

## Порівняльний аналіз сучасних стандартів безпроводних мереж доступу з технологією МІМО

<sup>1</sup> Вінницький національний технічний університет

### Анотація

Проаналізовано сучасні стандарти бездротового зв'язку мереж WI-FI специфікації IEEE802.11, яка є найактуальнішою серед усіх існуючих. Об'єктами дослідження стали стандарти IEEE802.11n та стандарти IEEE802.11ac через їх сучасність та популярність серед розробників та виробників устаткування, приладів для телекомунікацій, а також серед споживачів послуг WI-FI мереж.

Важливим аспектом дослідження є технологія МІМО, яка є стержнем стандартів IEEE802.11n, IEEE802.11ac. Першоджерела, використанні в дослідженні, надають можливість відобразити основні принципи технології МІМО. Це дасть змогу отримати більш чітке розуміння переваг при її використанні у пристроях бездротового зв'язку WI-FI мереж, що мають підтримку стандарту IEEE802.11n та стандарту IEEE802.11ac. Проаналізовані складові технології МІМО: SU-MIMO (впроваджено в стандарті IEEE802.11n); більш сучасне MU-MIMO (впроваджено в стандарті IEEE802.11ac).

На даний час число користувачів послуг бездротового зв'язку WI-FI мереж стрімко зростає у всьому світі. Таким чином вкладена інформація є загальна, корисна та цікава не тільки для читачів, які займаються вивченням технічних засобів зв'язку, але й для тих, хто є споживачами послуг WI-FI мереж.

**Ключові слова:** стандарт 802.11n, стандарт 802.11ac, МІМО, SU-MIMO, MU-MIMO.

### Abstract

The modern standards of wireless communication of networks WI-FI of IEEE802.11 specification, which is the most actual among all existing ones, are analyzed. The objects of the study were the standards IEEE802.11n and the standards IEEE802.11ac because of their modernity and popularity among developers and manufacturers of equipment, devices for telecommunications, as well as among consumers of services WI-FI networks.

An important aspect of the research is the MIMO technology, which is the core of the standards IEEE802.11n, IEEE802.11ac. The primary sources used in the study provide an opportunity to reflect the basic principles of MIMO technology. This will allow you to get a clear understanding of the benefits of using it in WI-FI wireless networks with the support of the IEEE802.11n standard and the IEEE802.11 standard. The analyzed components of MIMO technology: SU-MIMO (implemented in the IEEE802.11n standard); more up-to-date MU-MIMO (implemented in IEEE802.11a).

Currently, the number of WI-FI wireless network users is growing rapidly around the world. Thus, the information provided is general, useful and interesting not only for readers who are engaged in the study of technical means of communication, but also for those who are consumers of WI-FI network services.

**Keywords:** 802.11n standard, 802.11a standard, MIMO, SU-MIMO, MU-MIMO.

### Вступ

Сучасний світ надзвичайно мобільний та технологічний. Всім нам вкрай необхідний швидкий доступ до інформації та її передача як на роботі так і в повсякденному житті. Станом на сьогодні стоїть гостра необхідність провадження бездротових мереж WI-FI, це зумовлено зростанням інформаційних потоків та збільшення кількості користувачів. Збільшення користувачів вимагає від розробників обладнання бездротового зв'язку вирішувати завдання по покращенню існуючих та створенню нових стандартів бездротового зв'язку, підвищуються вимоги до якості та безпеки WI-FI мереж.

На даний час група стандартів IEEE802.11 є найактуальнішою серед усіх існуючих стандартів передачі. Ця група розвивається дуже швидко.

Метою даної статті є проведення порівняльного аналізу найсучасніших стандартів організації та побудови захищених Wi-Fi мереж з підтримкою технології МІМО. На сьогоднішній день найбільш прогресивними серед стандартів групи є: IEEE802.11n і більш удосконалена його версія IEEE802.11ac.

## Результати дослідження

Поява швидкісних стандартів зв'язку відбулося в більшості завдяки технології МІМО. Технологія МІМО радіосистема з великою кількістю розгалужених напрямків передачі та отримання сигналів. В типовому випадку розгортання мережі WI-FI всередині приміщення рідко йде через найкоротший шлях між передавачем і приймачем сигналу через наявність перешкод (стіни, двері і т.п.) від яких сигнал відбивається. Сигнал який поступає на пряму і немає перешкод буде першим, а в разі наявності перешкоди – копією. Він прийде пізніше у зв'язку з більш довгим шляхом проходження. Отже, сигнал на вході приймача буде характеризуватись багатопроменевим поширенням сигналу [1,6].

WI-FI пристрої постійно переміщуються (смартфон у руках користувача), рухаються навколо різних об'єктів, що змінює умови множинного поширення. В таких випадках прибуття сигналів відбувається в різний час і під різними кутами, що може викликати спотворення та можливе затухання сигналу через інтерференційні мінімуми. Застосування технології множинного прийому може компенсувати інтерференцію та покращити якість сигналу на вході приймача [1,6].

Технологія МІМО використовує ефект багатопроменевого розповсюдження сигналів. Прямі і відбиті сигнали, шляхом маніпуляції фаз можуть штучно створювати позитивну інтерференцію і як наслідок підсилення сигналу, також можлива негативна інтерференція і послаблення сигналу аж до повного затухання [1,6].

За допомогою технології МІМО можуть бути отримані різні комбінації вхідних сигналів

1. Рознесення при отриманні сигналу. При наявності як мінімум двох приймачів з рознесеними антенами з'являється можливість вибору кращих з прийнятих прямих і відбитих сигналів, а також їх комбінування на прийомі.
2. Рознесення при передачі сигналу. При наявності як мінімум двох передавачів з рознесеними антенами з'являється можливість передачі групи ідентичних сигналів для збільшення кількості копії інформації і підвищення надійності на передавачі.
3. Просторове мультиплексування сигналів (об'єднання сигналів). При наявності як мінімум двох передавачів і приймачів з рознесеними антенами з'являється можливість передачі групи різних сигналів на прийомі і відповідного збільшення смуги пропускання [1,6].

До основних складових технології МІМО в мережах WI-FI можна віднести:

Технологія SU-MIMO – реалізована в стандарті 802.11n, забезпечує одночасну роботу передачі та прийому даних між пристроями мережі. Але в конкретний момент часу тільки один пристрій може отримувати і відправляти дані, тоді як інші чекають своєї черги [2,4].

Технологія MU-MIMO – реалізована в стандарті 802.11ac, створює передачу з декількома потоками, при використанні якої інші пристрої не чекають своєї черги. Пристрої з підтримкою MU-MIMO можуть забезпечувати одночасну передачу чотирьох потоків даних (до чотирьох клієнтів). Це дозволило реалізувати більш ефективне використання бездротової мережі і скоротити затримки (час очікування на обслуговування), які виникають при значному збільшенні числа клієнтів в мережі [2,4].

Технологія МІМО в останнє десятиліття є одним з найбільш актуальних способів збільшення пропускної здатності та ємності безпроводних систем зв'язку технологія МІМО знаходить застосування практично в усіх системах бездротової передачі даних, потенціал її не вичерпано. Уже зараз розробляються нові варіанти налаштування антен, до 64x64 МІМО. Це в майбутньому дозволить добитися ще більших швидкостей передачі даних, ємності мережі та спектральної ефективності.

Порівняльний аналіз стандартів IEEE802.11n та IEEE802.11ac WI-FI мереж, їх організацію, технічні та безпекові характеристики наведено в табл.1. [1,2,3,4,6].

Табл.1. Порівняння стандартів IEEE802.11n та IEEE802.11ac

Стандарт IEEE802.11n	Стандарт IEEE802.11ac
Рік випуску: 2009р.	Рік випуску: 2014р.
Підтримує канали шириною 20 та 40 МГц	Підтримує канали шириною 20 та 40 МГц, додані канали 80 та 160 МГц

Підтримує частоти 2,4 ГГц та 5 ГГц	Підтримує частоту тільки 5 ГГц
Підтримує до 4 потоків передачі даних	Точка доступу підтримує до 8 потоків передачі даних; клієнт – до 4 потоків
Підтримка SU-MIMO	Підтримка MU-MIMO
Швидкість 1 каналу 150 Мбіт/с	Швидкість 1 каналу 450 Мбіт/с
Пікова фізична швидкість (PHY) 600 мбіт/с	Пікова фізична швидкість (PHY) 6,93 Гбіт/с
Дальність дії сигналу 100м, 300м	Дальність дії сигналу 100м
Тип шифрування WPA2	Тип шифрування WPA2
Модуляція OFDM, 64 QAM	Модуляція OFDM, 256 QAM
Забезпечення підтримки пристроїв 802.11b/g та 802.11a	Забезпечення підтримки пристроїв 802.11 a / b / g / n

Головним недоліком, при порівнянні стандартів IEEE802.11n та IEEE802.11ac можна вважати те, що у стандарті IEEE802.11ac зона покриття менше ніж у аналогічних мереж, що працюють в діапазоні 2,4 ГГц. Це викликано тим, що: а) чим більше частота, тим вище free space loss (втрата у вільному просторі); б) падіння потужності сигналу для багатьох матеріалів залежить від частоти, чим вища чистота тим більше падіння потужності.

Найбільш помітне зниження площі покриття при роботі в міських умовах і приміщеннях. Через це обладнання, яке використовує стандарт IEEE802.11ac розміщують щільніше, ніж обладнання попередніх стандартів.

При не дуже щільному розміщенні можна використовувати 80 і 40 МГц канали, при щільному – канали 20 і 40 МГц. Порівняно з 802.11n у 802.11ac абоненти і точка доступу можуть починати роботу з каналу 80 МГц, а потім м'яко перейти на 40 МГц чи 20 МГц смугу, якщо відбувається інтерференція [2,4].

### Висновки

Проаналізувавши та порівнявши стандарти IEEE802.11n та IEEE802.11ac можна зазначити, що стандарт IEEE802.11ac є найбільш удосконаленим та сучасним. Він поліпшує роботу мережі, підвищує швидкість передачі даних, їх об'єм та має високий рівень безпеки. Можливість працювати в діапазоні 2,4 ГГц та 5 ГГц є його перевагою.

При застосуванні складних методів MIMO покращуються характеристики каналу зв'язку, зокрема максимально можлива швидкість передачі даних в каналах з технологією 4x4 MU-MIMO може скласти більше 5332 Мбіт/с. Також технології MIMO дозволяють компенсувати інтерференцію сигналів, що важливо в діапазоні ENF та зокрема в діапазоні 5 ГГц.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Слюсар В.И. Системы MIMO: принципы построения и обработка сигналов. //Электроника: наука, технология, бизнес. – 2005. - № 8. – С. 52 - 58
2. «Young Scientist» • № 4 (31) • april, 2016 Технічні науки © Шарапова е.в., Дейнеко Д.В., 2016 Аналитическая оценка распределения потерь относительно допустимого уровня беспроводных каналов связи стандарта LTE в условиях пригорода ст.261-262 <http://molodyvcheny.in.ua/files/journal/2016/4/63.pdf>
3. Росс Джон. Wi-Fi. Беспроводные сети. Установка. Конфигурирование. – СПб.:ИТ Пресс, – 2006.
4. Владимиров А.А. «Wi-fi»: боевые приемы взлома и защиты беспроводных сетей. - ИТ Пресс, 2005. – 464 с.
5. Педжман Р., Джонатан Л. Основы построения беспроводных локальных сетей стандарта 802.11. - СПб.:Вильямс, 2004 -302 с.
6. Кратко о MIMO [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Режим доступу: <http://wi-life.ru/wifi-academy-rus/80211n-mimo-2> (дата звернення 11.12.2017) – Назва з екрана.

7. Гейер Джим. Беспроводные сети. Первый шаг. - СПб.:Вильямс, 2005. - 189 с.
8. Белов В.С. Декодер складових комплексного каналу з ортогональним частотним розділенням несучих / В.С. Белов, А.С. Белов // Східно-європейський журнал передових технологій: фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- і мікроелектроніки – Харків – 2013 – том 6, № 12(66) (2013) – С. 11-14. ISSN: 1729-4061
9. Белов В.С. Використання комбінованих типів модуляції при OFDM // В.С. Белов, А.С. Белов / Матеріали XLV Науково-технічної конференції факультету радіотехніки, зв'язку та приладобудування (2016) - КОНФЕРЕНЦІЇ ВНТУ електронні наукові видання. Режим доступу: <http://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-frtzp/all-frtzp-2016/paper/view/1243> (дата звернення 11.12.2017) – Назва з екрана.

***Белов Володимир Сергійович** — асистент кафедри телекомунікаційних систем і телебачення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [belov@vntu.edu.ua](mailto:belov@vntu.edu.ua)*

***Тишчук Дмитро Сергійович** – студент групи ТКТ-14б, факультету Інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Хмельницьке шосе 95, м. Вінниця, e-mail: [tyshchuk\\_dmitriy@ukr.net](mailto:tyshchuk_dmitriy@ukr.net)*

***Belov Vladimir S.** — Assistant Department of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [belov@vntu.edu.ua](mailto:belov@vntu.edu.ua)*

***Tyshchuk Dmitry S.** – the student group TKT-14b, faculty infocommunications, electronics and nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Khmelnytsky Highway 95, m. Vinnytsya e-mail: [tyshchuk\\_dmitriy@ukr.net](mailto:tyshchuk_dmitriy@ukr.net)*