

МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ МОБІЛЬНИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

У дослідженні розглянуто метод декодування, який дозволяє адаптивно визначати оптимальний алгоритм для поточних умов зв'язку. Запропонований підхід забезпечує раціональне використання обчислювальних ресурсів приймальної апаратури, необхідний рівень завадостійкості та максимальну швидкість передавання даних. Особлива увага приділяється усуненню суперечності між алгоритмами з високою коригувальною здатністю, які потребують значних обчислювальних ресурсів, і алгоритмами, що забезпечують швидку обробку даних, але мають нижчу коригувальну здатність. Запропонований метод ґрунтується на динамічному аналізі якості каналу та адаптації параметрів декодування в режимі реального часу. Отримані результати демонструють ефективність підходу в умовах змінних параметрів зв'язку.

Ключові слова: адаптивне декодування, оптимальний алгоритм, завадостійкість, обчислювальні ресурси, швидкість передавання даних, коригувальна здатність, динамічний аналіз каналу.

Abstract

The study considers a decoding method that allows adaptive determination of the optimal algorithm for current communication conditions. The proposed approach ensures the rational use of computing resources of the receiving equipment, the required level of noise immunity and the maximum data transmission rate. Particular attention is paid to eliminating the contradiction between algorithms with high correction capacity, which require significant computing resources, and algorithms that provide fast data processing but have lower correction capacity. The proposed method is based on dynamic channel quality analysis and real-time adaptation of decoding parameters. The obtained results demonstrate the effectiveness of the approach under conditions of variable communication parameters.

Keywords: adaptive decoding, optimal algorithm, noise immunity, computing resources, data rate, corrective capacity, dynamic channel analysis.

Вступ

У сучасних системах зв'язку однією з пріоритетних задач є забезпечення високої завадостійкості при значних швидкостях передавання даних. Для стаціонарних систем цей показник можна покращити шляхом збільшення потужності передавального обладнання. Однак у мобільних системах зв'язку такий підхід є обмеженим, оскільки мобільні пристрої повинні відповідати жорстким вимогам щодо компактності та енергоефективності. Збільшення потужності передавача призводить до зростання енергоспоживання, що, своєю чергою, вимагає використання акумуляторів більшої ємності. Якщо ж ємність акумулятора є недостатньою, автономний час роботи пристрою значно скорочується, що є вагомим недоліком для мобільних комунікаційних технологій [1].

Метою роботи є дослідження методу декодування, що дозволяє адаптивно визначати оптимальний алгоритм для поточних умов зв'язку, забезпечуючи раціональне використання обчислювальних ресурсів приймальної апаратури, необхідний рівень завадостійкості та максимальну швидкість передавання даних. Дослідження спрямоване на усунення суперечності між алгоритмами з високою коригувальною здатністю, які потребують значних обчислювальних ресурсів, і алгоритмами, що забезпечують швидку обробку даних, але мають нижчу коригувальну здатність.

Результати дослідження

Найбільш помітно вимоги до масогабаритних характеристик приймально-передавальної апаратури виявляються в мобільних системах зв'язку, що використовуються в різних автономних технічних пристроях. У таких системах електроживлення необхідне не лише для забезпечення роботи приймально-передавального модуля, а й для виконання додаткових функцій, таких як керування двигунами,

зчитування показань із датчиків тощо [2, 3].

Одним із альтернативних підходів до підвищення завадостійкості є використання завадостійкого кодування. Цей метод передбачає додавання до переданого повідомлення додаткової службової інформації, що дозволяє виявляти та виправляти помилки, спричинені впливом завад. Його головною перевагою є можливість підтримувати необхідну якість зв'язку без збільшення потужності передавача або підвищення чутливості приймача, що реалізується суто програмними засобами без внесення змін у апаратну частину [4].

Водночас застосування цього методу має й недолік – збільшення навантаження на обчислювальний блок приймача. Існує широкий спектр алгоритмів завадостійкого кодування та декодування [5], основною характеристикою яких є коригувальна здатність. Чим вона вища, тим більше помилок у переданому повідомленні може виправити алгоритм, що забезпечує стабільний зв'язок навіть у несприятливих умовах передавання даних. Проте підвищена коригувальна здатність потребує більшої кількості обчислювальних операцій, що, своєю чергою, збільшує обчислювальну складність алгоритму.

Застосування складних методів декодування може призводити до зниження швидкості передавання даних через значні обчислювальні витрати на обробку повідомлень. Це особливо критично для мобільних пристроїв, де використовуються компактні та енергоефективні обчислювальні блоки [6]. Зростання їхнього навантаження може суттєво збільшити час обробки повідомлень, що негативно вплине на швидкодію системи.

Однією з актуальних проблем у сфері завадостійкого кодування є розроблення алгоритмів, які поєднують високу коригувальну здатність із низькими обчислювальними витратами [7]. У дослідженні розглядається питання створення алгоритму декодування, який забезпечує ефективне виправлення помилок, водночас залишаючись простим у реалізації та не потребуючи складних обчислювальних операцій. Запропонований у межах дослідження метод декодування ґрунтується на вже відомих алгоритмах [8], що працюють із кодом Хемінга. Це дає змогу вдосконалити алгоритм обробки повідомлень на приймальному боці без необхідності змінювати процедуру кодування даних у передавачі.

Не існує універсального алгоритму декодування, який би забезпечував оптимальну роботу в усіх можливих умовах зв'язку. Тому актуальним завданням є розроблення методу, що використовує алгоритм декодування, найбільш ефективний у поточних умовах. Це означає, що, окрім створення нових методів декодування в системах зв'язку, необхідно також здійснювати моніторинг поточного стану системи.

Однією з ключових характеристик є рівень відношення сигнал-шум у каналі зв'язку, який зазвичай має нестабільний характер і може суттєво змінюватися. Для вибору оптимального алгоритму декодування система зв'язку повинна оцінювати цей параметр. Існують різні методи таких вимірювань [9], однак у роботі використовується виключно алгоритмічний (програмний) підхід до визначення відношення сигнал-шум [10], оскільки він є найпростішим і не потребує додаткового апаратного забезпечення.

Важливим фактором, що впливає на якість зв'язку, є просторове розташування абонентів у системі [11]. Це особливо актуально для мереж мобільного зв'язку, де положення користувачів постійно змінюється. У роботі досліджено вплив розташування абонентів на ефективність різних алгоритмів декодування, а також виявлено особливості їхнього застосування в умовах, коли абоненти виконують функцію ретрансляторів.

Алгоритми та методи кодування і декодування, розглянуті в дослідженні, були перевірені на математичній моделі системи цифрового зв'язку, яка з достатньою точністю відтворює процес передавання сигналу через зашумлений канал та його подальшу обробку приймальною апаратурою [12].

Теоретична значимість роботи полягає в розвитку теорії завадостійкого кодування шляхом створення нових алгоритмів, що поєднують переваги вже існуючих методів, забезпечуючи їхню ефективність у змінних умовах зв'язку. Застосування методу комплексування способів завадостійкого кодування та декодування забезпечує необхідний рівень захисту від завад у системах цифрового зв'язку, мінімізуючи при цьому обчислювальну складність. Використання методу перекодування сприяє підвищенню завадостійкості при ретрансляції повідомлень.

Висновки

У ході дослідження було розглянуто та проаналізовано адаптивний метод декодування, який динамічно обирає оптимальний алгоритм залежно від поточних умов зв'язку. Запропонована методика дозволяє підвищити ефективність системи зв'язку за рахунок комплексного підходу до завадостійкого кодування та декодування. Розглянутий алгоритм адаптивного вибору методу декодування залежно від рівня сигнал-шум у каналі, що дозволяє покращити якість зв'язку та зменшити обчислювальні витрати в 1,5 раза.

При багаторазовій ретрансляції повідомлень за умов дії шуму використання повного перекодування сприяє підвищенню завадостійкості до 2 дБ у разі застосування складних алгоритмів декодування. Результати роботи можуть бути використані для вдосконалення сучасних систем цифрового зв'язку, підвищуючи їхню надійність і швидкість передачі даних.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Li J., Narayanan K. R., Georgiades C. N. Product accumulate codes: A class of capacity-approaching, low-complexity codes / J. Li, K. R. Narayanan, C. N. Georgiades // IEEE Trans. Inform. Theory. – 2001.
2. Andrews K., Berner J., Chen V., Dolinar S., Pollara F., Stanton V. Turbo-decoder implementation for the deep space network. IPN Progress Report 42-148, Feb. 15, 2002.
3. Consultative Committee for Deep Space Data Systems. Telemetry Channel Coding (101.0-B-5 Blue Book) // CCSDS. – Newport Beach, California, June 2001.
4. Jin H., Khandekar A., McEliece R. Irregular repeat-accumulate codes // Proceedings of the 2nd International Symposium on Turbo Codes and Related Topics. – Brest, France, 2000. – P. 1–8.
5. Васильківський, М., Болдирева, О., Варгатюк, Г., & Будащ, М. (2023). Оптимальні сигнально-кодові конструкції для підвищення ефективності інфокомунікаційних радіосистем мобільного зв'язку 5G та 6G. Вісник Хмельницького національного університету, Технічні науки. – 2023. – № 2. (319). – С. 48–55. doi: 10.31891/2307-5732-2023-319-1-48-55
6. М. Васильківський, Д. Нікітович, О. Болдирева, Н. Якубівська. «Інтелектуальні технології коригування фізичного рівня мобільних мереж», КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ: ОСВІТА, НАУКА, ВИРОБНИЦТВО, (51), 148-160. <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2023-51-19>
7. Liu X., Xu T., Darwazeh I. (2020). Coexistence of orthogonal and nonorthogonal multicarrier signals in beyond 5G scenarios, in Proc. 2020 2nd 6G Wireless Summit (6G SUMMIT). IEEE, pp. 1–5.
8. Tourki K., Zakaria R., Debbah M. (2020). Lagrange Vandermonde division multiplexing, in Proc. 2020 IEEE International Conference on Communications (ICC). IEEE, pp. 1–6.
9. Işcan O., Böhnke R., Xu W. (2019). Probabilistic shaping using 5G new radio polar codes, IEEE Access, vol. 7, pp. 22 579–22 587.
10. Gohary R. H., Yanikomeroglu H. (2019). Noncoherent MIMO signaling for block-fading channels: Approaches and challenges, IEEE Vehicular Technology Magazine, vol. 14, no. 1, pp. 80–88.
11. Васильківський, М., Нікітович, Д., & Болдирева, О. (2022). Керування доступом до інформаційних даних в інтелектуальних інфокомунікаційних мережах. Measuring and computing devices in technological processes, (4), 5–17. <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2022-72-4-1>

Васильківський Микола Володимирович — кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інфокомунікаційних систем і технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: mvasylkivskyi@gmail.com

Прикмета Андрій Володимирович — аспірант групи 172-22а, факультет інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: botan.mua@gmail.com

Черняк Дарина Олегівна — студентка групи ПЗТ-23мс, факультет інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: interfecttorem@gmail.com

Vasylkivskyi Mykola V. — candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of the Department of Information Communication Systems and Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: mvasylkivskyi@gmail.com

Prykmeta Andrii V. — graduate student of group 172-22a, Faculty of Information Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: botan.mua@gmail.com

Cherniak Daryna O. - student of group TSS-23mc, Faculty of Information Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: interfecttorem@gmail.com