

# МЕТОДИ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МІМО В МОБІЛЬНИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖАХ

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

## **Анотація**

Технологія множинного введення/виведення (МІМО) є перспективним напрямком в бездротових комунікаціях, який дозволяє підвищити пропускну здатність та забезпечити більш стійкий прийом сигналів в умовах шуму та спотворень. У цій роботі розглядаються методи та підходи до застосування технології МІМО в мобільних сенсорних мережах.

В роботі аналізується потенційна ефективність при застосуванні МІМО в мобільних сенсорних мережах, а також наводяться приклади застосування МІМО у сенсорних мережах.

**Ключові слова:** 5G, МІМО, мобільна мережа доступу, технологія просторового мультиплексування, пропускну здатність, передача даних.

## **Abstract**

The technology of Multiple-Input/Multiple-Output (MIMO) is a promising direction in wireless communications, which allows for increased throughput and more robust signal reception in noisy and distorted environments. This paper examines the methods and approaches for the application of MIMO technology in mobile sensor networks.

The paper analyzes the potential effectiveness and challenges of using MIMO in mobile sensor networks, and provides examples of MIMO application in sensor networks.

**Keywords:** 5G, MIMO, mobile access network, spatial multiplexing technology, bandwidth, data transmission.

## **Вступ**

В останні роки мобільні сенсорні мережі стали дедалі більш поширеними в різних сферах життя, таких як медицина, спорт, промисловість та інше. Ці мережі використовують датчики, щоб збирати різноманітні дані, наприклад, температуру, вологість, рівень шуму та інші параметри. Проте, при розвитку мобільних сенсорних мереж виникають різні проблеми, такі як недостатня пропускну здатність, обмежена енергоефективність, складність маршрутизації та інші. Одним з методів, що допомагають вирішувати ці проблеми, є використання технології МІМО (Multiple Input Multiple Output). Технологія МІМО використовується в багатьох радіозв'язкових системах, включаючи Wi-Fi та мобільний зв'язок. Вона дозволяє використовувати більше однієї антени для передачі та отримання сигналів, що дозволяє збільшити кількість передавальних каналів та покращити якість сигналу. У мобільних сенсорних мережах, використання технології МІМО дозволяє підвищити пропускну здатність, зменшити споживання енергії та покращити маршрутизацію даних.

Отже, роль технології МІМО у мобільних сенсорних мережах полягає в тому, що вона допомагає вирішувати проблеми, пов'язані з обмеженою пропускну здатністю, енергоефективністю та маршрутизацією даних [1, 2].

## **Результати дослідження**

Можливість використання технології МІМО (Multiple Input Multiple Output) в мобільних сенсорних мережах різниться в залежності від конкретних сценаріїв, проте загальна мета застосування цієї технології полягає у покращенні ефективності та якості передачі даних. Основні стратегії включають в себе зменшення втрат даних, оптимізацію продуктивності, подолання інтерференції та забезпечення вищого рівня надійності у передачі інформації. Найпоширеніші методи використання МІМО в мобільних сенсорних мережах враховують ці важливі аспекти для досягнення оптимальних результатів [3]:

- Просторове кодування (Space-Time Coding);
- Просторове мультиплексування (Spatial Multiplexing);

- Масивне MIMO (Massive MIMO);
- Частотне MIMO (Frequency MIMO).

Просторове кодування є методом, який забезпечує резервні копії даних, що передаються, та покращує якість передачі даних у мережі. Перевагами цього методу є зменшення впливу втрати даних на передачу та забезпечення більш високої надійності передачі даних. Однак, недоліком є погіршення пропускної здатності мережі. Просторове мультиплексування дозволяє використовувати кілька антен для передачі даних з різних потоків. Використання кількох антен дозволяє збільшити пропускну здатність мережі та зменшити інтерференцію. Перевагами цього методу є збільшення пропускної здатності мережі та зменшення інтерференції. Недоліком є менша надійність передачі даних.

Масивне MIMO використовує велику кількість антен для передачі та отримання даних, що дозволяє зменшити вплив шумів та інтерференції на передачу даних та забезпечує більш високу надійність передачі даних. Перевагами цього методу є забезпечення високої пропускної здатності та низької затримки передачі даних. Однак, недоліком є складність реалізації та високі вимоги до обчислювальних ресурсів [4].

Частотне MIMO використовується для забезпечення високої пропускної здатності та низької затримки передачі даних шляхом використання кількох частотних діапазонів. Перевагами цього методу є забезпечення високої пропускної здатності та низької затримки передачі даних, а також підвищення надійності передачі даних. Недоліком є збільшення вимог до обчислювальних ресурсів та складність реалізації.

Переваги	Недоліки
Покращена пропускна здатність	Високі вимоги до апаратного забезпечення
Зниження енергоспоживання	Складність реалізації
Покращення якості передачі даних	Обмеження покриття

Один з найбільш популярних прикладів використання MIMO в мобільних сенсорних мережах – це використання технології MIMO в стандарті LTE. У LTE використовується технологія просторового мультиплексування (Spatial Multiplexing), що дозволяє передавати дані на кількох потоках з використанням кількох антен базової станції та кінцевого пристрою. Це забезпечує високу пропускну здатність та ефективність передачі даних в мобільних мережах [5].

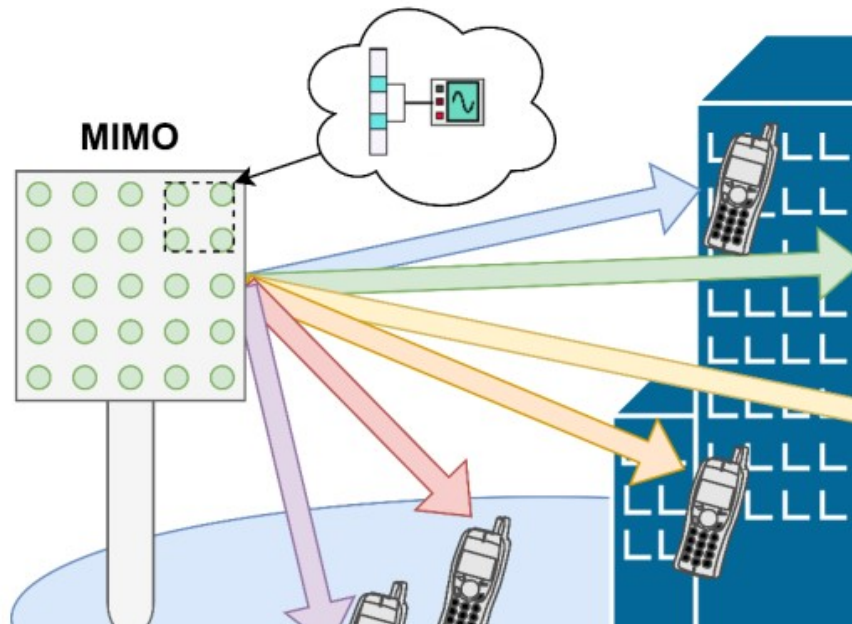


Рис. 1. Сценарій використання MIMO в 5G

У сучасних мобільних мережах також використовуються MIMO для забезпечення високошвидкісної передачі даних на високих частотах. Наприклад, технологія Massive MIMO використовується в мережах 5G для забезпечення високої пропускної здатності та зниження затримки

передачі даних. У мережах 5G Massive MIMO дозволяє використовувати більше антен на базовій станції та більшу кількість користувачів одночасно, забезпечуючи кращу якість обслуговування та швидкість передачі даних [4].

Ще одним прикладом використання MIMO є мережі Wi-Fi. Технологія просторового кодування (Space-Time Coding) використовується для забезпечення надійної передачі даних в мережах Wi-Fi. Зокрема, технологія MIMO використовується в стандарті Wi-Fi 802.11n, що забезпечує більш високу пропускну здатність та стабільність зв'язку у порівнянні зі стандартом 802.11b/g.

Також MIMO використовується в сенсорних мережах для забезпечення ефективної передачі даних з сенсорів до центрального вузла мережі. Наприклад, у мережах бездротового зчитування показників енергоспоживання (Wireless Smart Metering), MIMO дозволяє передавати дані з кількох сенсорів одночасно з використанням кількох антен базової станції, що забезпечує високу надійність передачі даних та ефективність мережі [5].

Все більш критичним параметром у мобільних мережах стає швидкість передачі даних. MIMO здатна забезпечувати передачу даних на великій відстані та з високою швидкістю, що дозволяє мобільним пристроям працювати з більшим обсягом даних та робити це швидко і ефективно. Крім того, MIMO може бути використана для поліпшення якості зв'язку, зменшення шумів та впливу інтерференції в мобільних мережах.

### Висновки

Отже, технологія MIMO є ключовим елементом у сучасних мобільних мережах, а особливо в мережах 5G. Вона дозволяє мобільним пристроям працювати з більшою кількістю антен та забезпечує ефективну передачу даних, що необхідно для нових високошвидкісних додатків, таких як відеоконференції та стрімінгові сервіси.

Можна зробити висновок, що MIMO є дуже ефективною технологією для покращення ефективності мобільних мереж. Вона забезпечує швидку передачу даних на великій відстані та підвищує якість зв'язку. У майбутньому, MIMO буде ще більш важливою для мобільних мереж, особливо в контексті розвитку нових високошвидкісних додатків та послуг.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Самолук І.А, Барась С.Т. Регенерація розширювального сигналу в пристрої кореляційної обробки Матеріали конференції LI Науково-технічна конференція факультету інформаційних електронних систем (2022), Вінниця, 2022. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-frtzip/all-frtzip-2022/paper/view/15303>.
2. Li, J., Zhang, Y., Chen, X., Li, K., & Li, X. (2017). Multiuser MIMO transmission in wireless sensor networks: A survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 19(4), 2655-2680.
3. Khan, M. A., Jeon, M., & Kim, K. (2019). A review of MIMO-based wireless sensor networks. *Journal of Network and Computer Applications*, 126, 33-47.
4. Abbasi, Q. H., Zhang, H., & Merabti, M. (2016). MIMO techniques for wireless sensor networks: a survey. *Wireless Networks*, 22(6), 1867-1888.
5. Lu, L., Li, G. Y., Swindlehurst, A. L., Ashikhmin, A., & Zhang, R. (2014). An overview of massive MIMO: Benefits and challenges. *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, 8(5), 742-758.
6. Nguyen, T. H., Nguyen, C. T., Nguyen, H. H., & Kim, Y. (2018). A survey of multiple antenna techniques in wireless sensor networks. *Sensors*, 18(9), 2847.

**Самолук Ірина Анатоліївна** — аспірант, спеціальності 172 - Телекомунікації та радіотехніка, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [tkp15b.samoliuk@gmail.com](mailto:tkp15b.samoliuk@gmail.com).

**Барась Святослав Тадіонович** — канд. техн. наук, професор кафедри інфокомунікаційних систем і технологій, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [barasst03@gmail.com](mailto:barasst03@gmail.com).

**Samoliuk Iryna A.** — graduate student, majoring in 172-telecommunications and radio engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [tkp15b.samoliuk@gmail.com](mailto:tkp15b.samoliuk@gmail.com).

**Baras Sviatoslav T.** — candidate. Sc., Professor of the Department of Infocommunication Systems and Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [barasst03@gmail.com](mailto:barasst03@gmail.com).