

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор Інституту телекомунікацій і
глобального інформаційного
простору Національної академії наук
України



Олександр ТРОФИМЧУК

«03» вересня 2025 р.

ПРОТОКОЛ № 9

засідання науково-технічного семінару Інституту телекомунікацій і
глобального інформаційного простору Національної академії наук України

м. Київ

«03» вересня 2025 р.

Науково-технічний семінар проведено відповідно до Наказу по Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору Національної академії наук України (далі ІТГП НАНУ) від 07 серпня 2025 року № 40-с.

БУЛИ ПРИСУТНІ:

Клименко В.І., к.т.н., вчений секретар ІТГП НАНУ; Зотова Л.В., зав. від. підготовки наукових кадрів вищої кваліфікації ІТГП НАНУ; Лебідь О.Г., к.т.н., заст. директора з наукових питань ІТГП НАНУ; Васянін В.О., д.т.н., с.н.с., зав.відділу ІТГП НАНУ; Калюх Ю.І., д.т.н., проф., головний науковий співробітник ІТГП НАНУ; Клименков О.А., к.т.н., с.н.с. ІТГП НАНУ; Семко О.В., к.т.н., докторант ІТГП НАНУ; Триснюк В.М., д.т.н., проф., зав.відділу ІТГП НАНУ; Терентьев О.М., д.т.н., доцент, пров.н.с. ІТГП НАНУ; Рогожин О.Г., д.е.н., с.н.с., п.н.с. ІТГП НАНУ; Устименко В.О., д.ф.-м.н., професор, завідувач відділу ІТГП НАНУ; Яковлев Є.О., д.т.н., г.н.с. ІТГП НАНУ; Королюк Д.В., д.ф.-м.н., с.н.с., с.н.с. ІТГП НАНУ; Охарев В.О., к.т.н., н.с. ІТГП НАНУ; Бідюк П.І., д.т.н., проф., п.н.с. за сум. ІТГП НАНУ; Просянкіна-Жарова Т.І., к.т.н., с.н.с. ІТГП НАНУ; Пустовіт О.С., м.н.с.; Черній Д.І., к.ф.-м.н., доцент, зав.кафедри КНУ ім.Т.Шевченка.

ГОЛОВУВАВ: Трофимчук О.М., д.т.н., професор, член-кор. НАН України, директор ІТГП НАНУ.

ПОРЯДОК ДЕННИЙ:

Розгляд дисертаційної роботи аспіранта Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН Курбета Павла Миколайовича на тему: «**Методи параметричної адаптації турбо кодів в безпроводових засобах передачі даних**», поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань – 12 Інформаційні технології за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

СЛУХАЛИ:

1. Повідомлення аспіранта Курбета Павла Миколайовича за матеріалами дисертаційної роботи «Методи параметричної адаптації турбо кодів в безпроводових засобах передачі даних», поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань – 12 Інформаційні технології за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

Освітньо-наукова програма «Інформаційні технології».

Тему дисертації затверджено на засіданні Вченої ради Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України (протокол №1 від 28 січня 2021 р.).

Науковий керівник:

– Зайцев Сергій Васильович, доктор технічних наук, професор, провідний науковий співробітник Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору Національної академії наук України (за сумісництвом).

2. Запитання до здобувача.

Запитання по темі дисертації ставили:

Д.т.н., доцент Терентьев О.М.; д.т.н., с.н.с. Яковлев Є.О.; д.е.н., с.н.с. Рогожин О.Г.; д.т.н. професор Калюх Ю.І.; д.т.н., ст. досл. Лебідь О.Г.; д.т.н., доцент Черній Д.І.; д.е.н., с.н.с. Рогожин О.Г.; д.т.н., с.н.с. Васянін В.О.

3. Виступи за обговореною роботою.

В обговоренні дисертації взяли участь:

Д.т.н., доцент Черній Д.І.; д.т.н., доцент Терентьев О.М.; д.т.н., професор Калюх Ю.І.; д.т.н., с.н.с. Яковлев Є.О.; д.ф.-м.н., професор Устименко В.О.; д.т.н., ст. досл. Лебідь О.Г.

УХВАЛИЛИ:

ПРИЙНЯТИ такий висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертаційного дослідження:

1. Актуальність теми дослідження

На даний момент у світі час бездротові телекомунікації включають мобільні системи та бездротові системи доступу. Мобільні системи розвинулись від систем 1G до 5G. Активно ведеться розробка, дослідження та дослідні технології шостого покоління 6G. До найбільш поширених систем безпроводового доступу відносяться Wi-Fi, Wi-Max, Zig-Bee, інші.

На сьогоднішній день в світі впроваджуються системи безпроводового доступу за технологією 5G. При цьому, комерціалізація 5G починається приблизно з 2020 року. Передбачається, що 6G буде забезпечувати кращі комунікації для людей і речей (технологія IoT), та буде охоплювати тенденцію розумного суспільства.

У роботі К.Шеннона 1948 року показано, що передача даних з малою кількістю помилок по безпроводовому каналу можлива, якщо використовується довгий випадковий завадостійкий (канальний) код [6]. З тих пір були докладені

величезні зусилля до пошуку нових методів передачі з метою наближення до пропускну́ї здатності каналу.

Методи забезпечення цілісності даних в бездротових телекомунікаціях досліджуються вченими по всьому світу [7-36], серед найбільш відомих такі: В. Л. Банкет, В.О. Устименко, С.В. Зайцев, В.В. Казимир, К. Шеннон, Д. Форні, Ф. Дж. Мак-Вільямс, Б. Фано, Е. Вітербі, Р. Хеммінг, Р. Галлагер, К. Берроу, Л., Д. Маккей, Е. Ерікан, Хензо, А. Голдсміт, М. Валенті та ін.

В сучасних безпроводових системах передачі даних для забезпечення достовірності інформації застосовуються технології адаптивного кодування, OFDM, MIMO. В якості завадостійких кодів найбільш розповсюджені на даний час турбо коди, коди з низькою щільністю перевірки парності (LDPC-коди) та полярні коди.

Для покращення характеристик достовірності інформації використовуються схеми адаптації цих кодів. При цьому при адаптації у переважній більшості робіт змінюється тільки один параметр – швидкість кодування, що не повною мірою підвищує ефективність схем корегуючого кодування. Слід передбачити для адаптації і інші параметри коригувальних кодів.

З огляду на вищевказане, дисертація розглядає актуальну науково-прикладну задачу, яка направлена на розвиток сучасних бездротових телекомунікацій, а саме забезпечення цілісності та достовірності передачі інформації в сучасних бездротових системах за рахунок розробки методів параметричної адаптації кодових конструкцій.

Мета і задачі досліджень.

Метою дисертаційної роботи є покращення ефективності безпроводових засобів передачі даних в умовах впливу завад за рахунок розробки методів на основі параметричної адаптації кодових конструкцій.

Для цього необхідно вирішити такі задачі:

2) Проаналізувати існуючі методи зменшення помилок в сучасних безпроводових системах передачі даних.

2) Розробити метод зміни компонентних кодів турбо кодів шляхом зміни стану вузлів просторової решітки, що дозволить підвищити ефективності функціонування безпроводових систем передачі інформації.

3) Розробити метод параметричної адаптації перевірочних поліномів компонентного рекурсивного систематичного згорткового коду турбо коду.

4) Розробити метод підготовки початкових поліномів для рекурсивних систематичних згорткових кодів турбо кодів з використанням генетичного алгоритму.

Об'єктом дослідження у дисертації є – процеси створення і передачі даних кодами у бездротових телекомунікаційних системах.

Предметом дослідження є – забезпечення цілісності та достовірності інформації у бездротових телекомунікаційних системах.

3. Методи дослідження

Для досягнення цілей були застосовані наступні методи: при створенні методу адаптації рекурсивних систематичних згорткових кодів турбо кодів завдяки зміні станів просторової решітки – алгоритми теорії систем управління, завадостійкого кодування, систем адаптивного управління, імітаційного моделювання; для розробки методу параметричної адаптації перевірочних поліномів компонентного рекурсивного систематичного згорткового коду турбо коду – методи оптимізації, методи теорії управління, імітаційного моделювання, математичний апарат ймовірності, статистики, теорії корегуючого кодування, теорії передачі та обробки інформації; при створенні методу задання початкових поліномів для рекурсивних систематичних згорткових кодів турбо кодів з використанням генетичного алгоритму – теорії імітаційного моделювання, теорії ймовірності, математичної статистики, виправляючого кодування, теорії передачі інформації.

4. Наукова новизна одержаних результатів

1. В роботі було вперше представлено метод зміни компонентних кодів турбо кодів з використанням проходження станів просторової решітки, що дозволить підвищення ефективності функціонування безпроводових систем передачі інформації та зменшити кількість помилок на 10-17% для заданих рівнів сигналів та завад. Відмінність розробленого методу від існуючих, що визначає його новизну, полягає в комплексному застосуванні при адаптації поліномів рекурсивних систематичних згорткових кодів та швидкостей кодування, в залежності від значень функції якості Це зменшує помилки при прийомі інформації в зашумлених каналах передачі даних.

2. Вперше запропоновано метод параметричної адаптації перевірочних поліномів компонентного рекурсивного систематичного згорткового коду турбо коду. Це підвищує цілісність даних, при цьому кількість помилок зменшується на 8-13 %. Даний метод, на відміну від інших запропонованих методів, при адаптації змінює поліноми прямих та зворотних зв'язків компонентного рекурсивного систематичного згорткового коду турбо коду, що впливає на кодове обмеження, діаграму станів кодера та декодера турбо коду та на коригуючу здатність турбо коду, яку можна адаптувати.

3. В дисертаційній роботі вперше запроваджено метод швидкого формування первинних поліномів рекурсивних систематичних згорткових кодів турбо кодів з використанням генетичного алгоритму. Це дозволяє підвищити цілісність даних, а завадозахищеність покращується до 0,65 дБ для різних довжин кодового обмеження РСЗК і швидкостей кодування турбо коду при впливі завад у порівнянні із застосуванням поліномів при формуванні РСЗК, які запропоновані у відомих раніше роботах.

5. Практичне значення одержаних результатів

Використання на практиці основних положень дисертації дозволить:

– моделювати, встановлювати початкові параметри, змінювати параметри кодерів та декодерів в залежності від завадової обстановки та виготовляти безпроводові засоби передачі даних;

– оцінювати стан каналів передачі даних при впровадженні методів забезпечення достовірності інформації в безпроводових засобах передачі даних в складній заводській обстановці;

– забезпечувати задані показники достовірності інформації за рахунок використання параметричної адаптації;

– спростити та зменшити вартість робіт при проектуванні і виготовленні адаптивних безпроводових засобів передачі даних.

Отримані результати досліджень впроваджені в роботах Товариства з обмеженою відповідальністю «Інформаційні системи захисту» при розробці створенні комплексних систем захисту інформації в інформаційно-комунікаційних системах, Товариства з обмеженою відповідальністю «НікС» при моделюванні та впровадженні захищеної системи зберігання та передачі даних, що підтверджено відповідними актами впровадження.

6. Дотримання принципів академічної доброчесності

За результатами науково-технічної експертизи дисертація Курбета Павла Миколайовича визнана оригінальною роботою, яка не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень.

7. Перелік публікацій за темою дисертації із зазначенням особистого внеску здобувача.

Основні результати дисертаційної роботи опубліковані у 6 наукових роботах, у тому числі 3 статті у фахових виданнях України з технічних наук, 1 стаття у збірнику, що входить до наукометричної бази Scopus, 2 публікації у матеріалах міжнародних та всеукраїнських конференцій.

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

Публікації у фахових виданнях:

1. Zaitsev S. Method for Assessing the Reliability of Information Under Conditions of Uncertainty Through the Use of a Priori and a Posteriori Information of the Decoder of Turbo Codes / Zaitsev S., Ryndych Y., Sokorynska N., Zaitseva L., Kurbet P., Horlynskyi B. // Mathematical Modeling and Simulation of Systems. – Springer (Lecture Notes in Networks and Systems). – Selected Papers of 17th International Conference, MODS. – 2023. – P. 215-228. (https://doi.org/10.1007/978-3-031-30251-0_17. (Scopus))

Здобувач розробив метод оцінки надійності інформації при високошвидкісній передачі по радіоканалах у шумних умовах, що базується на обчисленні індексу неточності декодування (коефіцієнта помилок) за максимальною апостеріорною ймовірністю для систем з багатопараметричною адаптацією (турбокоди, LDPC).

2. Курбет П. Метод адаптації рекурсивних систематичних згорткових кодів турбо кодів шляхом обходу вузлів просторової решітки / П. Курбет, Л.

Зайцева // Кібербезпека: освіта, наука, техніка. – 2023. – № 2 (22). – С. 238-248. (<https://doi.org/10.28925/2663-4023.2023.22.238248>)

Здобувач розробив метод підвищення ефективності бездротових систем передачі даних шляхом адаптації параметрів рекурсивних систематичних згорткових турбо-кодів через обхід вузлів просторової решітки та оптимізацію цільової функції — ймовірності бітової помилки декодування.

3. Kurbet P. The method of parametric adaptation of the check polynomials of the component recursive systematic convolution code turbo code / P. Kurbet, O. Rudenok // Environmental Safety and Natural Resources. – 2024. – № 2 (50). – P. 157-172. (<https://doi.org/10.32347/2411-4049.2024.2.157-172>)

Здобувач провів і описав чисельні експерименти, що визначили ефективний набір поліномів для різних розмірів вхідних блоків, та окреслив напрями подальшого розширення простору пошуку (інтерлівери, алгоритми декодування, число ітерацій тощо).

4. Курбет П. Метод підготовки початкових поліномів для рекурсивних систематичних згорткових кодів турбо кодів з використанням генетичного алгоритму / П. Курбет // Кібербезпека: освіта, наука, техніка. – 2024. – № 4 (24). – С. 266-281. (<https://doi.org/10.28925/2663-4023.2024.24.266281>)

Здобувач розробив метод підготовки початкових поліномів рекурсивних систематичних згорткових кодів для турбо-кодів із застосуванням генетичного алгоритму, в якому цільова функція ґрунтується на кількості змін знаку апіорно-апостеріорної інформації декодера з урахуванням надійності каналу.

5. Method For Optimizing Encoder And Decoder Operation Of A Turbo Code Through The Use Of Adaptive Selection Of The State Diagrams Size / Sokorynska Nataliia, Zaitsev Sergei, Posternak Yuriy, Kurbet Pavel, Gorlinsky Boris // I International scientific-practical conference «SECURITY OF INFORMATION SYSTEMS RESOURCES» (Chernihiv, April, 16-17, 2020). – 2020. – P. 19–25.

6. Сучасний стан та розвиток технологій п'ятого покоління 5G / В.М. Василенко, Н.В. Сокоринська, С.В. Зайцев, П.М. Курбет // Колективна монографія за матеріалами XXI Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційно-комунікаційні технології та сталий розвиток. – Київ, 14–16 листопада 2022 р. – С. 117–119.

ВВАЖАТИ, що дисертаційна робота Курбета Павла Миколаєвича «Методи параметричної адаптації турбо кодів в безпроводових засобах передачі даних», що подана на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань Інформаційні технології за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки за своїм науковим рівнем, новизною отриманих результатів, теоретичною та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам, що пред'являють до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії та відповідає напрямку наукового дослідження Освітньо-наукової програми Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України «Інформаційні технології» зі спеціальності 122 Комп'ютерні науки.

РЕКОМЕНДУВАТИ:

1. Дисертаційну роботу «Методи параметричної адаптації турбо кодів в безпроводових засобах передачі даних», подану Курбетом Павлом Миколайовичем на здобуття наукового ступеня доктора філософії, до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді.

2. Вченій раді Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України утворити разову спеціалізовану вчену раду у складі:

Голова ради – д.т.н., доцент Терентьев Олександр Миколайович, провідний науковий співробітник ІТГІП НАНУ

Члени ради:

- д.т.н., професор Калюх Юрій Іванович, головний науковий співробітник ІТГІП НАНУ (рецензент);
- д.т.н., професор Триснюк Василь Миколайович, завідувач відділу ІТГІП НАНУ (рецензент);
- д.т.н., доцент Семко Віктор Володимирович, провідний науковий співробітник Інституту прикладних систем управління НАН України (офіційний опонент);
- к.т.н., доцент Соколов Володимир Юрійович, доцент кафедри інформаційної та кібернетичної безпеки імені професора Володимира Бурячка Київського столичного університету імені Бориса Грінченка, Київська міська рада, МОН України (офіційний опонент).

Головуючий на засіданні,
Д.т.н., професор, член-кор.НАНУ,
директор ІТГІП НАНУ

 Олександр ТРОФИМЧУК

Гарант освітньо-наукової програми

 Василь ТРИСНЮК

Вчений секретар
ІТГІП НАНУ, к.т.н., с.н.с.

 Вікторія КЛИМЕНКО