

ОГЛЯД МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЗАВАДОЗАХИЩЕНОСТІ РАДІОКАНАЛІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В даній роботі розглянуто основні методи, які використовуються для підвищення завадозахищеності радіосистем, наведено можливі інноваційні напрямки подальшого розвитку технології, що є суттєвими для практичного застосування.

Ключові слова: радіозв'язок, завадозахищеність.

Abstract

This paper examines the main methods used to enhance interference resilience in radio systems and provides possible innovative directions for further technology development, which are essential for practical application.

Keywords: radio communication, interference resilience.

Вступ.

Підвищення завадозахищеності радіоканалів є ключовим аспектом для забезпечення надійності і безпеки радіозв'язку в різних умовах, від військових операцій до комерційного використання у цивільних індустріях. Завади, які можуть вплинути на якість радіозв'язку, включають як природні джерела, так і антропогенні перешкоди, що ставлять під загрозу ефективність і конфіденційність переданих даних. Враховуючи це, стає очевидною важливість розробки та впровадження методів і технологій, здатних мінімізувати такі завади і забезпечити стабільний радіозв'язок.

Основна частина.

Розглянемо методи та технології, які використовуються для підвищення завадозахищеності радіосистем:

Одним із найефективніших методів підвищення завадозахищеності є використання спред-спектру (розподіленого спектру) технологій. Ці технології включають: частотний стрибок (Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS), системи FHSS змінюють частоту передачі за певним алгоритмом, що ускладнює перехоплення і завади, та пряме поширення спектру (Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS), при цьому методі сигнал модулюється за допомогою ширококутового коду, що дозволяє ефективно розподіляти енергію сигналу на широку частотну смугу [1].

Адаптивні методи. Адаптивні системи можуть змінювати свої параметри в залежності від умов в радіоканалі. До таких методів належать адаптивна модуляція і кодування (Adaptive Modulation and Coding, AMC) та адаптивна фільтрація AF. AMC-метод дозволяє динамічно змінювати швидкість передачі даних та рівень модуляції для оптимальної пропускну здатності та мінімізації помилок. AF-метод припускає використання різних типів фільтрів для зменшення впливу зовнішніх та внутрішніх завад.

Криптографічні техніки, не тільки захищають від несанкціонованого доступу до даних, але й можуть покращити загальну завадозахищеність радіоканалів. По перше це використання алгоритмів шифрування для захисту переданих даних. По друге аутентифікація і контроль цілісності даних — забезпечення того що дані не були змінені під час передачі і що джерело даних є довіреним.

Фізичний рівень захисту. Використання антен з високим коефіцієнтом підсилення - такі антени можуть зосереджувати сигнал в більш вузькому напрямку, що зменшує ймовірність завад. Просторовий розподіл - використання кількох антен для передачі і прийому (MIMO технології) може значно знизити вплив завад і перешкод.

Напрямки інновацій у сфері завадозахищеності радіоканалів неперервно розвиваються, щоб задовольнити зростаючі вимоги до безпеки та надійності радіозв'язку:

- Квантовий радіозв'язок

Квантові технології обіцяють радикально змінити підходи до безпеки радіозв'язку. Квантове розплутування та квантова криптографія можуть надати новий рівень захисту від електронних завад та спроб перехоплення, використовуючи принципи квантової невизначеності.

- Штучний інтелект та машинне навчання

Використання алгоритмів штучного інтелекту для аналізу та адаптації радіочастотного спектру може значно покращити заводозахищеність. ШІ може допомогти у виявленні патернів завад, оптимізації використання спектру та автоматизації рішень щодо модуляції і використання частот.

- Розширені антенні технології

Розвиток антенних технологій, таких як масиви з активною фазовою керованою антеною (phased array antennas), може дозволити більш точне і гнучке спрямування радіохвиль, знижуючи тим самим вплив зовнішніх завад [2].

- Розвиток стандартів безпеки

Постійний розвиток та удосконалення міжнародних стандартів для радіозв'язку можуть включати більш строгі вимоги до заводозахищеності, що стимулюватиме інновації у цій галузі [3].

- Більш гнучкі та адаптивні радіосистеми

Розвиток технологій, які дозволяють радіосистемам динамічно змінювати свої робочі параметри в реальному часі відповідно до змін у радіоелектронному середовищі, забезпечує вищий рівень заводозахищеності та ефективності радіозв'язку [4].

Висновки

Підвищення заводозахищеності радіоканалів вимагає комплексного підходу, який включає в себе використання передових технологій та методів. Ефективність захисту значно зростає, коли використовується комбінація різних рівнів і методів, від технологій спред-спектру до адаптивних систем і криптографічного захисту. Це не тільки забезпечує ефективний захист від завад і перешкод, але й забезпечує надійність радіозв'язку та гарантує безпеку переданих даних. З розвитком технологій очікується поява нових інноваційних рішень у цій області, що дозволить ще більше покращити захищеність радіосистем.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Bernard Sklar, Fredric J. Harris. Digital Communications: Fundamentals and Applications, 3rd edition. Publisher Pearson, 2021, - 1089 с.
2. Gert M. Burgstaller. Wirelessly networked digital phased array design and analysis of A 2.4 GHZ demonstrator. 2006 - Access the page: <https://core.ac.uk/download/pdf/36696415.pdf>
3. ITU-R P.372: Radio noise 08/2022– Access the page: <https://www.itu.int/rec/R-REC-P.372-16/en>
4. Головін Ю.О., Д. І. Могилевич. Основи теорії радіозв'язку теоретичні основи та практичні аспекти: навч. посіб. / Ю. О. Головін – Київ.: ВІТІ НТУУ КПІ, 2023. - 248 с. –Access the page: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/93052c4e-fbab-49e5-8dbe-727616651da0/content>

Костішин Андрій Володимирович – аспірант, спеціальності 172 - Телекомунікації та радіотехніка, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: 071kav@gmail.com

Науковий керівник: **Макогон Віталій Іванович** — к.т.н., старший викладач кафедри інфокомунікаційних систем і технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: vim1986@i.ua

Andrii Kostishyn – graduate student, majoring in 172-telecommunications and radio engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: 071kav@gmail.com

Scientific supervisor: **Makogon Vitaly Ivanovych** — cand. Sc., senior lecturer of the Department of Infocommunication Systems and Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vim1986@i.ua