операцій. Ця процедура передбачає циклічний перебір всіх виділених незалежних сегментів (що підлягають модернізації або будівництву) з метою послідовної оцінки їх переведення на нові перспективні набори технологій (або будівництва із використанням цих наборів технологій). При цьому відмінність модернізації існуючої мережі від будівництва нової полягає, насамперед, у тому, що при модернізації існуючої враховуються додаткові часові та фінансові витрати на демонтаж існуючого обладнання та/або існуючих каналів зв'язку. Основою для роботи процедури є спеціально сформована інформаційно-довідкова база про стан ринку телекомунікаційного обладнання, яка містить у собі відомості про можливу взаємозамінність моделей між собою. Результатом роботи цієї процедури є вектор вартостей та тривалості модернізації (або будівництва) мережі (за її рівнями) на використання того чи іншого перспективного набору технологій.

Остання процедура алгоритму (позначена цифрою 4 на рис. 11.16) передбачає визначення найбільш перспективного набору технологій на кожному рівні мережі на основі порівняння вартості та тривалості модернізації (або будівництва) з врахуванням базових фінансових показників діяльності власника мережі в напрямі її експлуатації (наприклад, через визначення строку окупності мережі оператора телекомунікацій).

Слід також зазначити, що наведений на рис. 11.16 алгоритм відображає лише загальний принцип визначення перспективного набору технологій, а його деталізація для конкретних умов (будівництво нової мережі або реорганізація існуючої; будівництво мереж на різних рівнях тощо) передбачає розробку деталізованих алгоритмів, які можуть відрізнятися для конкретних випадків.

З метою оцінки відповідності тієї чи іншої технології (або набору технологій) технічним вимогам, що висуваються власником мережі, пропонується використовувати змінний набір критеріїв. Критерії, що можуть входити до цього набору,

мають бути чітко сформульованими та мати можливість провести чисельну оцінку будь-якої з технологій побудови транспортної мережі. Як чисельна оцінка можуть виступати як натуральні показники (біт/с, секунда тощо), так і умовні (1 або 0 – у разі відповідності або невідповідності технології вимогам критерію; бальна оцінка – наприклад, від 1 до 10); замкнута система значень тощо).

Зокрема, до цього набору можуть входити такі критерії:

- пропускна спроможність каналу зв'язку – критерій, який визначає, яка максимальна пропускна спроможність каналу зв'язку може бути досягнута із використанням тієї чи іншої технології (вимірюється в біт/с або за допомогою бальної оцінки з відображенням швидкості на бальну шкалу);

- максимальна довжина транспортної ділянки – критерій, який застосовується лише для оцінювання технологій побудови транспортних мереж та визначає, на яку максимальну (згідно зі стандартом або рекомендацією) відстань може бути організовано канал зв'язку із використанням тієї чи іншої технології (вимірюється в км);

- максимальна відстань до абонента – критерій, який застосовується лише для оцінювання технологій побудови мереж доступу та визначає, на яку максимальну (згідно зі стандартами або рекомендаціями) відстань може бути організовано канал зв'язку між абонентським пристроєм і комутуючим обладнанням оператора (вимірюється в км);

- час відновлення зв'язку – критерій, який визначає орієнтовний час відновлення зв'язку (відновлюється можливість передавання корисної інформації) на ділянці мережі, побудованої із використанням тієї чи іншої технології, після відновлення фізичного каналу (вимірюється в мс);

- максимальна швидкість передавання корисної інформації – критерій, який визначає максимально припустиму швидкість передавання корисної інформації (побічно відображає надлишковість), що може бути досягнута із використанням тієї чи іншої технології (вимірюється в біт/с);

- можливість керування навантаженням – критерій, який відображає підтримку тією чи іншою технологією механізмів керування навантаженням у мережі (гнучкість маршрутизації, підтримка динамічного реконфігурування тощо). Може оцінюватися, наприклад, за допомогою бальної оцінки (визначається шляхом експертного оцінювання або шляхом установлення чіткої відповідності того чи іншого набору механізмів керування тому чи іншому значенню бальної оцінки);

- підтримка резервування – критерій, який відображає підтримку тією чи іншою технологією механізмів резервування каналів зв'язку (можливість переключення в автоматичному режимі на резервний напрямок у разі виходу з ладу основного). Може оцінюватися, наприклад, за допомогою бальної оцінки, яка визначається виходячи із замкнутої системи значень;

- ефективність керування – критерій, який відображає ефективність системи керування, що використовується тією чи іншою технологією побудови транспортної мережі оператора з огляду на її тип (централізована, розподілена, гібридна). Може оцінюватися, наприклад, за допомогою бальної оцінки, яка визначається виходячи із замкнутої системи значень;

- доступність обладнання – критерій, який відображає наявність (або відсутність) достатньо великого ринку виробників та моделей обладнання, яке може бути застосовано для будівництва транспортної мережі із використанням тієї чи іншої технології. Може оцінюватися за допомогою бальної оцінки (визна-

чається шляхом експертного оцінювання або встановлення чіткої відповідності того чи іншого діапазону кількості виробників обладнання тому чи іншому значенню бальної оцінки);

- доступність спеціалістів – критерій, який відображає наявність (або відсутність) достатньої кількості фахівців на місцевому ринку праці, які можуть бути задіяні для будівництва, розвитку та поточного обслуговування обладнання тієї чи іншої технології побудови транспортної мережі оператора. Може оцінюватися за допомогою бальної оцінки, визначеної, наприклад, шляхом експертного оцінювання;

- наявність готових впроваджень – критерій, який відображає наявність (або відсутність) прикладів реалізації транспортних мереж операторів телекомунікацій на базі тієї або іншої технології. Може оцінюватися за допомогою бальної оцінки шляхом встановлення чіткої відповідності того чи іншого діапазону впроваджень тому чи іншому значенню бальної оцінки;

- рівень стандартизованості – критерій, який відображає рівень стандартизованості тієї чи іншої технології побудови транспортних мереж. Може оцінюватися за допомогою бальної оцінки шляхом встановлення чіткої відповідності рівня стандартизованості (є прийняті стандарти; регламентовано на рівні рекомендацій; існує в проміжних варіантах тощо) тому чи іншому значенню бальної оцінки;

- сумісність із видами навантаження – критерій, який відображає сумісність тієї чи іншої технології побудови транспортних мереж із різними типами корисного навантаження (IP-трафік, цифрові потоки Ех/Тх тощо). Може оцінюватися за допомогою бальної оцінки шляхом установаження чіткої відповідності рівня сумісності тому чи іншому значенню бальної оцінки;

- сумісність із середовищем передавання – критерій, який відображає сумісність тієї чи іншої технології побудови транспортних мереж із різними типами середовищ передавання (ВОЛЗ, радіоэфір, мідні кабелі). Може оцінюватися за допомогою бальної оцінки шляхом встановлення чіткої відповідності того чи іншого набору середовищ передавання тому чи іншому значенню бальної оцінки;

- сумісність обладнання від різних виробників – критерій, який відображає можливість використання обладнання, необхідного для побудови транспортної мережі за допомогою тієї чи іншої технології і котре випускається різними виробниками. Може оцінюватися за кількістю виробників, що заявляють сумісність свого обладнання.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 11.1. Каптур В.А. Метод мінімізації службової інформації при тунелюванні IP-навантаження / В.А. Каптур, Є.В. Добровольський, О.О. Яніна – Харків: Радіоелектронні і комп’ютерні системи, 2009. – № 4. – С. 91–98.
- 11.2. Алгоритм динамической адресации объектов телекоммуникационной сети / [П.П. Воробийенко, В.И. Тихонов, И.В. Смирнов, У.И. Сопина] – ОНАЗ: Цифрові технології, 2000, № 8. – С. 11–18.
- 11.3. Воробийенко П.П. Всемирная сеть Ethernet? / П.П. Воробийенко, Д.А. Зайцев, О.Л. Нечипорук – О.: Зв’язок. – 2007. – № 5. – С. 14–19.
- 11.4. Оцінка ефективності впровадження телекомунікаційних технологій зменшення протокольної надлишковості / [В.А. Каптур, К.Д. Гуляєв, П.С. Кравченко, О.О. Яніна] – М.: Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии, 2011. – № 52. – С.77–88.
- 11.5. IEEE Standard for Information technology–Telecommunications and Information exchange between systems–Local and metropolitan area networks–Specific requirements. Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications LAN/MAN Standards Committee of the IEEE Computer Society [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://standards.ieee.org/about/get/802/802.3.html>
- 11.6. Хелеби С., Д. Мак-Ферсон. Принципы маршрутизации в Internet, 2-е изд. / С. Хелеби, Д. Мак-Ферсон.; пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. – 448 с.
- 11.7. L. Kleinrock, «Information Flow in Large Communication Nets», RLE Quarterly Progress Report, July 1961. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.lk.cs.ucla.edu/LK/Bib/REPORT/RLEreport-1961.html>.
- 11.8. W3C Semantic Web Activity. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.w3.org/2001/12/semweb-fin/w3csw>.
- 11.9. IPv4 Address Report. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.potaroo.net/tools/ipv4/index.html>
- 11.10. Yong Zheng. The Next Generation Network: Issues and Trends. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://aut.researchgateway.ac.nz/bitstream/handle/10292/680/ZhengY.pdf?sequence=4>
- 11.11. Воробийенко П.П. Формирование служебной информации в процессе сеанса связи сетевых компьютерных приложений / П.П. Воробийенко, М.И. Струкало, С.М. Струкало. – К.: 64-та науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, науковців, аспірантів та студентів: матеріали конф. 4.1. Інфокомунікації. – О.: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 1–4 грудня 2009 р. – С. 92–94.
- 11.12. Next Generation Networks Global Standards Initiative / ITU-T. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.itu.int/en/ITU-T/gsi/ngn/Pages/default.aspx>.
- 11.13. Understanding MPLS-TP and Its Benefits. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.cisco.com/en/US/technologies/tk436/tk428/>.
- 11.14. IP NGN-IP Next-Generation Network. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.cisco.com/en/US/netsol/ns537/>.
- 11.15. Концепция сетевой интеграции по технологии ПТТ / [В.П. Семиноженко, В.М. Горицкий, П.П. Воробийенко, В.И. Тихонов] – М.: «Электросвязь», 2012. – № 6. – С. 1–6.
- 11.16. А. с. 29473 Україна. Відкрита система гнучкої адресації вузлів мережі / П.П. Воробийенко, В.І. Тихонов; заявл. 15.07.2009.
- 11.17. А. с. 29474 Україна. Адаптивний універсальний комутатор / П.П. Воробийенко, В.І. Тихонов; заявл. 15.07.2009.
- 11.18. А. с. 29486 Україна. Багатофункціональний мережний мета-протокол / П.П. Воробийенко, В.І. Тихонов; заявл. 20.07.2009.

11.19. Пат. 46188 Україна, МПК H04L 12/28. Спосіб розподіленої інкапсуляції пакетів у телекомунікаційних мережах / Воробієнко П.П., Тіхонов В.І.; заявник та власник патенту Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова. – у 2009 06517; заявл. 22.06.2009; опубл. 10.12.2009, Бюл. № 23.

11.20. Пат. 46477 Україна, МПК H04L 12/28. Спосіб адаптивної адресації вузлів телекомунікаційних пакетних мереж / Воробієнко П.П., Тіхонов В.І.; заявник та власник патенту Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова. – у 2009 06513; заявл. 22.06.2009; опубл. 25.12.2009, Бюл. № 24.

11.21. Пат. 46761 Україна, МПК H04L 12/28. Спосіб адаптивної пакетної комутації в телекомунікаційних мережах / Воробієнко П.П., Тіхонов В.І.; заявники та власники патенту Воробієнко П.П., Тіхонов В.І. – у 2009 05192; заявл. 25.05.2009; опубл. 11.01.2010, Бюл. № 1.

11.22. Пат. 46762 Україна, МПК H04L 12/28. Спосіб побудови телекомунікаційних пакетних мереж з динамічною адресацією вузлів / Воробієнко П.П., Тіхонов В.І.; заявники та власники патенту Воробієнко П.П., Тіхонов В.І. – у 2009 05194; заявл. 25.05.2009; опубл. 11.01.2010, Бюл. № 1.

11.23. Пат. 56395 Україна, МПК H04L 12/28. Спосіб динамічної комутації потоків в телекомунікаційних мережах / Воробієнко П.П., Тіхонов В.І.; заявники та власники патенту Воробієнко П.П., Тіхонов В.І. – у 2010 08597; заявл. 09.07.2010; опубл. 10.01.2011, Бюл. № 1.

11.24. Пат. 56774 Україна, МПК H04L 12/28. Спосіб кодування якості сервісу в телекомунікаційних мережах / Воробієнко П.П., Тіхонов В.І.; заявник та власник патенту Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова. – у 2010 08668; заявл. 12.07.2010; опубл. 25.01.2011, Бюл. № 2.

11.25. Тіхонов В.І. Оценка качества сервиса в интегрированной технологии телекоммуникаций [Электронный ресурс] / В.И. Тихонов, О.В. Голубова – М.: Проблемы телекоммуникаций, 2010. – № 1 (1). – С. 115–125. – Режим доступа: http://pt.journal.kh.ua/2010/1/1/101_tikhonov_itt.pdf.

11.26. An efficient routing protocol for wireless networks [Електронний ресурс] / Murthy Shree, Garcia-Luna-Aceves J. J. – Hingham, MA: Kluwer Academic Publishers – 1996. – № 1. – С. 183–197. – Режим доступа: <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=272250>

11.27. Optimized Link State Routing Protocol (OLSR): RFC 3626 – 2003 – [Чинний від 2003-10-01]. – Internet Engineering Task Forces (IETF) – 75 с. – (Міжнародний стандарт).

11.28. Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance Vector (DSDV) for Mobile Computers [Електронний ресурс] / С. Е. Perkins, Р. Bhagwat – SIGCOMM 1994 Conference on Communications Architectures, Protocols and Applications – С. 234–244. – Режим доступу: <http://www.cs.virginia.edu/~cl7v/cs851-papers/dsdv-sigcomm94.pdf>

11.29. Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing: RFC 3561 – 2003 – [Чинний від 2003-07-01]. – Internet Engineering Task Forces (IETF) – 37 с. – (Міжнародний стандарт).

11.30. The Dynamic Source Routing Protocol (DSR) for Mobile Ad Hoc Networks for IPv4: RFC 4728 – 2007 – [Чинний від 2007-02-01]. – Internet Engineering Task Forces (IETF) – 107 с. – (Міжнародний стандарт).

11.31. The Zone Routing Protocol (ZRP) for Ad Hoc Networks. – 2002 – [Чинний від 2002-07-01]. – Internet Engineering Task Forces (IETF) draft – 11 с. – (Проект міжнародного стандарту).

11.32. An Efficient ZHLS Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks / Hamma T., Katoh T., Bista B.B., Takata T. – Proc. of DEXA Workshops 2006. – P. 66–70.

11.33. Каптур В.А., Степаненко О.В. Механізм керування розподіленими ресурсами в ситуативних мережах / В.А. Каптур, О.В. Степаненко. – К.: Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2010. – № 1. – С. 31–37.

11.34. Степаненко О.В. Алгоритми пошуку та передавання інформації в ситуативних мережах / Степаненко О.В. – М.: Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2010. – № 3. – С. 75–80.

11.35. Пат. 55941 Україна, МПК Н 04 L 12/28, Н 04 L 12/407, Н 04 L 29/02, Н 04 L 29/06. Спосіб встановлення з'єднання між вузлами ситуативної мережі / Каптур В. А., Степаненко О.В.; заявник і патентовласник Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова. – u201008903; заявл. 16.07.10; опубл. 27.12.10, Бюл. № 24.

11.36. Каптур В.А., Степаненко О.В. Моделювання процесів передавання інформації в ситуативних мережах / В.А. Каптур, О.В. Степаненко – К.: Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2011. – № 1. – С. 31–37.

11.37. Физика квантовой информации: Квантовая криптография. Квантовая телепортация. Квантовые вычисления / [С.П. Кулик, Е.А. Шапиро (пер. с англ.); С.П. Кулик, Т.А. Шмаонов (ред. пер.); Д. Боумейстер и др. (ред.)]. – М.: Постмаркет, 2002. – С. 33–73.

11.38. Gisin N. Quantum cryptography / N. Gisin, G. Ribordy, W. Tittel, H. Zbinden – Review of Modern Physics. – 2002. – V. 74, issue 1. – P. 145–195.

11.39. Applied Quantum Cryptography / Kollmitzer C., Pivk M. (eds.). – Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2010. – 227 p.

11.40. Korchenko O. Quantum Secure Telecommunication Systems / O. Korchenko, P. Vorobiyenko, M. Lutskiy, Ye. Vasiliu, S. Gnatyuk – Telecommunications Networks – Current Status and Future Trends (Edited by J.H. Ortiz). – InTech, 2010. – P. 211–236.

11.41. Василю Е.В., Воробийенко П.П. Проблемы развития и перспективы использования квантово-криптографических систем / Е.В. Василю, П.П. Воробийенко – К.: Наукові праці ОНАЗ ім. О.С.Попова, 2006. – № 1. – С. 3–17.

11.42. Корченко О.Г. Сучасні квантові технології захисту інформації / О.Г. Корченко, С.В. Василю, С.О. Гнатюк – Журн.: Науково-технічний журнал «Захист інформації», 2010. – № 1. – С. 77–89.

11.43. Bostrom K. Deterministic secure direct communication using entanglement / K. Bostrom, T. Felbinger – Physical Review Letters. – 2002. – V. 89, issue 18. – 187902.

11.44. Ostermeyer M. On the implementation of a deterministic secure coding protocol using polarization entangled photons / M. Ostermeyer, N. Walenta – Optics Communications. – 2008. – V. 281, issue 17. – P. 4540–4544.

11.45. Василю Е.В., Николаенко С.В. Синтез основанной на пинг-понг протоколе квантовой связи безопасной системы прямой передачи сообщений / Е.В. Василю, С.В. Николаенко. – К.: Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2009. – № 1. – С. 83–91.

11.46. Василю Є.В. Синтез структури квантових систем прямого безпечного зв'язку / Є.В. Василю. – К.: Цифрові технології, 2011. – № 9. – С. 20–30.

11.47. Hillery M. Quantum secret sharing / M. Hillery, V. Buzek, A. Berthiaume – Physical Review A. – 1999. – V. 59, issue 3. – P. 1829–1834.

11.48. Yan F.-L. Quantum secret sharing protocol between multiparty and multiparty with single photons and unitary transformations / F.-L. Yan, T. Gao, Yu.-Ch. Li – Chinese Physics Letters. – 2008. – V. 25, issue 4. – P. 1187–1190.

11.49. Hirota O. Quantum stream cipher by the Yuen 2000 protocol: Design and experiment by an intensity-modulation scheme / O. Hirota, M. Sohma, M. Fuse, K. Kato. – Physical Review A. – 2005 – V. 72, issue 2. – 022335.

11.50. Corndorf E. Quantum-noise randomized data encryption for wavelength-division-multiplexed fiber-optic networks / E. Corndorf, C. Liang, G.S. Kanter [et al.] – Physical Review A. – 2005. – V. 71, issue 6. – 062326.

11.51. Wang J. Quantum signature scheme with single photons / J. Wang, Q. Zhang, Tang – Optoelectronics Letters. – 2006. – V. 2, issue 3. – P. 209–212.

11.52. Gottesman D. Quantum digital signatures [Електронний ресурс] / D. Gottesman, Chuang. – Режим доступу: <http://arxiv.org/abs/quant-ph/0105032>.

- 11.53. Natori S. Why Quantum Steganography Can Be Stronger Than Classical Steganography / S. Natori – Quantum Computation and Information, Topics Appl. Phys. – V. 102. – P. 235–240.
- 11.54. Martin K. Steganographic communication with quantum information / K. Martin – Lecture Notes in Computer Science. – 2007. – V. 4567. – P. 32–49.
- 11.55. Сучасні методи квантової стеганографії / [Г.Ф. Коначович, О.В. Шевченко, В.М. Кінзерявий, Ю.С. Хохлачова]. – К.: Науково-технічний журнал «Захист інформації», 2011. – № 2 (51). – С. 82–86.
- 11.56. Lo H.-K. Quantum cryptography / H.-K. Lo, Yi Zhao – Encyclopedia of Complexity and Systems Science. – N.Y.: Springer US, 2009. – V. 8. – P. 7265–7289.
- 11.57. Peng C.-Z. Experimental long-distance decoy-state quantum key distribution based on polarization encoding / C.-Z. Peng, J. Zhang, D. Yang [et al.] – Physical Review Letters. – V. 98, issue 1. – 010505.
- 11.58. Zhang Q. Megabits secure key rate quantum key distribution / Q. Zhang, H. Takesue, T. Honjo [et al.] – New Journal of Physics. – 2009. – V. 11, issue 4. – 045010.
- 11.59. Yuan Z.L. Practical gigahertz quantum key distribution based on avalanche photodiodes / Z.L. Yuan, A.R. Dixon, J.F. Dynes [et al.] – New Journal of Physics. – 2009. – V. 11, issue 4. – 045019.
- 11.60. Атаки в квантових системах захисту інформації / [О.Г. Корченко, Є.В. Васіліу, С.О. Гнатюк, В.М. Кінзерявий]. – Журн.: Вісник інженерної академії України, 2010. – № 3–4. – С. 124–133.
- 11.61. Scarani V. The security of practical quantum key distribution / V. Scarani, H. Bechmann-Pasquinucci, N. J. Cerf [et al.] – Review of Modern Physics. – 2009. – V. 81, issue 3. – P. 1301–1350.
- 11.62. Cerf N.J. Security of quantum key distribution using d-level systems / N.J. Cerf, M. Bourennane, A. Karlsson, N. Gisin – Physical Review Letters. – 2002. – V. 88, issue 12. – 127902.
- 11.63. Bourennane M. Quantum key distribution using multilevel encoding / M. Bourennane, Karlsson, G. Bjork – Quantum Communication, Computing, and Measurement 3. – N.Y.: Springer US, 2002. – P. 295–298.
- 11.64. Durt T. Security of quantum key distributions with entangled qudits / T. Durt, D. Kaszlikowski, J.-L. Chen, L. C. Kwек – Physical Review A. – 2004. – V. 69, № 3. – 032313.
- 11.65. QUANTIS: True Random Number Generator [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.idquantique.com/true-random-number-generator/products-overview.html>
- 11.66. QPN Security Gateway (QPN-8505) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.magiqtech.com/MagiQ/Products.html>
- 11.67. Cerberis [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.idquantique.com/products/cerberis.htm>
- 11.68. QKS. Toshiba Research Europe Ltd., Cambridge Research Laboratory [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.toshiba-europe.com/research/crl/qig/quantumkey-server.html>
- 11.69. Elliot C. Quantum Cryptography in Practice / C. Elliot, D. Pearson, G. Troxel – Proceedings of the 2003 conference on Applications, technologies, architectures, and protocols for computer communications. – 2003. – P. 227–238.
- 11.70. Hadfield R.H. Single-photon detectors for optical quantum information applications / R.H. Hadfield – Nature Photonics. – 2009. – V. 3, num. 12. – P. 696–705.
- 11.71. Таненбаум Э. Компьютерные сети / Э. Таненбаум. – СПб.: Питер, 2005. – 992 с.
- 11.72. Generic Routing Encapsulation over IPv4 networks. [Електронний ресурс] / S. Hanks, T. Li, D. Farinacci, P. Traina – RFC 1702. – Режим доступу: <http://www.faqs.org/rfcs/rfc1702.html>
- 11.73. Perkins C. IP Encapsulation within IP [Електронний ресурс] / C. Perkins – RFC 2003. – Режим доступу: <http://www.faqs.org/rfcs/rfc2003.html>

- 11.74. Каптур В.А., Сініна Д.І. Визначення достатньої пропускної спроможності взаємопід'єднання мереж з комутацією пакетів / В.А. Каптур, Д.І. Сініна – К.: Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова: збірник наукових праць Одеської національної академії зв'язку ім. О.С. Попова. – № 1. – Одеса, – 2008. – С. 44–52.
- 11.75. Casner S. Compressing IP/UDP/RTP Headers for Low-Speed Serial Links [Електронний ресурс] / S. Casner, V. Jacobson. – RFC 2508. – Режим доступу: <http://www.faqs.org/rfcs/rfc2508.html>
- 11.76. Enhanced Compressed RTP (CRTP) for Links with High Delay, Packet Loss and Reordering [Електронний ресурс] / T. Koren, S. Casner, J. Geevarghese, B. Thompson, P. Ruddy – RFC 3545 – Режим доступу: <http://www.faqs.org/rfcs/rfc3545.html>
- 11.77. IAX: Inter-Asterisk eXchange Version 2 [Електронний ресурс] / M. Spencer, B. Capouch, E. Guy, F. Miller, K. Shumard – RFC 5456. – Режим доступу: <http://www.rfceditor.org/authors/rfc5456.txt>
- 11.78. Thompson B. Tunneling Multiplexed Compressed RTP (TCRTP) [Електронний ресурс] / B. Thompson, T. Koren, D. Wing – RFC 4170. – Режим доступу: <http://www.faqs.org/rfcs/rfc4170.html>
- 11.79. RFC 791. INTERNET PROTOCOL [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.faqs.org/rfcs/rfc793.html>. – Назва з екрана.
- 11.80. Пат. 35773 Україна, Спосіб передачі даних в мережі із заміщенням мережного та транспортного рівнів універсальною технологією каналного рівня – Воробієнко П.П., Зайцев Д.А., Гуляев К.Д.; заявник і патентовласник Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова. – опубл. 27.12.10.
- 11.81. Каптур В.А. Метод мінімізації службової інформації при тунелюванні IP-навантаження / В.А. Каптур., Є.В. Добровольський, О.О. Яніна. – М.: Радіоелектронні і комп'ютерні системи, 2009. – № 4. – С. 91–98.
- 11.82. Алгоритм динамической адресации объектов телекоммуникационной сети / [П.П. Воробієнко, В.И. Тихонов, И.В. Смирнов, У.И. Сопина]. – К.: Цифрові технології, 2010. – № 8. – С. 11–18.
- 11.83. Моделирование процессов формирования служебной информации при передаче данных в сетях с коммутацией пакетов / [П.П. Воробієнко, М.И. Струкало, И.Ю. Рожновская, С.М. Струкало] – К.: Наукові праці ОНАЗ. – 2009. – № 1. – С. 3–12.
- 11.84. Каптур В.А. Протокол організації віртуальних пірингових каналів в локальних комп'ютерних мережах / Каптур В.А. – К.: Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2006. – № 2. – С. 85–95.
- 11.85. Олифер Н.А. Средства анализа и оптимизации локальных сетей / Н.А. Олифер, В.Г. Олифер. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dlink.ru/technology/olifer.php>. – Название с экрана.
- 11.86. Виленский П.Л. Оценка эффективности инвестиционных проектов. Теория и практика / П.Л. Виленский, В.Н. Лившиц, С.А. Смоляк. – М.: Дело, 2008. – 1104 с.
- 11.87. Пат. 76720 Україна, МПК Н04L 12/28. Спосіб динамічної адресації об'єктів телекомунікаційних мереж / Воробієнко П.П., Лемешко О.В., Смірнов І.В., Тихонова О.В.; заявник та власник патенту Одеська національна академія зв'язку ім. О.С.Попова. – у 2012 08535; заявл. 10.07.2012; опубл. 10.01.2013, Бюл. № 1.

ВИСНОВКИ

1. Сьогодні існує проблема вибору моделі побудови мереж наступних поколінь (NGN), яка пов'язана з великою кількістю різних поглядів на перспективи розвитку телекомунікацій. Це пояснюється, насамперед, тим, що різні виробники телекомунікаційного обладнання та розробники програмного забезпечення бачать цю модель по-різному, відштовхуючись, перш за все, від можливостей власної продукції. Запропонована в книзі узагальнена модель побудови мереж наступних поколінь дозволяє наблизитись до вирішення цієї проблеми через погляд на процес будівництва з різних точок зору (технології, архітектура, управління, якість та безпека тощо) та визначити загальні принципи побудови мереж у майбутньому.

2. У процесі постійної еволюції устаткування сучасних телекомунікаційних мереж можна виділити три умовні покоління: G+1, G+2 та G+3. Ці покоління відображають етап використання вже комерціалізованих технічних рішень (G+1), етап використання технічних рішень, що перебувають на стадії стандартизації (G+2) та технічних рішень, що перебувають на стадії ідейної проробки (G+3). Представлений комплексний огляд сучасного стану загальної теорії телекомунікацій та основ телекомунікаційних технологій дозволяє оцінити сучасний розвиток теорії електричного зв'язку, теорії розподілу інформації, а також визначити найбільш перспективні на час публікації технології побудови телекомунікаційних мереж для кожного із зазначених поколінь.

3. Існують два альтернативні напрямки розвитку сучасної мережі Інтернет: централізація та децентралізація інформаційних та обчислювальних ресурсів. До першого напрямку слід віднести розвиток так званих «хмарних» технологій, які набувають дедалі більшої популярності як серед корпоративних, так і серед приватних користувачів. До другого напрямку, в свою чергу, слід віднести пірингові та ситуативні мережі, які дозволяють, насамперед, забезпечувати «неконтрольований» з боку держави обмін інформацією між користувачами приватного сектору. У книзі розглянуто обидва напрями, що дозволить зробити обґрунтований вибір варіанта розбудови власної мережі.

4. Стрімкий розвиток мережних технологій та лавиноподібне зростання кількості інформаційних ресурсів поставили перед світовою спільнотою новий виклик – необхідність організації захищеності інформаційних ресурсів та ор-

ганізації безпечного доступу до них. Перед галуззю постають нові завдання, такі, як зміцнення довіри та безпеки при використанні інформаційно-комунікаційних технологій, захист дітей у мережі Інтернет тощо. У книзі досить детально розглянуто ці питання, у тому числі як традиційні підходи, так і інноваційні дослідження, пов'язані з квантовим захистом інформації.

5. Складний та тривалий шлях еволюції телекомунікаційних технологій, що застосовуються сьогодні в телекомунікаційних мережах, призвів до появи проблеми надлишковості службової інформації. Запропоновані в книзі технології мінімізації обсягів службового навантаження (протокольної надлишковості) дозволяють набагато підвищити ефективність використання каналів зв'язку та телекомунікаційного обладнання.

6. Пропонуючи нові технічні рішення, виробники обладнання та розробники програмного забезпечення, як правило, приділяють мало уваги питанню економічної оцінки доцільності впровадження своїх телекомунікаційних механізмів. Як наслідок, велика кількість таких винаходів, незважаючи на свою корисність, залишається невикористаною в реальних телекомунікаційних мережах. Запропоновані в книзі механізми імітаційного моделювання процесу модернізації телекомунікаційних мереж дозволяють оцінити економічну доцільність впровадження тих чи інших рішень.

7. Забезпечення повсюдного надання телекомунікаційних послуг достатнього асортименту, обсягу та якості є неможливим без забезпечення прозорих та справедливих умов функціонування для всіх учасників телекомунікаційного ринку, наріжним каменем на шляху до побудови яких є впровадження ефективної системи державного регулювання. У книзі наведено результати проведеного узагальнення структури та принципів організації телекомунікаційного ринку країн СНД, реформування телекомунікаційного ринку яких відбулося одночасно та за порівняно однакових обставин, а також досліджено теоретичні та практичні аспекти управління телекомунікаційними компаніями за сучасних умов.

8. У книзі також розглянуто особливості управління та стратегічні напрями розвитку телекомунікаційних компаній за сучасних умов, у тому числі сучасні підходи до управління персоналом.

ГЛОСАРІЙ

Автентифікація – процедура встановлення належності користувачеві інформації в системі пред’явленого ним ідентифікатора.

Автономна система (Autonomous System, AS) – сукупність мереж, які мають спільне адміністративне управління й єдину політику маршрутизації (власні протоколи маршрутизації).

Агрегатор – спеціальна програма, яка містить інформацію у форматі RSS, що збирається з різних сайтів, обробляється і надається користувачеві в зручному вигляді.

Адресний простір протоколу – діапазон адрес, які можуть бути використані в рамках протоколу для звернення до об’єктів адресації.

Активна загроза – це загроза, яка призводить до деякої зміни стану або роботи системи, такої, як зміна даних або руйнування обладнання.

Алгоритм – послідовність, система, набір систематизованих правил виконання обчислювального процесу, що обов’язково приводить до розв’язання певного класу задач після скінченного числа операцій.

Алгоритм шифрування (або шифр) – це переклад відкритого тексту в текст зашифрований (або шифротекст, шифрограму, криптограму) за допомогою секретного ключа.

Амплітудна модуляція – вид модуляції, за якої змінюваним параметром несучого сигналу є амплітуда його коливань.

Ансамблі поверхнево-сферичного укладання – ансамблі, у яких сигнальні крапки розташовані на однакових відстанях від початку координат (розташовані на поверхні багатомірної сфери).

Ансамблі об’ємно-сферичного укладання – ансамблі, у яких сигнальні крапки можуть розташовуватися як на поверхні сфери, так і всередині її (сигнали з амплітудною модуляцією).

Архів – файл, що містить в собі інформацію з одного або декількох, іноді стислих (без втрат), інших файлів.

Архітектура системи – багаторівневий модельний опис складної системи.

Багатопрофільний мережний мета-протокол (MNP) – базовий протокол взаємодії відкритих систем в інтегрованій технології телекомунікацій ІТТ на фізичному і мережному рівнях. Мета-протокол MNP регламентує механізми утворення конкретних мережних протоколів (профілів MNP).

Багаторівнева інкапсуляція даних – процес, при якому на кожному рівні моделі мережної взаємодії до корисних даних додається заголовок з інформацією, яка забезпечує виконання відповідних певному рівню функцій.

База сигналу – добуток тривалості сигналу на ефективну ширину його спектра.

Байт даних (DB) – один з двох можливих типів протокольної одиниці даних фізичного рівня моделі ІТТ. На наступному (мережному) рівні послідовність байтів даних утворює сегмент даних.

Байт команди (CB) – один з двох можливих типів протокольної одиниці даних фізичного рівня моделі ІТТ. На наступному (мережному) рівні послідовність байтів команди утворює сегмент команди.

Балун (від англ. BALance-UNbalance – балансний–небалансний, симетричний–несиметричний) являє собою пристрій, призначений для забезпечення з’єднання крученої пари і коаксіального або твінаксіального кабелю.

Бек-офіс – сукупність бізнес-процесів та підрозділів, не пов’язаних безпосередніми контактами з клієнтами.

Бізнес-організація – це будь-яке підприємство, яке здійснює цілком або частково свою фінансову діяльність за допомогою інформаційних мереж, тобто працює у сфері електронної комерції.

Білінг (в електронній комерції) – це приймання оплати рахунків за пластиковими картками, яке надається комерційним Інтернет-проєктам.

Блокові коди – клас коригувальних кодів, в яких кодування і декодування відбуваються в межах кодової комбінації (блоку).

Взаємоз'єднання телекомунікаційних мереж – установа фізичного та/або логічного з'єднання між різними телекомунікаційними мережами з метою забезпечення можливості споживачам безпосередньо або опосередковано обмінюватись інформацією.

Випадкова загроза – це загроза без якого-небудь умисного наміру, як, наприклад, помилка в системі або програмі чи фізичний збій обладнання.

Вита пара – вид кабелю зв'язку, що являє собою одну або кілька пар ізольованих провідників, скручених між собою та вкритих пластиковою оболонкою.

Віртуальна приватна мережа – це логічна мережа, створена поверх інших мереж, на базі загальнодоступних або віртуальних каналів інших мереж (Інтернет).

Внутрішній шлюз (Interior Gateway, IG) – маршрутизатор, який застосовують для взаємодії мереж усередині автономної системи.

Гіпервізор – програма або обладнання, що забезпечує одночасне, паралельне виконання декількох операційних систем на тому самому комп'ютері.

Гіпертекст – текст для перегляду на комп'ютері, який містить зв'язки з іншими документами.

Глобальна Інформаційна Інфраструктура (Global Information Infrastructure, GII) надає користувачам набір комунікаційних послуг, які забезпечують безліч застосувань, що охоплюють усі види інформації та надають можливість її отримання в будь-якому місці, в будь-який час, за прийнятною ціною і з прийнятною якістю.

Глобальна мережа (Global Area Network) – це загальнопланетарна мережа, яка об'єднує всі країни і континенти та забезпечує доступ користувачів мережі в будь-яку точку земної кулі.

Грид-система – це сукупність елементів, що впливають на плинне середовище таким чином, що властивості кожного елемента роблять вплив на стан плинного середовища в усіх елементах системи.

Двовимірна шкала якості сервісу – принцип, за допомогою якого в технології ІТТ визначаються типи з'єднань. Двовимірна шкала якості сервісу являє собою таблицю, перший (горизонтальний) напрямок якої визначає середню (за певний період) пропускну спроможність з'єднання, а другий (вертикальний) напрямок – стабільність пропускну спроможності в часі.

Дейтаграма, також – **датаграма** – блок інформації, посланий як пакет мережного рівня через передавальне середовище без попереднього встановлення з'єднання і створення віртуального каналу.

Держава – визначає правила ведення електронного бізнесу та здійснює загальне регулювання цього процесу.

Динамічна адресація – спосіб адресації, який використовується в технології UA-ІТТ. За принципом динамічної адресації довжина і структура адреси одержувача повідомлення динамічно змінюється залежно від взаємного розташування відправника та одержувача повідомлення на ієрархічному дереві адресації. При цьому тип адреси визначається значенням першого байта в адресному полі.

Динамічна комутація – обробка загального мультиплексного цифрового потоку в технології UA-ІТТ за допомогою динамічної таблиці керування потоком, в якій фіксуються результати виконання отриманих команд, а обробка даних виконується залежно від поточного стану динамічної таблиці керування потоком.

Динамічний діапазон – відношення найбільшої миттєвої потужності до тієї найменшої потужності, яку слід відрізнити від нуля при заданій якості передачі.

Дисперсія – це розсіювання в часі спектральних або модових складових оптичного сигналу, яке призводить до збільшення тривалості імпульсу оптичного випромінювання при розповсюдженні його по ОВ.

Домен – це сукупність об'єктів, які поіменовані унікальним ім'ям.

Доменна веб-адресація – ієрархічна система символічних імен, застосовувана в Інтернет. Кожен рівень такої ієрархії називається доменом. Доменне ім'я складається з декількох частин, що позначають рівень ієрархії, розташованих у певному порядку і розділених крапками. Домен верхнього рівня, який зазвичай вказує на організаційну чи географічну належність об'єкта, розташовується в імені правіше, а домен нижнього рівня – лівіше.

Електричний зв'язок – передавання, випромінювання або приймання знаків, сигналів письмового тексту, зображень та звуків або повідомлень будь-якого роду радіо, проводовими, оптичними або іншими електромагнітними системами.

Електронний бізнес – це будь-яка ділова активність, що використовує можливості інформаційних мереж для перетворення внутрішніх і зовнішніх зв'язків компанії з метою створення прибутку.

Електронний (цифровий) гаманець – це програмне забезпечення, що автоматизує використання електронних грошей.

Електронний ринок (EP) – у загальному випадку можна визначити як розвиток господарських процесів на базі Інтернет-технологій (Інтернет-практик) з комерційною формою реалізації – Web-сайтами.

Електронний уряд – цей термін, як він використовується в документах ОЕСР, означає використання інформаційно-комунікаційних технологій як інструменту для досягнення кращого правління. Мається на увазі, що електронний уряд не є звичайним бізнесом, але має бути зосереджений на тому, щоб використання цієї техніки трансформувало структури, операції та, найбільш важливо, культуру управління.

Ергономічність – ступінь зручності при експлуатації предмета (засобу виробництва), що забезпечує економію часу та енергії при його використанні.

Ефект – це абсолютний позитивний наслідок діяльності.

Ефективність – це відносна величина, що передбачає досягнення максимального ефекту при заданих витратах або максимального ефекту при мінімальних витратах.

Завада – будь-який зовнішній чи внутрішній вплив на сигнал у каналі зв'язку, який спричиняє випадкові його відхилення від початкового, створеного джерелом.

Завади в квантовому каналі зв'язку – виникають внаслідок деполаризації фотонів при їх поширенні оптоволоконним каналом, недосконалості детекторів окремих фотонів та ін.

Завадостійке кодування – перетворення інформаційних повідомлень на каналні символи із введенням надлишковості, яке дозволяє при декодуванні знайти та виправити помилки в інформаційних символах.

Завадостійкість – здатність системи протистояти шкідливому впливу завад на передачу повідомлень.

Загальнодоступні (універсальні) телекомунікаційні послуги – мінімальний набір визначених законом послуг нормованої якості, доступний усім споживачам на всій території країни.

Засіб контролю ефективності захисту інформації – технічний, програмний засіб, речовина і/або матеріал, що використовуються для контролю ефективності захисту інформації.

Зворотний польський (постфіксований) програмний код – форма запису програми, в якій операції команди записані перед командою. Використовується у багатьох мовах програмування інтерпретаційного типу (Forth, Python тощо).

Згорткові коди – клас коригувальних кодів, в яких кодування йде безупинно, без поділу на блоки.

Зовнішній шлюз (Exterior Gateway, EG) – маршрутизатор, за допомогою якого автономні системи під'єднуються до магістралі CBN.

Ідентифікатор – ознака, яка ідентифікує особу чи предмет, що розпізнається.

Інновації – новостворені (застосовані) і (або) вдосконалені конкурентоспроможні технології, продукція або послуги, а також організаційно-технічні рішення виробничого, адміністративного, комерційного або іншого характеру, що істотно поліпшують структуру та якість виробництва і (або) соціальної сфери.

Інноваційна діяльність – діяльність, спрямована на використання і комерціалізацію результатів наукових досліджень та розробок і зумовлює випуск на ринок нових конкурентоспроможних товарів і послуг.

Інтеграція послуг – побудова різних типів послуг на основі єдиної сервісної платформи (наприклад, передача цифрових даних, голосу, відео та інших типів телекомунікаційного трафіка на основі IP-протоколу).

Інтегрована технологія телекомунікацій – інноваційна технологічна розробка кафедри «Мережі зв'язку» Одеської національної академії зв'язку ім. О.С. Попова для побудови мультисервісної транспортної платформи в інфокомунікаційних мережах майбутніх поколінь.

Інтернет – сукупність мережних відносин, модифікованих соціальних інститутів, технологій і технічних засобів, пов'язаних усередині себе й один з одним за допомогою комп'ютерно-опосередкованих ліній, що характеризується єдиним часом і простором із особливими характеристиками.

Інтернет-аукціон – це один з найпоширеніших варіантів електронної роздрібною торгівлі.

Інтернет-вітрина – це сукупність електронних комунікацій, призначених для приймання замовлень на товари та послуги через мережу Інтернет.

Інтернет-магазин – це спеціалізований Web-сайт, який забезпечує весь цикл купівлі-продажу товарів через Інтернет в інтерактивному режимі з використанням електронного каталогу.

Інтернет-протокол – протокол між мережною взаємодією, призначений для використання в сполучених між собою комп'ютерних мережах обміну даними на основі комутації пакетів. Протокол забезпечує передачу блоків даних, які називаються дейтаграмами, між відправником та одержувачем, хости яких ідентифікуються адресами фіксованої довжини. Протокол також забезпечує фрагментацію і збірку для дейтаграм великого розміру, якщо мережа не дозволяє передати дейтаграму цілком.

Інформаційне суспільство – суспільство, засноване на знаннях, принципі відкритої інформації, на високорозвинених інформаційних технологіях.

Інформаційно-комунікаційна інфраструктура – сукупність територіально розподілених державних і корпоративних інформаційних систем, ліній зв'язку, мереж і каналів передачі даних, засобів комунікації й управління інформаційними потоками, а також організаційних структур, правових і нормативних механізмів, що забезпечують їх ефективне функціонування.

Інфокомунікації (Infocommunication) – це сукупність засобів обробки, накопичення, зберігання інформації та перенесення її в просторі, імплементованих в єдину мережну структуру, за допомогою якої забезпечується доступність інформаційних ресурсів та інформаційний обмін.

Інформаційно-комунікаційна мережа (Infocommunication Network) – це сукупність територіально розосереджених інформаційних, обчислювальних ресурсів, програмних комплексів управління, що розміщуються в кінцевих системах мережі та термінальних системах користувачів, взаємодія між якими забезпечується за допомогою телекомунікацій і які спільно утворюють єдину мультисервісну платформу.

Інформація – сукупність відомостей, даних про які-небудь події, явища чи факти (у широкому розумінні – сукупність знань про навколишній світ).

Інформаційна мережа (Information Network) – це системоутворювальна сукупність територіально розосереджених кінцевих систем (комп'ютерів або комп'ютерних систем), об'єднаних телекомунікаційною мережею, за допомогою якої забезпечується взаємодія прикладних процесів, що активізуються в цих кінцевих системах, і колективний доступ до їх інформаційних і обчислювальних ресурсів.

Інфокомунікаційна послуга (Infocommunication Service) – це мультипослуга, що забезпечує задоволення телекомунікаційних або інформаційних, або тих та інших одночасно потреб споживача з наданням йому можливості керувати процесом реалізації цієї послуги.

Інформаційна послуга (Information Service) – це задоволення інформаційного запиту користувача, сформованого в результаті цілеспрямованого пошуку інформації в розподіленій системі інформаційних ресурсів, шляхом доставки засобами телекомунікацій затребуваної копії контенту.

Інформаційна розетка – це елемент, яким закінчується горизонтальна підсистема, призначена для установки модулів RJ-45 або оптичних конекторів.

Інформаційні ресурси (Information Sources) – це систематизовані масиви інформації, які створюються та накопичуються в мережі з використанням інформаційних технологій і призначені для багаторазового запитання користувачами.

Інформаційні технології (Information Technologies) – методи і способи накопичення, обробки, зберігання, відображення, пошуку та забезпечення цілісності інформації.

Інформаційно-комунікаційні технології – технології накопичення та поширення інформації.

Кабель оптичний – це фізичний медіум, що складається з певної кількості оптичних волокон, оточених спільною захисною оболонкою, та використовується для передачі світлового потоку.

Кадрова політика – система принципів, ідей, вимог, що визначають основні напрямки роботи з персоналом, її форми та методи.

Канал зв'язку – частина комунікаційної системи, яка зв'язує між собою джерело та приймач повідомлень.

Каскадні коди – клас коригувальних кодів, у яких кодування здійснюється з використанням декількох кодерів. При послідовному каскадному кодуванні внутрішній коригувальний код включений слідом за зовнішнім коригувальним кодом. Відповідно на приймальній стороні декодер зовнішнього коду включений услід за декодером внутрішнього коду. Декодер внутрішнього коду виправляє велику частину помилок каналу, а доведення рівня помилок до необхідного мінімального значення здійснюється зовнішнім декодером.

Квантова криптографія – новий напрямок захисту інформації, що використовує квантове передавання інформації, тобто передавання інформації окремими квантовими системами. Як такі квантові системи, тобто носії інформації, у сучасній квантовій криптографії використовують фотони.

Квантовий канал зв'язку – канал для передавання окремих квантових систем – фотонів. Як квантові канали можливо використовувати звичайні оптоволоконні канали зв'язку або оптичні бездротові канали (передавання фотонів через атмосферу).

Квантові протоколи з одиночними квантовими системами – протоколи квантової криптографії, що використовують одностороннє передавання окремих фотонів від передавача до приймача. Безпека цих протоколів ґрунтується на неможливості точного копіювання квантових станів фотонів.

Квантові протоколи з переплутаними квантовими станами – одно- або двосторонні протоколи квантової криптографії, які використовують властивості квантових кореляцій (переплутування) між фотонами. На цих властивостях ґрунтується безпека цього типу протоколів.

Квантові протоколи прямого безпечного зв'язку – група протоколів квантової криптографії, що дозволяють передавати конфіденційну інформацію напряму, тобто без її попереднього шифрування.

Квантові протоколи розподілення ключів – протоколи розподілення криптографічних ключів (для дальшого шифрування симетричними шифрами), які використовують квантове передавання інформації.

Кешування – проміжний буфер зі швидким доступом, що містить інформацію, яка може бути запрошена з найбільшою вірогідністю.

Кібербезпека – це набір засобів, стратегії, принципи забезпечення безпеки, гарантії безпеки, керівні принципи, підходи до управління ризиками, дії, професійна підготовка, практичний досвід, страхування та технології, які можуть бути застосовані для захисту кіберсередовища, ресурсів організацій та користувача.

Клієнти – це споживачі товарів або послуг, які вони можуть придбати.

Коефіцієнт загасання в оптичному волокні – це міра послаблення оптичної потужності, яка поширюється вздовж ОВ між двома його поперечними перетинами, що розміщуються на відстані 1 км на певній довжині хвилі.

Колізія – накладення двох і більше кадрів (пакетів) від станцій, які намагаються передати кадр одночасно.

Комутатор – пристрій для з'єднання декількох вузлів мережі в межах одного сегмента.

Комутація каналів – принцип комутації, за яким перед передачею повідомлення між кінцевими вузлами утворюється безперервний фізичний канал, складений з послідовно з'єднаних комутаторами проміжних каналних ділянок.

Комутація пакетів – принцип комутації, за яким повідомлення розбивається на порівняно невеликі частини – пакети. Кожен пакет забезпечується заголовком, в якому вказується адресна інформація, необхідна для доставки пакета вузлу призначення, а також номер пакета, який буде використовуватися вузлом призначення для збирання повідомлень, і далі передача пакетів по мережі відбувається незалежно один від одного.

Конвергенція – це процес взаємопроникнення та об'єднання різних телекомунікаційних мереж, технологій та послуг.

Конвергенція мереж – скоординована еволюція раніше окремих мереж в єдину систему шляхом зближення або об'єднання різних мережних технологій з метою надання користувачам різномірних послуг і застосувань.

Контроль ефективності захисту – перевірка відповідності якісних і кількісних показників ефективності заходів технічного захисту встановленим вимогам або нормам ефективності захисту інформації.

Конфедерація – великомасштабні автономні системи, що складаються із сотень вузлів, які можуть поділятися на підсистеми (більш дрібні AS).

Концепція «All over IP» – надання всіх комунікаційних послуг за допомогою IP-мережі.

Криптоаналіз – наука про розкриття вихідного тексту зашифрованого повідомлення без доступу до ключа.

Криптографічний захист інформації – це вид захисту інформації, що реалізується шляхом перетворення інформації з використанням спеціальних (ключових) даних з метою приховання/відновлення змісту інформації, підтвердження її справжності, цілісності, авторства тощо.

Кубіт – квантова система з двома ортогональними станами, що дозволяє кодувати один біт класичної інформації. Також кубітом називають квантовий розряд або найменший елемент для зберігання інформації в квантовому комп'ютері. Наприклад, фотон має два ортогональних напрямки поляризації, тобто окремий фотон може використовуватись як кубіт.

Кудит – квантова система, що має d ортогональних станів. Використання кудитів у протоколах квантової криптографії дозволить підвищити інформаційну місткість протоколів, оскільки кудити дозволяють кодувати класичну інформацію в d -розрядній системі числення. Наприклад, кутрит – квантова система з трьома ортогональними станами – дозволяє кодувати інформацію в трійковій системі числення. Практичною реалізацією кутриту може бути біфотон – пара корельованих фотонів.

Лінія зв'язку – фізичне середовище, використане для передачі сигналів від передавача до приймача. У системах електричного зв'язку – це кабель або хвилевід, у системах радіозв'язку – область простору, у якому поширюються електромагнітні хвилі від передавача до приймача.

Ліцензія – документ, що засвідчує право суб'єкта господарювання на здійснення зазначеного в ньому виду діяльності у сфері телекомунікацій протягом визначеного строку на конкретних територіях з виконанням ліцензійних умов.

Ліцензування – видача, переоформлення, продовження терміну дії, визнання недійсними, анулювання ліцензій, видача копій та дублікатів ліцензій, ведення ліцензійних справ та ліцензійних реєстрів, контроль за додержанням ліцензійних умов, видача розпоряджень про усунення порушень ліцензійних умов.

Локальна мережа (Local Area Network) – мережа, в якій основна частина трафіка замикається всередині невеликої території, установи, промислового підприємства тощо.

Маршрутизатор – електронний пристрій, що використовується для поєднання двох або більше мереж і керує процесом маршрутизації, тобто на підставі інформації про топологію мережі та певних правил приймає рішення про пересилання пакетів мережного рівня (рівень 3 моделі OSI) між різними сегментами мережі

Маршрутизація – процес визначення маршруту проходження інформації в мережах зв'язку.

Маска підмережі – двійкове число, яке містить одиниці в тих розрядах, які належать до розширеного мережного префікса.

Медіашлюз – пристрій чи сервіс (шлюз), який перетворює формат медіа-даних, що використовується в мережі одного типу, на формат, необхідний в мережі іншого типу.

Мережа нового покоління (NGN) – мережа з комутацією пакетів, здатна надавати телекомунікаційні послуги за допомогою широкосмугових транспортних технологій, що підтримують якість обслуговування QoS, в якій забезпечувана функціональність не залежить від використовуваних транспортних технологій.

Мережний адаптер – пристрій, призначений для підключення комп'ютера до локальної мережі. Мережний адаптер контролює доступ до середовища передачі даних і обмін даними між одиницями мережі.

Метод динамічного управління цифровими потоками (DFC) – спосіб ідентифікації, маршрутизації та комутації окремих цифрових потоків (SDF), який застосовується в інтегрованій технології телекомунікацій ІТТ на мережному рівні взаємодії відкритих систем.

Метод доступу – алгоритм, згідно з яким вузли мережі одержують доступ до середовища передачі даних та здійснюють мультиплексування/демультиплексування даних.

Модель взаємодії відкритих систем – правила взаємодії систем із відкритою архітектурою від різних виробників.

Модель ІТТ – трирівнева модель взаємодії відкритих систем у інтегрованій технології телекомунікацій ІТТ (фізичний рівень, мережний рівень, прикладний рівень).

Модель OSI – еталонна семирівнева модель взаємодії відкритих систем, у якій кожен рівень обслуговує свою частину процесу взаємодії. Розроблена 1978 року міжнародним комітетом зі стандартизації (ISO) для об'єднання різних мереж.

Модель TCP/IP – чотирирівнева протокольна модель; відповідає структурі стека протоколів TCP/IP, який є основним стеком протоколів Інтернет, що реалізовує модель з комутацією пакетів. Описує функції, які відбуваються на кожному рівні протоколів усередині стека TCP/IP.

Модуляція – процес зміни параметрів носія відповідно до переданого повідомлення.

Мотивація персоналу – одна з найважливіших функцій менеджменту, що полягає в захопленні працівника чи групи працівників до діяльності для досягнення цілей підприємства через задоволення їхніх власних потреб.

Мультимедійне повідомлення – повідомлення, яке може містити одночасно текст і такі об'єкти, як зображення, аудіо або відео.

Мультиплексний тракт передачі – канал зв'язку, в якому в довільному порядку послідовно передаються сегменти окремих цифрових потоків (SDF).

Мультиплексний цифровий потік – послідовність сегментів окремих цифрових потоків (SDF) у мультиплексному тракті передачі.

Мультиплексор – це пристрій комутації цифрової інформації.

Мультисервісна мережа – мережна інфраструктура, яка дозволяє передавати всі види інформації єдиним каналом зв'язку.

Навмисна загроза – це загроза, яка реалізується певним суб'єктом, що чинить навмисну дію.

Найквістова швидкість передавання – максимальна швидкість передавання сигналів, за якої не виникають інтерференційні завади.

Напрямні системи зв'язку – це пристрої, що призначені для передачі електромагнітної енергії в заданому напрямку.

Номерний ресурс – сукупність цифрових знаків, що використовуються для позначення (ідентифікації) мереж, послуг, пунктів закінчення мережі в телекомунікаційних мережах загального користування.

Носій інформації – матеріальний об'єкт або середовище, призначені для зберігання даних.

Об'єм сигналу – добуток тривалості, ширини спектра та динамічного діапазону сигналу. Об'єм сигналу дає загальне уявлення про можливості певної множини сигналів як переносників повідомлень.

Об'єкт телекомунікаційної мережі – кінцевий абонентський пристрій (телефон, комп'ютер тощо) або проміжний транзитний вузол мережі (маршрутизатор, комутатор, мультиплексор тощо).

Оболонка ОБ – це шар, що оточує осердя, середнє значення показника заломлення (ПЗ) у якому менше, ніж ПЗ осердя.

Обчислювальні ресурси (Comput Sources) – доступні можливості компонентів обчислювальної системи: продуктивність процесора, обсяги оперативної та віртуальної пам'яті, місце на диску.

Окремий цифровий потік (SDF) – безперервна сукупність сегментів команд (CS) та/або сегментів даних (DS) у інтегрованій технології телекомунікацій ІТТ, які ідентифіковані однаковим набором параметрів управління та однаковими значеннями цих параметрів.

Організаційний контроль ефективності захисту інформації – перевірка повноти й обґрунтованості заходів щодо захисту інформації відповідно до вимог нормативних документів щодо захисту інформації.

Осердя ОВ – це центральна частина ОВ, через яку передається основна частина потужності оптичного сигналу.

Оцінювання персоналу – процедура, що здійснюється з метою виявлення ступеня відповідності професійних, ділових і особистих якостей працівника, кількісних та якісних результатів його трудової діяльності визначеним вимогам, поставленим цілям.

Пакетний обмін даними – спосіб взаємодії мережних об'єктів за принципом комутації пакетів.

Патч-корд – оптоволоконний, або електричний, кабель, призначений для підключення електричних пристроїв і/або елементів пасивного обладнання передачі сигналу.

Первинний сигнал – результат перетворення повідомлення на форму, придатну для передачі інформації за системою зв'язку.

Передавач – використовується для погодження первинних сигналів з лінією зв'язку, здійснює перетворення первинних сигналів на сигнали, зручні для передавання в лінії зв'язку.

Периферійне обладнання – апаратура, яка дозволяє використати обчислювальні можливості процесора.

Підсилення секретності квантових протоколів розподілення ключів – процедура постобробки інформації, отриманої в результаті квантового передавання. Ця процедура, яка використовує тільки відкритий звичайний канал зв'язку, дозволяє зменшити до як завгодно малої величини кількість інформації про ключ, що міг отримати злоумисник унаслідок своєї атаки.

Прінгова мережа – це оверлейна комп'ютерна мережа, ґрунтована на рівноправ'ї учасників.

Платіжна система Інтернету – це сукупність нормативних актів, договірних документів, фінансових та інформаційно-технічних засобів, а також учасників (банків, процесінгових центрів, підприємств сфери торгівлі та послуг, які здійснюють еквайєринг, страхових компаній), які роблять можливим функціонування системи фінансових взаєморозрахунків у Інтернеті.

Повідомлення – сукупність знаків, що відображають ту або іншу інформацію.

Приймач – обробляє прийняте коливання (суму прийнятого спотвореного сигналу і завади) та відновлює по ньому повідомлення, яке з деякою погрішністю відбиває передане повідомлення *a*.

Прикладний процес – процес, що виконує обробку даних для потреб користувачів.

Принципи кадрової політики – це керівні правила, підходи до вирішення кадрових питань підприємства. Вони регламентують реалізацію всіх напрямків роботи з персоналом, визначають специфіку реалізації деяких функцій та етапів кадрової роботи.

Продуктивність – гранична, статистично усереднена кількість вимог, яка обслужена системою за одиницю часу при заданій якості обслуговування.

Пропускна здатність – максимальна інтенсивність навантаження, що може надходити до системи при забезпеченні заданої якості обслуговування.

Пропускна здатність каналу – максимально можлива (гранична) швидкість передачі інформації каналом, визначає потенційні можливості системи зв'язку, що використовує цей канал. У реальній системі швидкість передачі завжди менше пропускної здатності каналу.

Пропускна спроможність з'єднання – кількість даних, яка може бути передана через певне з'єднання за один проміжок часу.

Протокол внутрішніх шлюзів (Interior Gateway Protocol, IGP) – протокол маршрутизації, використовуваний усередині автономних систем.

Протокол зовнішніх шлюзів (Exterior Gateway Protocol, EGP) – протокол обміну маршрутною інформацією між зовнішніми шлюзами автономних систем і шлюзами магістральної мережі СBN.

Протокол маршрутизації – мережний протокол, який використовується маршрутизаторами для визначення можливих маршрутів прямування даних у складеній комп'ютерній мережі.

Протокол прикордонної маршрутизації (Border Gateway Protocol, BGP) – протокол, який дає змогу розпізнати наявність петель між автономними системами та вилучати їх із міжсистемних маршрутів.

Протокольна модель – опис правил взаємодії систем у мережі на рівні взаємодії об'єктів і логічних модулів, необхідних для реалізації процесів передавання й оброблення інформації взаємодіючими системами.

Протокольна одиниця даних (PDU) – модуль даних протоколу; об'єкт даних, якими обмінюються пристрої одного рівня в межах певного рівня. Містить як управляючу інформацію, так і дані користувача.

Профіль MNP – набір параметрів управління потоками в інтегрованій технології телекомунікацій ITT.

Робастна система передавання – СП, що здатна ефективно відновлювати працездатність при виникненні катастрофічних ситуацій, що призводять до переривання зв'язку.

Розподіл номерного ресурсу – виділення номерного ресурсу з визначеного діапазону номерів для надання телекомунікаційних послуг.

Розподільча мережа (Distribution Network) – сегмент телекомунікаційної мережі, за допомогою якого концентрований потік, що надходить із транспортної мережі, перерозподіляється та надходить до споживачів.

Роль – спосіб поведінки людей, що відповідає прийнятим нормам і залежить від їх статусу в конкретній групі, колективі або соціумі в цілому.

Сегмент даних (DS) – безперервна послідовність байтів даних (DB) на фізичному рівні в моделі ITT.

Сегмент команди – безперервна послідовність байтів команд (CB) на фізичному рівні в моделі ITT.

Сервісна функція – специфікація заданого типу обслуговування в деякій системі (наприклад, синхронізована передача голосу та відео встановленим телекомунікаційним каналом зв'язку, який підтримує задану транспортну функцію).

Сигнал – фізичний процес, що відображає передане повідомлення.

Сигнально-кодові конструкції – різновид каскадних кодів, у яких як внутрішній код використовується ансамбль багатопозиційних сигналів з високою питомою швидкістю, а як зовнішній код – коригувальний код з високою здатністю виправляти помилки.

Синхронізація даних – ліквідація відмінностей між двома копіями даних. Передбачається, що раніше ці копії були однакові, а потім одна з них або обидві були незалежно змінені.

Система електричного зв'язку – сукупність технічних засобів і середовища поширення електромагнітних сигналів, що забезпечують передавання повідомлень від джерела до споживача (споживачів).

Система електронної комерції – це інформаційна система, організаційно-технологічною основою якої є Web-сайт. У рамках електронної комерції постійно відбувається взаємодія між чотирма постійними суб'єктами електронної комерції – фінансових інститутів (установ), бізнес-організацій, клієнтів та держави.

Сліпий підпис (від англ. blind signature) – технологія, яка дозволяє ідентифікувати отриману інформацію, тобто переконатися, що вона прийшла від конкретного клієнта в незмінному вигляді, та засвідчити або підписати її, не знаючи про конкретний зміст цієї інформації (створена голландським математиком Девідом Чаумом).

Смарт-картка (smart-картка, мікропроцесорна картка) – це пластикова карта, оснащена інтегральною схемою пам'яті та мікропроцесором, здатна виконувати розрахунки.

Сокет – комбінація IP-адреси і номера порту, яка однозначно визначає окремий мережний процес у мережі.

Спектральне ущільнення каналів – технологія, яка дозволяє одночасну передачу декількох незалежних інформаційних сигналів одним-єдиним оптичним каналом передачі (оптичним волокном), використовуючи оптичні несучі з різними довжинами хвиль.

Спеціальна перевірка – перевірка технічних засобів і систем об'єкта захисту з метою виявлення спеціально встановлених закладних пристроїв.

Спотворення – невідповідні зміни форми сигналу, що зумовлені неідеальними характеристиками електричних кіл і пристроїв, якими проходить сигнал. Головна причина спотворень форми сигналів – перехідні процеси в лінії зв'язку, ланках передавача та приймача.

Статистичне мультиплексування – спосіб асинхронної передачі інформації каналом зв'язку, в якому частини інформаційних повідомлень від різних джерел і/або різним одержувачам змішані в довільному або випадковому порядку.

Стек – різновид лінійного списку, структура даних, яка працює за принципом (дисципліною) «останнім прийшов – першим пішов».

Стек протоколів TCP/IP – базовий набір протоколів у сучасній мережі Інтернет. Основними протоколами є TCP та IP.

Страта – прошир, рівень (від англ. stratum).

Стратегічне планування – процес формування місії та цілей організації, визначення специфічних стратегій для вибору та отримання необхідних ресурсів з метою забезпечення ефективної діяльності організації в майбутньому.

Стратегічне управління – це реалізація концепції, в якій поєднуються цільовий, системний, ситуаційний та інтегральний підходи до діяльності підприємства, що дає змогу встановлювати цілі розвитку, порівнювати їх з наявними можливостями (потенціалом) підприємства та приводити їх у відповідність за рахунок розробки та реалізації системи стратегій («стратегічного набору»).

Таблиця управління потоками – сукупність декількох окремих таблиць, які містять необхідні та достатні параметри для динамічного управління цифровими потоками в інтегрованій технології телекомунікацій ІТТ.

Телекомунікації – сукупність засобів, що забезпечують перенесення інформації, наданої в необхідній формі, на значну відстань за допомогою поширення сигналів в одному із середовищ (міди, оптичному волокні, ефірі) або сукупності середовищ.

Телекомунікаційна мережа (Telecommunication Network) – системоутворююча сукупність засобів телекомунікацій, що надає територіально рознесеним об'єктам можливість інформаційної взаємодії шляхом обміну сигналами (електричними, оптичними або радіо).

Телекомунікаційна послуга (Telecommunication Service) – це результат функціонування телекомунікаційної мережі, за яким задовольняється запит на доставку (транспортування) інформації або на встановлення зв'язку.

Телекомунікаційна технологія (Telecommunication Technology) – спосіб реалізації перенесення інформації в просторі, що забезпечує певний гарантований рівень якості обслуговування в мережі.

Теорема Котельникова – теоретична основа цифрових методів передачі безперервних сигналів. Теорема дає відповідь на запитання: як часто необхідно брати відліки безперервного сигналу, щоб за ними можна було відновити сигнал?

Термінальне обладнання – устаткування, яке перетворює інформацію користувача на дані для передачі лінії зв'язку і здійснює зворотне перетворення.

Технічний захист інформації – це вид захисту інформації, спрямований на забезпечення за допомогою інженерно-технічних заходів та/або програмних і технічних засобів унеможливлення витоку, знищення та блокування інформації, порушення цілісності та режиму доступу до інформації.

Технічний канал витоку інформації – це сукупність об'єкта розвідки, технічного засобу розвідки, за допомогою якого добувається інформація про цей об'єкт, і фізичного середовища, в якому поширюється інформаційний сигнал.

Технічний контроль ефективності захисту інформації – контроль ефективності захисту інформації, що проводиться з використанням технічних і програмних засобів контролю.

Тип з'єднання – визначення класу телекомунікаційного сервісу за деякими критеріями (наприклад, за двовимірною шкалою якості обслуговування в інтегрованій технології телекомунікацій ІТТ).

Торговельний майданчик (торговельні ряди) – це спеціалізований сайт, де здійснюють купівлю-продаж одночасно численні покупці та продавці, які використовують єдині служби, програмно-апаратні засоби, каталоги та інші ресурси.

Трансляція – у теле- та радіокомунікаціях означає створення та передачу інформації, наприклад телешоу, музики, у формі радіохвиль чи цифрових сигналів.

Транспортна функція інфокомунікаційної мережі – специфікація типів і вимог до якості сервісу при передачі інформації від джерела до приймача повідомлень, які підтримуються засобами мережі.

Транспортний профіль протоколу MPLS – модифікація відомого протоколу комутації за мітками (MPLS), яка призначена для мережного рівня в транспортних мережах наступного покоління.

Трафік реального часу – послідовність сегментів цифрового потоку в каналі зв'язку, які забезпечують аудіо- та/чи відеоспількування декількох абонентів у реальному часі. Особливістю трафіка реального часу є високі вимоги до обмеження затримок передачі.

Тривалість сигналу – інтервал часу, у межах якого сигнал існує.

Уніфікований локатор ресурсів – стандартизована адреса певного ресурсу (такого, як документ і зображення) в Інтернеті.

Ущільнення каналів зв'язку – розподіл загальної пропускної спроможності деякого каналу зв'язку на окремі частотні чи/або часові прошарки, які використовуються як окремі канали зв'язку.

Файл – це концепція в обчислювальній техніці: сутність, що дозволяє отримати доступ до певного ресурсу обчислювальної системи.

Фінансові установи – це організації, які надають послуги, пов'язані з пересуванням фінансових потоків, насамперед – це банки та пов'язані з ними системи електронних платежів.

Фронт-офіс – сукупність бізнес-процесів і підрозділів, які їх реалізують, пов'язаних безпосередньо з роботою з клієнтами.

Функціональний модуль – комп'ютерна програма або апаратний чи апаратно-програмний пристрій, який виконує задану функцію (наприклад, функцію взаємодії двох суміжних мережних об'єктів на фізичному рівні моделі ІТТ).

Хешування – перетворення вхідного масиву даних довільної довжини у вихідний бітовий рядок фіксованої довжини. Криптографічне хешування використовується в деяких алгоритмах криптозахисту інформації.

Хмара – це територіальна телекомунікаційна мережа з однорідними зовнішніми інтерфейсами, внутрішня будова якої при організації через неї транспортування інформаційних потоків не деталізується і не розглядається.

Хост – кінцевий комп'ютерний пристрій інфокомунікаційної мережі, який працює в режимі клієнта і/або сервера (наприклад, персональний комп'ютер, сервер тощо).

Цифровий потік – послідовність дискретно закодованих електричних або оптичних сигналів у каналі зв'язку.

Цифрові системи передачі – телекомунікаційні системи, у яких безперервні повідомлення передаються дискретними сигналами (цифрова телефонія, цифрове мовлення, цифрове телебачення).

Чарджбек (від англ. chargeback) – це процедура опротестування транзакції платником, при якому сума платежу негайно списується з одержувача (продавця) та повертається платникові, після чого обов'язок доводити істинність транзакції лягає на одержувача (продавця).

Чек – це приписання банку переказати гроші з рахунку покупця на рахунок продавця, що пред'явив чек.

Швидкість передачі інформації – найважливіший показник роботи системи зв'язку. У системах передачі дискретних повідомлень вимірюється числом переданих двійкових символів в одиницю часу. У загальному випадку швидкість визначається як кількість інформації, що передана каналом за одиницю часу із заданою вірністю.

Шина USB2 – універсальна послідовна шина (Universal Serial Bus-2) – послідовний інтерфейс передачі даних для периферійних пристроїв на швидкості до 480 Мбіт/с.

Ширина спектра сигналу – довжина інтервалу частот, у межах якого розміщуються складові частотного спектра сигналу, необхідні для однозначного відновлення форми сигналу на приймальній стороні.

Широкосмугова система передавання – система передавання, що використовує широкосмугові сигнали.

Широкосмуговий сигнал – сигнал, база якого набагато перевищує одиницю.

Юніт – це умовна одиниця виміру висоти, яка дорівнює 1,75 дюйма.

Наукове видання

**ДОВГИЙ С.О.
ВОРОБІЄНКО П.П.
ГУЛЯЄВ К.Д.**

**СУЧАСНІ
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ
МЕРЕЖІ, ТЕХНОЛОГІЇ, БЕЗПЕКА,
ЕКОНОМІКА, РЕГУЛЮВАННЯ**

**ВИДАННЯ ДРУГЕ
(ДОПОВНЕНЕ)**

*За загальною редакцією
члена-кореспондента НАН України
Довгого С.О.*

*Керівник Т. Ковальова
Коректор Н. Волосунова
Технічний редактор Н. Петрова
Комп'ютерна верстка В. Вербицького
Художнє оформлення О. Метелиці*

**Свідоцтво про внесення
до Державного реєстру видавців ДК № 1037 від 12.09.02.**

**Підписано до друку 10.10.13. Формат 70 x 100¹/₁₆.
Папір офс. Гарнітура SchoolBook. Друк офс.
Умовн. друк. арк. 49,02. Умовн. фарбовідб. 49,67.
Обл.-вид. арк. 44,2. Тираж 300 прим.**

*Видавництво «Азимут-Україна»
04074, м. Київ, вул. Автозаводська, 2, корп. 1, оф. 57
тел./факс (044) 467-6578*

**E-mail: editor@azimut-ukraine.com
www.azimut-ukraine.com**

Друк – ПП «Фенікс»