

ВИЗНАЧЕННЯ АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ РАДІОМЕРЕЖ

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто основи побудови телекомунікаційних систем та мереж з використанням технології 6G, які зможуть забезпечити доступ до нових функціональних можливостей та інформаційних послуг з врахуванням інноваційних бездротових технологій та методів штучного інтелекту. Визначено нові функціональні параметри та пристрої, зокрема новий спектр, нові канали, нові матеріали, нові антени, нові обчислювальні технології та нові кінцеві пристрої з врахуванням можливості одночасного використання ТГц-діапазону для зв'язку та процесу сканування. Розглянуто ключові показники ефективності майбутніх телекомунікаційних кінцевих пристроїв у складі інфокомунікаційних радіомереж 6G та визначено їх функціональні можливості.

Ключові слова: штучний інтелект, телекомунікаційний пристрій, інфокомунікаційна мережа, машинне навчання, віртуальний пристрій, ключовий показник ефективності.

Abstract

The basics of building telecommunication systems and networks using 6G technology, which will be able to provide access to new functionality and information services, taking into account innovative wireless technologies and artificial intelligence methods, are considered. New functional parameters and devices are defined, including new spectrum, new channels, new materials, new antennas, new computing technologies and new end devices, taking into account the possibility of simultaneous use of the THz range for communication and the scanning process. The key performance indicators of future telecommunication terminal devices as part of 6G information communication radio networks are considered and their functional capabilities are determined.

Keywords: artificial intelligence, telecommunication device, information communication network, machine learning, virtual device, key performance indicator.

Вступ

Стрімкий розвиток цифрового зв'язку протягом багатьох років можна охарактеризувати як наслідок значного прогресу в напівпровідникових технологіях. При наближенні до більш високочастотної частини спектру у рамках ТГц-діапазону в значній мірі починають використовуватись сучасні фотонні матеріали. Зокрема фотонні кристали дозволяють виготовляти оптичні компоненти з низькими втратами [1].

Бездротові революції, безумовно, неможливі без розробки передових технологій та революційних застосувань для них. В результаті виникають передумови для появи нового покоління бездротових технологій. Саме це сталося, коли відбулася конвергенція мобільного голосового та цифрового радіозв'язку та коли мобільний інтернет об'єднався з радіочастотною технологією підвищеної пропускної здатності, адаптованою до протоколу IP. Нова мережа 5G покликана зробити бездротовими всі канали зв'язку - як високонавантажені, так і надвисоконадійні, з'єднуючи все, чим ми користуємося, і прискорюючи цифрову трансформацію кожного бізнесу. Спираючись на фундамент 5G, бездротова мережа 6G передбачає повсюдну інтелектуальну революцію. Фактично апаратно-програмне забезпечення на основі 6G буде служити нейронною мережею в масштабі людства і сполучною ланкою між двома світами, фізичним та цифровим [2]. Штучний інтелект (ШІ), що базується на машинному навчанні, стане основою технології 6G, і в цій сфері наше суспільство повністю перейде від підключених людей та підключених речей до підключеного інтелекту. Інакше висловлюючись, бездротова мережа 6G націлена на надання послуги ШІ кожній людині, будинку та бізнесу, що, своєю чергою, призведе до появи загального інтелекту. З точки зору бездротових технологій нам вперше надається можливість відчувати навколишнє середовище та предмети, використовуючи радіохвилі бездротового зв'язку.

ку. Таким чином, крім передачі бітів даних, бездротова мережа 6G може служити як мережеві органи почуттів – сенсорів, які отримують знання і великі дані з фізичного світу в реальному часі. Ця отримана інформація не тільки матиме велике значення для покращення передачі даних, але й сприятиме машинному навчанню для служб ШІ.

Метою роботи є дослідження продуктивності телекомунікаційних радіосистем на основі інноваційних технічних засобів у складі інфокомунікаційних мереж 6G.

Результати дослідження

Досягнення технології напівпровідників типу III-V/кремній дозволили виконувати гетерогенну інтеграцію різних високопродуктивних компонентів, таких як електронні, фотонні, магнітні та графенові компоненти. Тому для забезпечення оптимальних характеристик необхідна комплексна платформа, яка була б одночасно компактною та дуже різномірною, а також вбирала б у себе всі згадані компоненти. Більше того, останні досягнення в галузі плазмонних технологій відкрили перспективи інтеграції плазмонних компонентів на кристал кремнію [1, 2]. Отже, оптимізована інтеграція гетерогенних компонентів на одній кремнієвій пластині може призвести до створення електронно-фотонної/плазмонної системи, здатної забезпечити високу продуктивність поряд з оптимальним балансом між вартістю, ефективністю та програмованістю, – системи для наступного покоління комерційних та промислових пристроїв ТГц-діапазону.

Інноваційні можливості засобів 6G радикально змінюють не лише конструкцію, а й роль мобільних пристроїв у нашому житті. При цьому, мобільні пристрої отримають такі можливості:

- сприйняття на рівні людини (необмежена смуга пропускання для візуального/звукового сприйняття на рівні людини та реалістичного спілкування між людьми [1]);
- сканування навколишнього середовища (можливість отримання мультиспектральних зображень з близької відстані [2] та високоточного позиціонування);
- взаємодія людини і кіберпростору (голографічні дисплеї для взаємодії людини з кіберсвітом [3]);
- збирання енергії (бездротова зарядка та одночасна бездротова передача інформації та енергії).

Для телекомунікаційного обладнання необхідна повна переробка апаратного забезпечення для вирішення проблеми вузьких місць у пам'яті, оскільки вони обмежують енергоефективність. Перспективним варіантом вирішення цієї проблеми є кремнієва фотоніка з використанням хвилеводів з низькими втратами для зменшення витрат енергії на переміщення даних.

Канальне кодування в системах 6G передбачає підвищення пікової швидкості передачі даних до значень Тбіт/с (сьогоднішня швидкість декодування даних eMBB становить 10–20 Гбіт/с), усунення помилок декодування блоку для URLLC та наближення показників декодування коротких блоків для mMTC до межі продуктивності кінцевої довжини [2]. На рис. 1 показані ключові показники ефективності, що досягаються за рахунок використання полярних кодів для каналів керування в системах 5G NR та кодами LDPC для каналів даних в системах 5G NR та рознесеного каналного кодування в системах 6G.

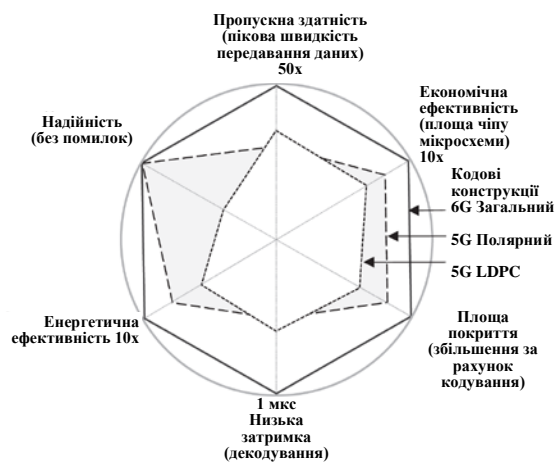


Рис. 1. Ключові показники ефективності використання каналів в телекомунікаційних системах передавання

Зростання попиту на підвищені швидкості передачі і меншу затримку означає, що збільшення но-

сійної частоти і ширини смуги пропускання стають дедалі важливішими під час розробки систем зв'язку. Дослідження архітектури систем терагерцового зв'язку базується на двох різних підходах побудови апаратного забезпечення: електронний, де радіочастоти множаться до ТГц; та фотонний, де оптичні частоти діляться до ТГц. Слід зазначити той факт, що більшість таких систем та мереж розробляються в основному для зв'язку на малих відстанях усередині приміщень, частково через високе атмосферне згасання в ТГц-діапазоні. Однак цього можна певною мірою уникнути, вибравши «вікно частот», в якому втрати в атмосфері низькі, наприклад 140, 220 і 300 ГГц.

Висновки

Завдяки технологічним досягненням нові пристрої будуть: розумнішими – смартфони стануть не лише потужнішими, а й отримають опцію доповненої реальності для автоматизації навколишнього життя. Обчислювальна потужність донедавна зростала відповідно до закону Мура, що сприяло розвитку штучного інтелекту та машинного навчання в останні роки. Крім того, успіхи, досягнуті у виробництві напівпровідників, відкривають шлях до більш високої обчислювальної продуктивності, кращої енергоефективності, меншого розміру мікросхем та підвищеної щільності розміщення транзисторів.

Збільшення продуктивності смартфонів зумовлює покращену реалізацію можливості штучного інтелекту. Тому, все більше смартфонів оснащується спеціалізованими вбудованими модулями нейронної обробки для обчислень зі штучним інтелектом. Алгоритми машинного навчання можуть використовуватися для виконання безлічі обчислювально-ресурсоемних завдань, таких як доповнена реальність, розпізнавання осіб та розпізнавання голосу та мовлення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. H. Wang, S. K. Gupta, B. Xie, and M. Lu, Topological photonic crystals: a review, *Frontiers of Optoelectronics*, pp. 1–23, 2020.
2. H. Xie, Z. Qin, G. Y. Li, and B.-H. Juang, Deep learning enabled semantic communication systems, *arXiv preprint arXiv:2006.10685*, 2020.
3. Dmytro V. Mykhalevskiy & Oksana S. Horodetska, 2019. "Investigation Of Wireless Channels According To The Standard 802.11 In The Frequency Range Of 5 Ghz For Two Subscribers," *Journal of Mechanical Engineering Research & Developments (JMERC)*, Zibeline International Publishing, vol. 42(2), pages 50-57, March.
4. H. Zhu, B. Smida, and D. J. Love, Optimization of two-way network coded HARQ with overhead, *IEEE Transactions on Communications*, vol. 68, no. 6, pp. 3602–3613, 2020.

Будаш Михайло Володимирович — аспірант групи 172-22а, факультет інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: mika@budash.dp.ua

Климчук Богдан Сергійович — студент групи ТКС-21м, факультет інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: turtleparachutist@gmail.com

Грбчак Назарій Віталійович — студент групи ТКС-21м, факультет інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: nazarii.hrabchak@gmail.com

Науковий керівник: **Васильківський Микола Володимирович** — кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інфокомунікаційних систем і технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Mykhailo Volodymyrovych Budash — graduate student of group 172-22a, Faculty of Information Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: mika@budash.dp.ua

Bohdan Serhiyovych Klimchuk — student of TKS-21m group, faculty of information electronic systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: turtleparachutist@gmail.com

Nazarii Vitaliyovych Hrabchak — student of TKS-21m group, Faculty of Information Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: nazarii.hrabchak@gmail.com

Supervisor: **Mykola Volodymyrovych Vasylykivskyi** — candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of the Department of Information Communication Systems and Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia