

# ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ МЕРЕЖІ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

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

## *Анотація*

*Проведено аналіз концепцій сучасних і перспективних мереж зв'язку, в тому числі з огляду на довгострокові перспективи. Встановлено, що мережі наступного покоління володіють такими новими характеристиками, як «ультрамалі затримки», «наднадійний зв'язок», «занадто щільні мережі», що вимагає використання нових методів їх побудови.*

**Ключові слова:** 5G, ІМТ-2020, мобільна мережа доступу, штучний Інтелект, цифрова трансформація, ультрамалі затримки

## *Abstract*

*The analysis of concepts of modern and perspective communication networks is carried out, including in view of long-term prospects. It is established that the next generation networks have such new characteristics as "ultra-small delays", "super-reliable connection", "too dense networks", which requires the use of new methods of their construction.*

**Keywords:** 5G, IMT-2020, mobile access network, artificial intelligence, digital transformation, ultra-small delays.

## **Вступ**

Мережі зв'язку п'ятого покоління 5G / ІМТ-2020 і нові типи послуг є особливо актуальною темою досліджень останніх років, при цьому результатом досліджень і розробок світового масштабу став плавний перехід до концепції мікрохвильових мереж зв'язку. Даний перехід стався в зв'язку з великою кількістю нових типів послуг, заснованих на концепції Інтернету Речей. У свою чергу концепція Інтернету Речей сформувала приватні концепції, в рамках яких були створені власні вимоги до мереж зв'язку.

Міжнародний союз електрозв'язку виділяє три основних «кити» мереж зв'язку 5G / ІМТ-2020: масштабну міжмашинну взаємодію, високо-мобільний зв'язок і мережі зв'язку з ультрамалими затримками. В 2021 році можна стверджувати, що частина з даних напрямків вже в широкомасштабному форматі впроваджується і носить чисто прикладний характер, а саме міжмашинна взаємодія. Так званий тип з'єднання «машина-машина» вже переважає в мережах зв'язку над типом «людина-машина» і кількість підключених до мережі пристроїв перевищує кількість користувачів. При цьому гостро стоїть питання щодо реалізації другої, не менш важливої складової мереж зв'язку - мереж з ультрамалими затримками. Набір запропонованих концепцій послуг в даному напрямку вже плавно переходить на наступне покоління мереж зв'язку - мереж зв'язку 2030. Такі послуги, як телемедицина, в повній мірі, Тактильний інтернет, на жаль, в умовах поточних можливостей мереж зв'язку не реалізуються через обмеження як в швидкості передачі інформації, так і у внесених затримках на шляху проходження даних. Крім того, такий критерій, як надщільність мереж зв'язку вносить додаткові вимоги до методів побудови мережевої та обчислювальної інфраструктури. Надщільність є одною з ознак не тільки мереж 5G / ІМТ-2020 року, але і всіх наступних. Дійсно, вимога 3GPP щодо забезпечення необхідного рівня якості обслуговування і сприйняття при розміщенні 1 млн терміналів на 1 кв<sup>2</sup> / м принципово відрізняється від характеристик щільних мереж, існуючих в даний час. Відповідно до відомих прогнозів, граничне число Інтернету Речей оцінюється 50 трильйонів пристроїв, що може бути досягнуто в районі 2030 року [1].

На підставі вищезазначеного та безлічі існуючих до цього часу міжнародних рекомендацій і стандартів можна зробити висновок, що концепція мереж зв'язку 5G / ІМТ-2020 включає в себе цілий комплекс концепцій і технологій, а не тільки описує принципи і технології організації мобільної мережі доступу [2].

У той же час, на початок 2021 р ще не до кінця завершені роботи по стандартизації мереж зв'язку п'ятого покоління, і тому в Секторі Стандартизації телекомунікацій Міжнародного Союзу Електрозв'язку була створена спеціальна робоча група з дослідження і подальшої стандартизації покоління мереж зв'язку 2030. Даній робочій групі поставлено завдання проаналізувати основні тенденції в розвитку мереж зв'язку, які з'явилися сьогодні при роботах над концепцією і в процесі початку реалізації мереж 5G / ІМТ2020, і визначити основні характеристики і напрямки стандартизації мереж і послуг. Наприклад, як вже було вище зазначено, один із напрямів - Тактильний Інтернет (ТІ). І для реалізації ТІ були висунуті вимоги щодо затримки, яка не повинна перевищувати 1мс [3].

В даний момент паралельним «курсом» і при цьому безпосередньо впливає на розвиток мереж зв'язку і послуг є напрямок «Штучний Інтелект в мережах зв'язку». Тематика Штучного Інтелекту (ШІ) в мережах зв'язку в світі наукових досліджень з'явилася порівняно недавно і викликає все більший інтерес з боку як наукових робіт і проектів, так і бізнесу, і виробництва. Причиною великого інтересу до застосування технологій ШІ в мережах зв'язку є надія на вирішення безлічі складних завдань мереж зв'язку 5G і наступних поколінь [4]. Варто відзначити, що в Секторі Стандартизації МСЕ досить активно ведуться роботи по розробці рекомендацій в області ШІ в мережах зв'язку.

Метою роботи є дослідження методів побудови інфраструктури та надання послуг мереж зв'язку з використанням технологій Штучного Інтелекту.

### Результати дослідження

З приходом пакетної комутації, а потім вже технологій створення програмного забезпечення почався той «великий вибух» (технологічний вибух), наслідки якого ми маємо зараз. І як ми знаємо з фізичних основ «великого вибуху», розширення космічного простору не зупиняється досі, так і в технологіях мереж зв'язку. На даний момент вже ведеться підготовка «вузькоспеціалізованих» фахівців, в кожен область мереж зв'язку. При цьому, будь-який фахівець повинен зараз володіти знаннями не тільки в області мереж зв'язку, а й в області розробки і обслуговування програмного забезпечення [5].

Мережі зв'язку 5G / ІМТ-2020 стали однією з масштабних концепцій, прихід якої змінив не тільки усвідомлення можливостей передачі даних на поточних технологіях фізичної середовища, а й повернув в свідомості розуміння що таке послуга мереж зв'язку і що вона може дати користувачеві, оператору, державі, економіці. У сучасному світі бюджет ряду міжнародних ІТ-компаній може як окремо, так і в поєднанні з іншою такою ж компанією, посперечатися з обсягами бюджетів цілих країн і не тільки. Одним з цінних «капіталів», наявних у даних компаній, є увага і час людей-користувачів їх сервісів. В результаті дій деяких компаній в 2021 році, можна зробити висновок, що дані ІТ-компанії вже існують як окремі «держави», які ведуть політичні дії не тільки всередині країн, але і на міжнародному рівні. Всі ці глобальні зміни, не тільки в області кінцевих послуг користувачам, підвищення їх якості тощо, відбулися завдяки різкому зростанню технологій мереж зв'язку. Можна сказати, що в Інтернет просторі, де головним ресурсом, на даний момент, є - увагу користувача, створюються вже зовсім інші сутності, непідвладні законам фізичного реального світу. На одних тільки продажах уваги користувача будуються невловимі бюджети маркетингу і просування Інтернет-ресурсів. Тут же можна привести приклад появи криптовалюти і задіяні в них принципи блокчейна, віртуальних пристроїв Інтернету Речей, цифрових аватарів користувачів (очікуються в мережах зв'язку 2030), телепортації інформації, наномережі і інших, що здавались раніше утопічними ідеями фантастів [6].

Повертаючись до концепції цифрової економіки, суть якої можна виразити як забезпечення повної прозорості всіх фінансових і виробничих процесів, необхідно визначити, що для її повної реалізації потрібна реалізація в повному масштабі Інтернету Речей, і як в наслідок, мереж зв'язку 5G / ІМТ-2020 і мереж вже наступного покоління - мереж зв'язку 2030, які повинні будуть закрити питання, не вирішені в мережах п'ятого покоління і принести нові можливості. Таким чином, можна визначити, що мережі зв'язку 5G / ІМТ-2020 це не тільки нові технології в мобільних мережах (ядра / технологій радіозв'язку і т.п.), але і в опорних (ядро / агрегація / доступ) мережах, послуги. Варто також відзначити, що при зростанні трафіку, збільшення кількості типів послуг, що мають нові, набагато більш

жорсткі вимоги, в науковому та інженерному співтоваристві прийшли до розуміння необхідності впровадження технологій Штучного Інтелекту (ШІ). Під ШІ мається на увазі область математичного знання, що відповідає на питання машинного навчання і ефективної обробки Великих даних. Необхідність застосування даного класу технологій обумовлена потребою в ефективній обробці великої кількості метричних даних, зібраних моніторинговими системами мереж зв'язку і обчислювальними (хмарними) системами, на базі яких розгортаються і реалізуються сучасні послуги зв'язку. На основі цих даних, в мережах зв'язку 5G / ІМТ-2020 і в майбутніх мережах зв'язку будуть прийматися рішення про комутацію трафіку, його обробці і розподілу [7].

Мережі зв'язку 5G / ІМТ-2020 повинні створити екосистему для технічних і бізнес-інновацій [1]. Як вже раніше згадувалося, очікується, що мережі ІМТ-2020 дадуть можливість ефективно і економічно формувати безліч нових послуг. При цьому, варто зазначити, що позначення «5G» на міжнародному рівні відображає нову еру мереж зв'язку і сервісів в цілому, зокрема зміну в технологіях ядра мереж, принципів надання послуг і т.д. Аббревіатура «G» дається консорціумом 3GPP (3rd Generation Partnership Project), при цьому аббревіатуру ІМТ-2020 (International Mobile Telecommunications) використовує МСЕ-Т [2].

Штучний інтелект включає в себе широкий спектр областей знання, в якій в тому числі входить представлення знань, спрощення, планування, прийняття рішень, Машинне навчання, оптимізація, алгоритми. Всім відомий Тест Тьюрінга дає вичерпне визначення інтелекту, де комп'ютер повинен відповісти на деякі питання, сформовані людиною. Комп'ютер проходить тест, якщо дослідник не може визначити, чи була відповідь написана людиною або машиною (комп'ютером). Для того, щоб пройти тест Тьюрінга, комп'ютер повинен мати розширені можливості, такі як обробка мови, уявлення знань, автоматичне міркування, машинне навчання і комп'ютерний зір [3].

На сьогоднішній день технології штучного інтелекту позиціонуються як основні чинники, що стимулюють економічне зростання держав в сучасних умовах. Під цифровою трансформацією розуміються глибокі і всебічні зміни у виробничих і соціальних процесах, пов'язані з тотальною заміною аналогових технічних систем цифровими і з широкомасштабним застосуванням цифрових технологій. Цифрова трансформація охоплює не тільки саму виробничу діяльність, а й організаційні структури компаній і бізнес-моделей. Використання цифрової інформації і знань, сучасних інформаційних мереж є ключовим фактором виробництва для різних видів економічної діяльності. Ефективне застосування ШКТ виступає серйозною рушійною силою підвищення результативності та оптимізації структури економіки.

До 2025 року, як впливає з Звіту GIV 2025 [4] в світі буде налічуватися 40 млрд інтелектуальних пристроїв на базі штучного інтелекту і 100 млрд мережевих з'єднань, що сприяють переходу на цифрові технології в пріоритетних сферах - соціальній, виробничій та банківській. Ці два фактори серйозно скоротять потребу у використанні сховищ інформації, буде зроблена ставка на швидкий, безпечний і інтелектуальний обмін даними. В результаті щорічний обсяг глобальних даних досягне 180 млрд Тбайт, тобто в 20 разів більше, ніж сьогодні (9 млрд Тбайт). Середній обсяг використання даних в мережах мобільного зв'язку на користувача в день виросте приблизно в 30 разів - до 1 Гбайт [5].

Машинне навчання - це великий підрозділ штучного інтелекту, що вивчає методи побудови алгоритмів, здатних «навчатися».

В 2021 році використання інструментів Машинного навчання в задачах різних областей стало буденністю. У той же час, даний клас технологій, названих Штучним Інтелектом, тільки починає свій «шлях» модернізації та вдосконалення відомих моделей (бізнес, виробничих, технологічних). ШІ бере на себе «рутинні» функції, наприклад - роботи колцентра, ведення літака по заданому курсу, автопілот і так далі. В області моніторингу та управління в ШКТ завдання є більш трудомісткими, де необхідно враховувати, як мінливі характеристики мереж, вимог до послуг, безліч протоколів і підходів управління, так і динамічність користувачів і самих програмних систем. При цьому, одночасне спрощення мереж і систем зв'язку зі зростаючими вимогами і кількістю нових послуг, а також необхідною швидкістю прийняття рішень і знання про те, що буде в майбутній момент часу з системою, веде до неминучого впровадження керуючих систем на основі методів ШІ, що визначає актуальність виконаної роботи не тільки в даний момент часу, але і на найближче майбутнє.

## Висновки

Проведений аналіз концепцій сучасних і перспективних мереж зв'язку, в тому числі з огляду на

довгострокову до 2030 року перспективу. Було визначено, що мережі 5G / IMT-2020 і наступного покоління, мережі зв'язку 2030 володіють такими новими характеристиками як «ультрамалі затримки», «наднадійний зв'язок», «занадто щільні мережі», що вимагає розробки нових методів їх побудови.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Technical Specification. FG-NET2030 – Focus Group on Technologies for Network 2030. Network 2030 Architecture Framework. ITU-T, Geneva. – June 2020.
2. Recommendation Y.3174. Framework for data handling to enable machine learning in future networks including IMT-2020. ITU-T, Geneva. – February 2020.
3. Recommendation Y.3176. Machine learning marketplace integration in future networks including IMT-2020. ITU-T, Geneva. – September 2020.
4. Technical Specification ETSI TS 123 01 v16.6.0 Release 16. 5G. System architecture for the 5G System (5GS). ETSI, France. – October 2020.
5. Волков, А.Н. Идентификация трафика сервисов в сетях связи IMT-2020 и последующего поколения на основе метаданных потоков и алгоритмов машинного обучения / А.Н. Волков, А.Е. Кучерявый // Электросвязь. – 2020. – № 11. – С. 21-28.
6. Галимянов А.Ф., Галимянов Ф.А. Архитектура информационных систем / А. Ф. Галимянов, Ф. А. Галимянов. – Казань: Казан. ун-т, 2019. – 117 с
7. Волков, А.Н. Метод прогнозирования нагрузки на контроллеры SDN с помощью технологий Искусственного Интеллекта / А.Н. Волков, А.Е. Кучерявый // Электросвязь. – 2021. – № 2. – С. 31-38.

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

**Нікітович Діана Вікторівна** — аспірант, спеціальності 172-Телекомунікації та радіотехніка, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: diananikitovych@gmail.com

**Крещенко Марина Сергіївна** — студент групи ТКТ – 18б, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: kreschenkomarina@gmail.com

Науковий керівник: **Васильківський Микола Володимирович** — канд. техн. наук, доцент кафедри ТКСТБ, заступник декана факультету ІРЕН, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, 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

**Nikitovich Diana V.** — graduate student, majoring in 172-telecommunications and radio engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, diananikitovych@gmail.com

**Khreshchenko Marina S.** — student of TKT group – 18b, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, kreschenkomarina@gmail.com

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