

## СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ МЕРЕЖ ЗВ'ЯЗКУ НАСТУПНОГО ПОКОЛІННЯ

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

### *Анотація*

*Здійснено аналіз розвитку мереж зв'язку п'ятого покоління 5G / IMT-2020 і основні фундаментальні зміни в розвитку мереж зв'язку наступного покоління.*

**Ключові слова:** 5G, IMT-2020, 3GPP, ультрамалі затримки, IMT, мобільна мережа доступу.

### *Abstract*

*The analysis of development of communication networks of the fifth generation 5G / IMT-2020 and the basic fundamental changes in development of communication networks of the next generation is carried out.*

**Keywords:** 5G, IMT-2020, 3GPP, ultra-small delays, IMT, mobile access network.

### **Вступ**

Очікується, що мережі 5G дадуть можливість ефективно і економічно запускати безліч нових послуг. Мережі 5G повинні створити екосистему для технічних і бізнес-інновацій [1]. Варто відзначити, що позначення «5G», зазвичай відображає технологічний етап мобільних мереж, в даному моменті на міжнародному рівні де-факто відображає нову еру мереж зв'язку і сервісів в цілому. Абревіатура 5G дається зазвичай консорціумом 3GPP (3rd Generation Partnership Project), проте в даному випадку, з огляду на безліч факторів (тенденцію розвитку технологій зумовлює потребу в нових сервісах), світова спільнота новому поколінню мереж зв'язку дала абревіатуру 5G / IMT-2020 року, де абревіатуру IMT-2020 закріпив Міжнародний союз електрозв'язку (МСЕ). На підставі міжнародних рекомендацій і стандартів можна зробити висновок, що концепція мереж зв'язку IMT-2020 або інакше мереж зв'язку п'ятого покоління, включає в себе цілий комплекс концепцій і технологій, а не тільки описує принципи і технології організації мобільної мережі доступу [2]. На даний момент в МСЕ-Т існує кілька дослідницьких груп, робота яких повністю присвячена вирішенню питань стандартизації в галузі технологій інфраструктури і сервісів 5G / IMT-2020.

Мережі зв'язку п'ятого покоління є гетерогенними, тобто об'єднують в собі різні мережі: від традиційних фіксованих мереж зв'язку загального користування і мобільних, до літаючих і сенсорних мереж [3]. Варто відзначити, що в англійській літературі такі мережі отримали назву HetNet (Heterogeneous Networks) [4]. Спочатку, властивість гетерогенності було помічено при дослідженні взаємодії систем тривалої еволюції (LTE) і сенсорних мереж. При цьому вийшло, що гетерогенність може бути використана для поліпшення якості обслуговування користувачів або пристроїв, які знаходяться, наприклад, на межі зони обслуговування базової станції. Це призвело до нового напрямку досліджень, а саме, вивчення перетворення радіального принципу побудови зони покриття базової станції в структури пористих мереж (англ. Mesh). Варто також відзначити, що очевидною властивістю такого типу мереж є їх більш надійна структура, ніж радіальна мережа. Основна особливість мереж п'ятого покоління зобов'язана появі концепції Інтернету Речей [3], які можуть бути підключені до мережі зв'язку і бути однозначно в ній ідентифіковані, в порівнянні з традиційними уявленнями про обсяг базових пристроїв в мережі. Відповідно до відомим прогнозом, [4] граничне число Інтернет Речей розглядається на рівні 50 трильйонів. Така кількість підключених пристроїв зумовлює високу щільність на одиницю простору. Тому, мережі 5G називають мережами з високою щільністю - надщільними мережами (Super High Dense) [3]. При цьому, в даних умовах з'являються нові архітектурні

підходи щодо організації взаємодії, а саме - D2D (Device-to-Device).

В рамках появи концепції Інтернет Речей, з'являється новий напрямок послуг, заснований на передачі тактильних відчуттів, що сформувало технологію Тактильного Інтернету, вимоги по затримці в яких становить 1мс, що в 100 разів менше, ніж для традиційних пакетних мереж зв'язку загального користування, побудованих у відповідності до концепції мереж зв'язку наступного покоління NGN (Next Generation Networks). Даному напрямку мереж зв'язку п'ятого покоління було присвоєно ім'я - «Мережі зв'язку з ультрамалих затримками». Однак, на основі багатьох наукових досліджень, співтовариство дійшло висновку, що на даний момент розвитку елементної і технологічної бази, таких показників складно досягти для надання подібного типу послуг нарівні з іншими. Однак, даний напрямок досліджень продовжує свій розвиток і плавно переходить до наступного покоління мереж.

Таки чином, можна зробити висновок, що мережі зв'язку п'ятого покоління зробили величезний ривок як на сервісному рівні (формує стек наданих послуг), так і на інфраструктурному рівні.

### Результати дослідження

Розвиток ІМТ передбачає розширення і підтримку різних сценаріїв використання і застосувань, що виходять за рамки сьогоденних можливостей ІМТ. Більш того, широкий спектр можливостей буде тісно пов'язаний з майбутніми сценаріями використання і застосуваннями.

На рисунку 1 показані деякі приклади передбачуваних сценаріїв використання ІМТ.

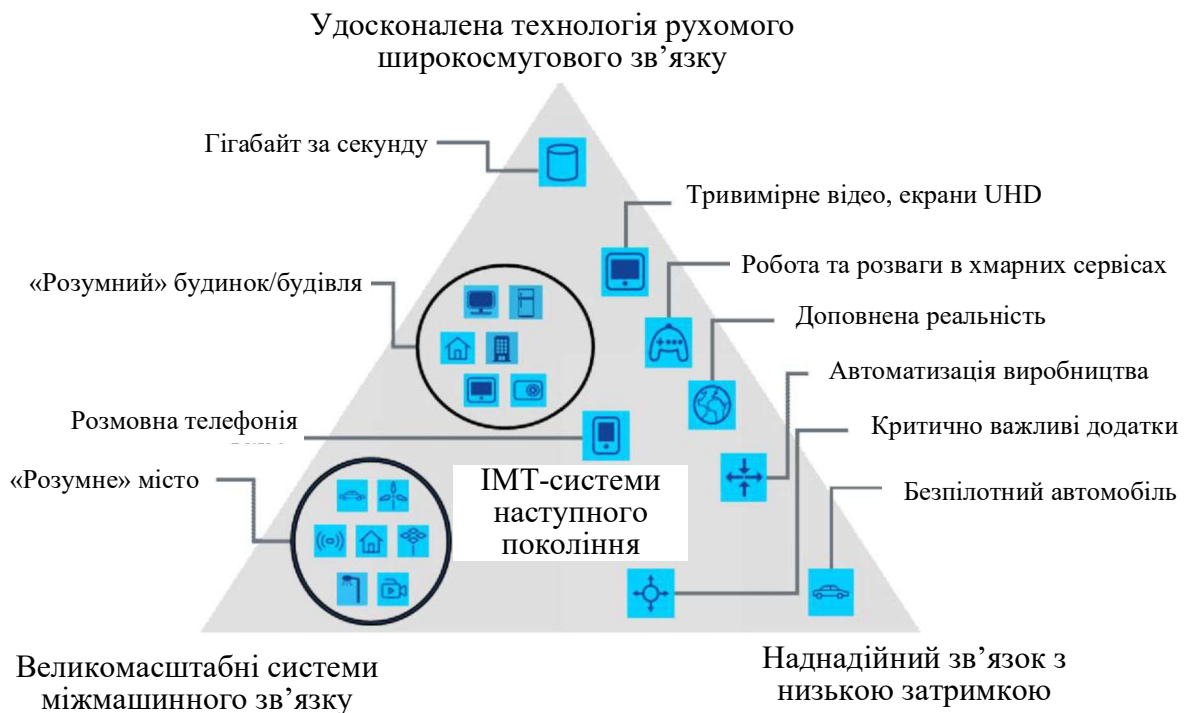


Рис. 1. Сценарії використання ІМТ

Планується широкий спектр функціональних можливостей, тісно пов'язаний з передбачуваними сценаріями використання і застосуваннями ІМТ-2020. Різні сценарії використання поряд з нинішніми і майбутніми тенденціями приведуть до появи множини різноманітних вимог. Ключовими принципами розробки є гнучкість і різноманітність, що дозволить відповідати різними сценаріями використання, щодо яких функціональні можливості систем ІМТ будуть по-різному актуальні і застосовні. Крім того, слід враховувати обмеження, що накладаються на енергоспоживання мережі і використання ресурсів спектра.

Системи ІМТ-2020 повинні володіти цими функціональними можливостями з метою забезпечення стійкості і доступності ІМТ-систем майбутнього, не викликаючи при цьому надмірного споживання енергії, а також зростання вартості мережевого обладнання і витрат на розгортання.

Ключові характеристики ІМТ-2020 на порівнянні з ІМТ Advanced показані на рисунку 2.

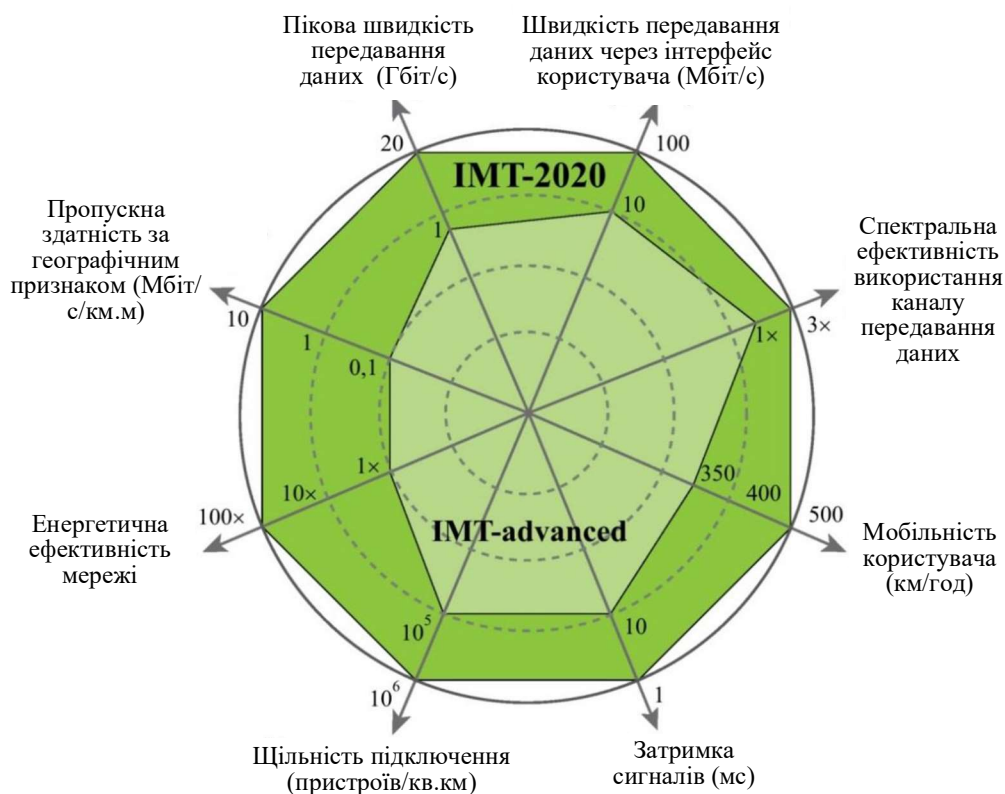


Рис. 2. Поліпшення ключових характеристик систем від IMT-Advanced до IMT-2020

Значення на наведеному рисунку є предметом дослідження і оцінки в застосуванні до систем IMT-2020 і можуть в подальшому доопрацьовуватися в інших Рекомендаціях МСЕ-R, а також можуть бути переглянуті в світлі майбутніх досліджень.

Очікується, що пікова швидкість передачі даних в IMT-2020 для систем вдосконаленого рухомого широкосмугового зв'язку досягне 10 Гбіт / с. Однак при певних умовах і сценаріях системи IMT-2020 зможуть підтримувати пікову швидкість передачі даних до 20 Гбіт / с, як показано на рисунку 2. IMT-2020 буде підтримувати забезпечення користувачам різних швидкостей передачі даних, охоплюючи широкий діапазон умов навколишнього середовища для систем вдосконаленого рухомого широкосмугового зв'язку. Для сценаріїв з широкими зонами охоплення, наприклад в міських і приміських районах, очікується, що швидкість передачі даних користувачам складе 100 Мбіт / с. Для сценаріїв з бездротовими точками доступу очікується, що швидкість передачі даних користувачам досягне більш високих значень (наприклад, 1 Гбіт / с всередині приміщень).

Очікується, що ефективність використання спектра буде в три рази вище, ніж у систем IMT-Advanced для вдосконаленого рухомого широкосмугового зв'язку. Досягне підвищення ефективності систем IMT-Advanced буде різним для різних сценаріїв (наприклад, може бути вище в п'ять разів, що є предметом подальшого дослідження). Очікується, що IMT-2020 буде підтримувати ємність трафіку на рівні 10 Мбіт / с / м<sup>2</sup>, наприклад, в сценаріях з бездротовими точками доступу.

Енергоспоживання мережі радіодоступу IMT-2020 не повинно перевищувати значень для IMT, що діють в даний момент, у міру того як характеристики системи будуть поліпшуватися. Енергоефективність мережі повинна бути підвищена як мінімум настільки, наскільки буде покращена пропускна здатність IMT-2020 щодо IMT-Advanced для вдосконаленого рухомого широкосмугового зв'язку.

IMT-2020 зможе забезпечити затримку передачі бездротових сигналів в межах 1 мс, що дозволяє надавати послуги, що вимагають надмалої затримки. Крім того, очікується, що IMT-2020 забезпечить високу мобільність (до 500 км / год), зберігаючи прийнятну якість обслуговування. Це стане особливо актуальним для забезпечення зв'язку в швидкісних потягах.

І нарешті, очікується, що IMT-2020 буде підтримувати щільність з'єднання до 10<sup>6</sup> / км<sup>2</sup>, наприклад, в великомасштабних мережах міжмашинного зв'язку.

Еталонні значення пікової швидкості передачі даних, мобільності, ефективності використання спектра і запізнювання для IMT-Advanced, показані на рисунку 3, отримані з звіту МСЕ-R М.2134.

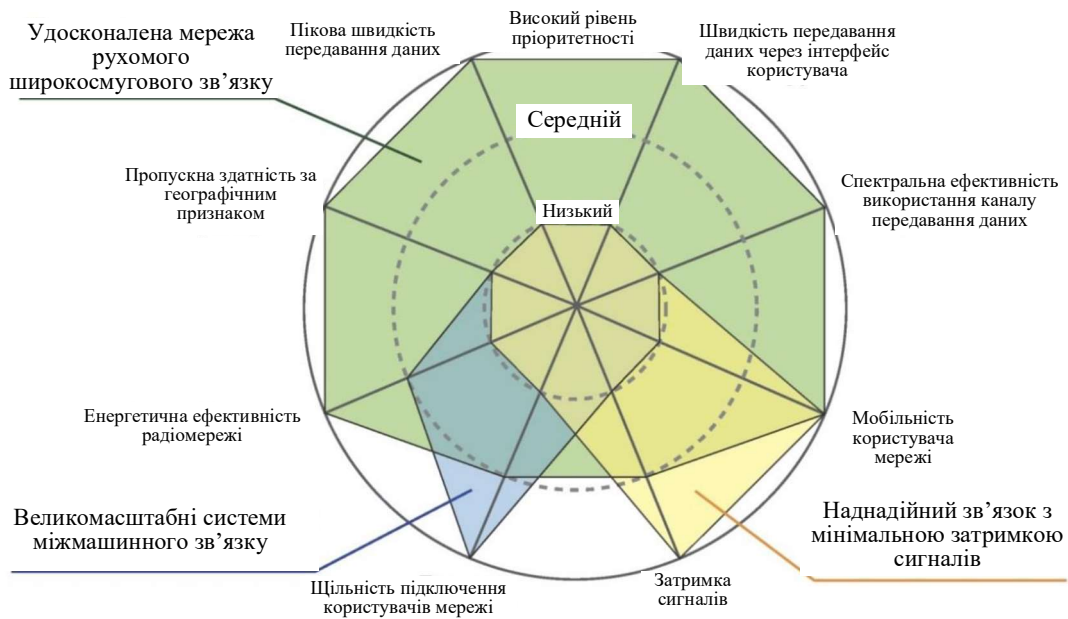


Рис. 3. Ключові характеристики в різних сценаріях використання

Для систем ІМТ-2020 можуть також знадобитися і інші характеристики, завдяки яким ІМТ-системи майбутнього стануть більш гнучкими, надійними і безпечними, надаючи різноманітні послуги з запланованим сценарієм використання.

Більшість характеристик мереж зв'язку 2030 будуть визначатися новими технологіями, які забезпечують широке впровадження цих мереж. Штучний Інтелект (або перші його версії прототипи) будуть інтелектуально керувати потоками трафіку, квантові комп'ютери дозволять терміналам користувача виконувати безліч нових трудомістких завдань [1], нанотехнології (наномережі, наномашини) зможуть відкрити світ зв'язку в нано вимірі і надати різні нові типи послуг зв'язку, крім того, концепція Індустрії 4.0 вийде на новий рівень і інші зміни, які на даний момент ще складно оцінити.

### Висновки

Розглянуто концепцію мереж зв'язку 2030 як наступного етапу розвитку мереж зв'язку, яка могла б послужити в свою чергу керівництвом для досліджень технологій 5G / ІМТ-2020. Були пояснені потенційні сценарії застосування технологій в мережах наступного покоління.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Владико А. Г., Мутханна А. С., Киричок Р. В., Волков А. Н., Маколкін М. А., Парамонов А. І. Програмовані мережі SDN: навчальний посібник. СПб.: Лигр, 2019. 120 с. ISBN 978-5-907207-41-7.
2. Бородін А. С., Кучерявий А. Е. Мережі зв'язку п'ятого покоління як основа цифрової економіки // Електровзв'язок. 2017. № 5. С. 45-49.
3. Iovanna P. and Ubaldi F. SDN solutions for 5G transport networks // In Photonics in Switching (PS), 2015 International Conference on. IEEE. 2015-го, September. pp. 297-299.

**Васильківський Микола Володимирович** — канд. техн. наук, доцент кафедри ТКСТБ, заступник декана факультету ІПЕН, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: mvasylkivskyi@gmail.com

**Самоліук Ірина Анатоліївна** — аспірант, спеціальності 172 - Телекомунікації та радіотехніка, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: tkp15b.samoliuk@gmail.com

**Варгатюк Ганна Леонідівна** — аспірант групи АС-20, кафедра ТКСТБ, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: annaantonuik@gmail.com

**Vasylkivskyi Mykola V.** — Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Telecommunication system and television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: mvasylkivskyi@gmail.com

**Samoliuk Iryna A.** — graduate student, majoring in 172-telecommunications and radio engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, tkp15b.samoliuk@gmail.com

**Varhatiuk Hanna L.** — Department of Telecommunication systems and television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : annaantonuik@gmail.com