

МЕТОДИ ЗНИЖЕННЯ ІНТЕРФЕРЕНЦІЇ ПРИ ВЗАЄМОДІЇ БЕЗДРотовИХ І ПРОВІДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У КОРПОРАТИВНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі проведено аналіз методів зниження інтерференції при взаємодії Wi-Fi та Ethernet у корпоративних мережах.

Ключові слова: Ethernet, Wi-Fi, інтерференція, методи зниження інтерференції, оптимізація.

Abstract

The paper analyzes methods for reducing interference during the interaction of Wi-Fi and Ethernet in corporate networks.

Keywords: Ethernet, Wi-Fi, interference, interference reduction methods, optimization.

Вступ

На сьогодні, зростаючий попит на високошвидкісні телекомунікаційні послуги та інтеграцію різних мережевих технологій ставить нові вимоги до якості зв'язку та ефективності використання спектру частот. У цьому контексті, одним із ключових завдань є зниження рівня інтерференції в гібридних мережах, що поєднують Wi-Fi, Ethernet та інші технології зв'язку, зокрема в умовах використання частотних діапазонів, що перекриваються. Актуальним є питання взаємодії таких мереж, зокрема у корпоративних та індустріальних середовищах, де вплив інтерференції може призводити до зниження ефективності передачі даних та порушення стабільності з'єднань [1]. Враховуючи постійний розвиток технологій, як-от IEEE 802.11ad для Wi-Fi, та сучасні рішення для управління мережею на основі TSN (Time-Sensitive Networking) [2], важливо дослідити методи мінімізації перешкод та оптимізації спектральної ефективності. З метою визначення можливих шляхів вирішення зазначених проблем, було проведено аналіз сучасних методів зниження інтерференції та оптимізації взаємодії між мережами Wi-Fi та Ethernet у корпоративних телекомунікаційних системах.

Основна частина

Основною одиницею корпоративної телекомунікаційної мережі є центральний комутатор, який координує передачу даних між зовнішньою глобальною мережею та внутрішньою інфраструктурою, як показано на рис. 1. Він також відповідає за управління трафіком, забезпечення доступу до інфокомунікаційних послуг на основі серверів, що знаходяться всередині мережі, а також за розподіл потоків даних між різними пристроями.

Технологія Ethernet забезпечує стабільний та високопродуктивний канал передачі даних для стаціонарних абонентських терміналів. Для мобільних користувачів, пристроїв Інтернету речей (IoT) та сенсорних мереж використовуються бездротові точки доступу на основі Wi-Fi, що дозволяє забезпечити мобільність та зручність користувачів, а також підтримку розширених бездротових мереж, включаючи Mesh-мережі [3].

Однак, поєднання технологій Wi-Fi та Ethernet може призводити до низки проблем взаємодії, серед яких однією з найсуттєвіших є інтерференція сигналів. Інтерференція відбувається, коли сигнали від різних джерел (наприклад, Wi-Fi та Ethernet) або канали передачі (бездротові і дротові) заважають один одному, що може призвести до зниження якості зв'язку, підвищених затримок у передачі даних і навіть втрати пакетів [4]. Узагальнюючи підходи, подані в [5], можна виокремити кілька типів інтерференції:

- Спектральна інтерференція: виникає, коли використовуються спільні частотні діапазони для передачі сигналів через різні технології. Це може викликати значні затримки в передачі даних, оскільки пристрої конкурують за обмежений частотний ресурс.
- Тимчасова інтерференція: конфлікти в часі доступу до каналу через різні схеми синхронізації, що призводить до затримок або втрати пакетів.
- Просторова інтерференція: відбувається, коли сигнали з Wi-Fi та Ethernet перекриваються на одному фізичному рівні (наприклад, у межах одного офісного приміщення), що може призвести до зниження якості зв'язку на дальніх відстанях.

Для зменшення впливу інтерференції в гібридних мережах Wi-Fi та Ethernet використовуються різноманітні методи, схематично показані на рис. 1.

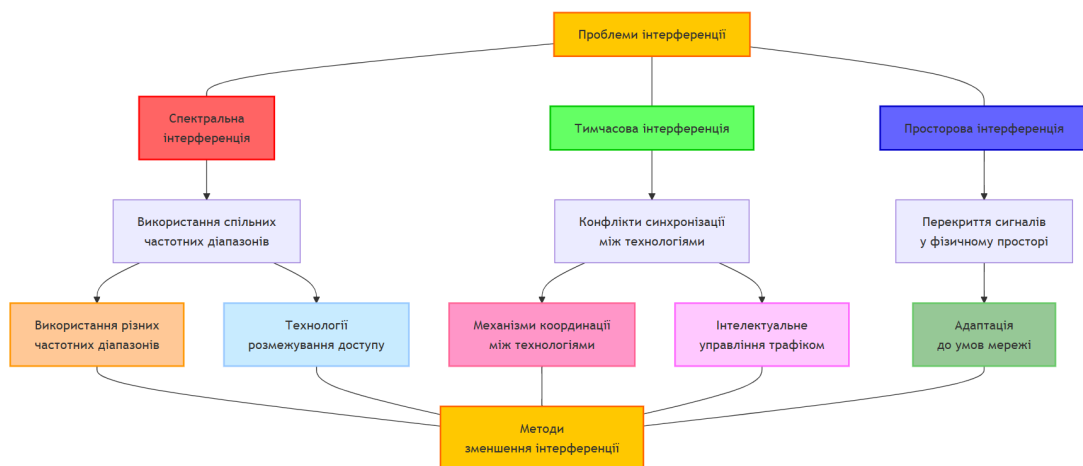


Рис. 1. Схема взаємодії проблем інтерференції та методів їх зменшення у гібридних мережах

Перераховані типи інтерференції вимагають впровадження відповідних методів їхнього усунення.

Методи зменшення впливу інтерференції

Серед методів зменшення впливу інтерференції можна виділити:

- Використання різних частотних діапазонів: застосування окремих діапазонів для Wi-Fi та Ethernet зменшує спектральну інтерференцію [4].
- Адаптація до умов мережі: впровадження адаптивних методів доступу для налаштування параметрів передавання в залежності від умов мережі.
- Механізми координації між технологіями: синхронізація передачі сигналів між Wi-Fi та Ethernet для уникнення конфліктів у часі доступу до каналу.
- Технології розмежування доступу: методи, як TDMA і FDMA, для розподілу доступу до частот або часу, зменшуючи часові та спектральні конфлікти [1].
- Інтелектуальне управління трафіком: алгоритми моніторингу та адаптації до мережевого навантаження для рівномірного розподілу трафіку [3].

Поєднання технологій забезпечує баланс мобільності й стабільності, зменшуючи інтерференцію та підвищуючи ефективність мережі.

Висновки

Інтерференція, що виникає при взаємодії бездротових і провідних технологій у корпоративному середовищі, є комплексним явищем, яке включає спектральні, часові та просторові компоненти. Її наявність зумовлює зниження якості сервісу, збільшення затримок, втрати пакетів і нестабільність каналів зв'язку. Найбільш вразливими є ділянки мереж із перекриттям частотних діапазонів або відсутністю координації між механізмами доступу до середовища.

Ефективне зниження впливу інтерференції можливе шляхом реалізації ряду технічних рішень, зокрема застосуванням різних частотних діапазонів для розмежування навантаження, впровадженням адаптивного регулювання параметрів передавання відповідно до поточних умов мережі, використанням координаційних механізмів між технологіями на рівні MAC-протоколів, а також методів розподілу доступу у часі та частоті, таких як TDMA і FDMA.

Додаткове підвищення ефективності забезпечується за рахунок впровадження інтелектуальних систем управління трафіком, які дозволяють динамічно реагувати на зміну мережевих умов і оптимізувати розподіл ресурсів. Комплексне застосування вищезазначених підходів сприяє підвищенню пропускну здатності мережі, покращенню стабільності з'єднань і зниженню рівня завад у гібридних телекомунікаційних системах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Kosek-Szott K., Lo Valvo A., Szott S., Gallo P., Tinnirello I. Downlink channel access performance of NR-U: Impact of numerology and mini-slots on coexistence with Wi-Fi in the 5 GHz band. Computer Networks. 2021. Vol. 195. Article No. 108188.
2. Garroppo R.G., Scutellà M.G. Design model of an IEEE 802.11ad infrastructure for TSN-based industrial applications. Computer Networks. 2023. Vol. 230. Article No. 109771.

3. Kumar S., Camps-Mur D., Garcia-Villegas E. C-SLA-MLO: Enhancing SLA Compliance in Industrial Wi-Fi through Cooperative Multilink Operation. Internet of Things. 2024. Vol. 27. Article No. 101269. ISSN 2542-6605.
4. Sayed M.S., Zakaria H.M., Abdelhady M.M., Zekry A. Interference Mitigation in Mixed-Numerology System Using Hybrid Waveforms. Ain Shams Engineering Journal. 2024. Vol. 15, Issue 3. Article No. 102581. ISSN 2090-4479.
5. Haider, Zeeshan & Saleem, Muhammad & Jamal, Tauseef. (2018). Analysis of Interference in Wireless Networks. 10.48550/arXiv.1810.13164.

Дира Вадим Володимирович – аспірант групи 172-23а, факультет інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: vad.thernes@gmail.com.

Науковий керівник: **Михалевський Дмитро Валерійович** — д-р техн. наук, професор кафедри інфокомунікаційних систем та технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Dyra Vadym V. – Faculty of Information Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vad.thernes@gmail.com.

Supervisor: **Mykhalevskiy Dmytro V.** — Dr. Tech. of Sciences, professor of the department of information communication systems and technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.