

СТРАТЕГІЇ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМ ТА МЕРЕЖ 6G

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

Досліджено функціональні характеристики та вимоги до мереж 6G, які дозволяють забезпечити надзвичайно швидкий та надійний бездротовий зв'язок для нових додатків та послуг, що потребують екстремальних швидкостей передачі даних, низької затримки та великої щільності підключення.

Ключові слова: система 6G, технологія ТГц-зв'язку, 3D-мережа, периферійний штучний інтелект, машинне навчання, глобальне радіопокриття.

Технології 6G є революційним етапом у розвитку мобільних мереж тому, що мережі 6G значно розширяють межі можливостей мобільного зв'язку та відкривають нові можливості для розвитку передових додатків та послуг, які будуть впливати на різні галузі суспільства. Ця революція стає можливою завдяки застосуванню нових технологій, включаючи роботу в терагерцовому спектрі, федеративне навчання, зондування зі стисненням, блокчейн, та інші інновації [1].

Мережі 6G надають відповідь на зростаючі потреби високошвидкісного зв'язку, надійності, низької затримки та великої щільності підключення для різних застосунків, включаючи розширену реальність, голографічну телеприсутність, спільне автономне водіння та інші. Важливо зауважити, що розвиток технологій 6G також вимагає вивчення великих кількостей даних, забезпечення безпеки та конфіденційності в цифровому середовищі, і інші складні завдання [2]. Така трансформація мобільних мереж дозволить суспільству взаємодіяти з технологією на більш глибокому рівні і створювати нові можливості для інновацій та розвитку. Мережі 6G матимуть велике значення для майбутнього розвитку інтернету речей (IoT), розширеної реальності, індустрії 5.0, і багатьох інших галузей. Робота над технологіями 6G є важливою для забезпечення доступу до передових інновацій у світі зв'язку та інформаційних технологій. Розглянемо основні характеристики та вимоги до мереж 6G. Мережі 6G плануються з піковою швидкістю передачі даних понад 1 Тбіт/с, що значно перевищує максимальні швидкості 5G. Однією з ключових характеристик є низька затримка, що не перевищує 0,1 мс. Це дозволить реалізувати застосунки в режимі реального часу, такі як розширена реальність і безпілотні транспортні системи. Мережі 6G забезпечать надзвичайно високу надійність і доступність, перевищуючи 99,99999%, що є критичним для критичних застосунків. Вимоги до щільності з'єднання будуть надзвичайно великими, понад 10^7 пристроїв на км², що дозволить підтримувати величезну кількість підключених пристроїв. Передбачено підтримку екстремальної мобільності до 1000 км/год, що сприятиме застосункам, таким як спільне автономне водіння. Використання ТГц-спектру є однією з ключових характеристик для досягнення високої швидкості передачі даних. Розширення діапазонів частот від 6,5 ГГц до ТГц розширює мережеві можливості. Зондування зі стисненням (compressed sensing) дозволить ефективно обробляти великі обсяги даних в мережі. Використання штучного інтелекту та федеративного навчання забезпечує підтримку нових додатків та послуг. Периферійний інтелект (Edge Intelligence) дозволяє обчислювальні задачі виконувати ближче до місця їх виникнення, що допомагає знизити затримки. Інтеграція з блокчейном забезпечує високий рівень безпеки та конфіденційності в мережах 6G. Мережі 6G здатні працювати в тривимірному просторі, що дозволить більш точно локалізувати пристрої та забезпечити нові можливості для розширеної реальності та інших додатків [3]. Дослідники та інженери у всьому світі активно працюють над розробкою технологій для майбутніх мереж 6G і визначення їх характеристик та вимог [4].

Технологія ТГц-зв'язку має потенціал забезпечити надзвичайно високі швидкості передачі даних в мережах 6G. Однак вона також володіє своїми унікальними викликами і обмеженнями, які потребують уважної уваги для розвитку та впровадження. Сигнали в ТГц-діапазоні мають

високу природну абсорбцію та розсіювання, що призводить до високих втрат сигналу при поширенні через повітря та інші середовища. Розробка кращих моделей каналів і методів зменшення втрат є критичним завданням. ТГц-сигнали мають обмежену здатність проникати крізь перешкоди та вимагають прямої видимості між передавачем і приймачем. Також ТГц-сигнали взаємодіють з атмосферними ефектами та об'єктами в середовищі, що може призвести до нестабільності сигналу. Розуміння цих ефектів та розробка компенсаційних стратегій є важливими завданнями. Для подолання цих викликів виконується активна робота над розвитком ТГц-технологій та покращенням антенних систем. Крім того, використання штучного інтелекту (AI) та машинного навчання (ML) дозволяє вирішити завдання автоматичної настройки та керування системами ТГц-зв'язку [3].

3D-мережі зумовлюють розширення телекомунікаційних радіомереж у всіх напрямках, включаючи не лише горизонтальний, але і вертикальний (вище та нижче землі). Це дозволить створити глобальне радіопокриття, яке може задовольнити потреби майбутніх додатків і забезпечити підтримку для різних висот та глибин. Розвиток і управління такими 3D-мережами вимагає застосування нових технологій та стандартів. Використання технологій ТГц-зв'язку, федеративного навчання, зондування зі стисненням, блокчейну відіграють важливу роль при впровадженні сучасних систем та мереж 6G [4].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. C. De Alwis, Kalla, A., Pham, Q.-V., Kumar, P., Dev, K., Hwang, W.-J., and Liyanage, M., "Survey on 6G frontiers: Trends, applications, requirements, technologies and future research," *IEEE Open Journal of the Communications Society*, vol. 2, 2021., pp. 836–886.

2. N.-N. Dao, Q.-V. Pham, N. H. Tu, T. T. Thanh, V. N. Q. Bao, D. S. Lakew, and S. Cho, "Survey on aerial radio access networks: Toward a comprehensive 6G access infrastructure," *IEEE Communication Surveys and Tutorials*, vol. 23, no. 2, 2021., pp. 1193–1225.

3. Васильківський, М., Коломієць, А., & Грабчак, Н. (2022). Дослідження функціональних параметрів інфокомунікаційних мереж 6G. *Вісник Хмельницького національного університету*, (6), 46–52. <https://www.doi.org/10.31891/2307-5732-2022-315-6-46-52>.

4. 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

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

Олійник Андрій Олегович — аспірант групи 172-22а, факультет інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: wolfend00@gmail.com

Крещенко Маріна Сергіївна — студент групи ТКС-22м, факультет інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: kreschenkomarina@gmail.com

IMPLEMENTATION STRATEGIES FOR 6G SYSTEMS AND NETWORKS

Abstract

The functional characteristics and requirements for 6G networks are investigated to provide extremely fast and reliable wireless communications for new applications and services that require extreme data rates, low latency, and high connection density.

Keywords: 6G system, THz communication technology, 3D network, edge artificial intelligence, machine learning, global radio coverage.

Vasykivskyi Mykola Volodymyrovych - 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

Oliinyk Andrii Olehovych — graduate student of group 172-22a, Faculty of Information Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: wolfend00@gmail.com

Kreshchenko Marina Serhiivna - student of group TCS-22m, Faculty of Information Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: kreschenkomarina@gmail.com