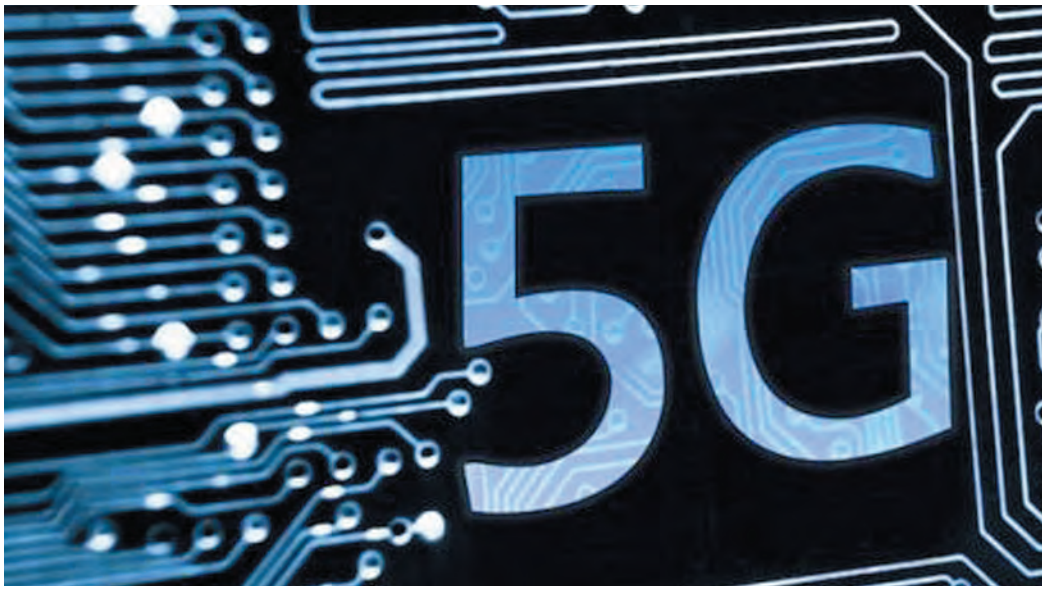
5G у світі: коронавірус не перешкода



Попри пандемію, зв'язок п'ятого покоління поширюється стрімко. А між тим вже прийнятий новий стандарт 5G, який відкриє ще більше можливостей.

Поки конспірологи ламають щогли 5G і нападають на інженерів, технологія неухильно розповсюджується планетою. На середину осені у світі вже понад сотня операторів запустили послуги п'ятого покоління, а загалом понад 400 компаній перебувають на різних стадіях впровадження – від випробувань і тендерів до будівництва мереж. Тим часом 3GPP прийняла наступну версію стандарту мобільного зв'язку – Release 16, яка вводить нові можливості й удосконалення (наприклад, одночасне підключення до кількох базових станцій) і взагалі робить зв'язок 5G ще надійнішим та ефективнішим.

У листопаді український уряд погодив план запуску 5G на наших теренах. Передбачається, що тендер на розподіл частот відбудеться в останньому кварталі 2021 року, а запуск мереж – у 2022-му. Покриття в кожному українському місті має з'явитися до 2025-го. Повідомлялося, що запуск 5G планують на частотах 700 МГц і 3,4–3,8 ГГц, причому, за словами заступника міністра цифрової трансформації з питань розвитку цифрової інфраструктури Олександра Шелеста, половина цього ресурсу вже доступна, а загалом аналізом РЧР для 5G має зайнятися спеціальна робоча група – власне, як було і з мобільним зв'язком попередніх поколінь.

Тим часом залишається стежити за тим, як це працює у інших. Наше видання дослідило, як відбувається розгортання 5G у світі, які можливості відкриває ця технологія і що цікавого принесе наступний стандарт.

Епідемія вандалізму

Рік для 5G починався бурхливо. Наприкінці січня, десь після появи перших випадків коронавірусу в США, з'явилася цікава теорія, що буцімто мобільні мережі сприяють поширенню захворювання. Конспірологи поділялися на два табори: одні вважали, що випромінювання 5G пригнічує імунну систему, роблячи людей більш уразливими, інші ж стверджували, що вірус якимсь чином передається через радіохвилі.

Потім вони заходилися нищити обладнання 5G. У Великобританії було зафіксовано майже 80 підпалів, у тому числі пошкоджено щоглу, яка забезпечувала зв'язком госпіталь ім. Найтінгел у Бірмінгемі (один з мережі тимчасових закладів, відкритих під час пандемії). Оператор ***BT*** повідомляв, що його працівники зазнавали фізичних і словесних нападів, а один навіть отримав ножове поранення. «Епідемія» підпалів швидко поширилась Європою, повідомлялось про знищення двох щогл у графстві Донегал, Ірландія, а у кіпрському Лімасолі об'єкт атакувало 18 людей. У Нідерландах відбулося 16 випадків, під час одного з них невідомі нашкрябали графіті з нецензурною лайкою на адресу 5G.

Хоча влада цієї країни зневажливо охарактеризувала ці події як «європейський чемпіонат з паління щогл», Всесвітня організація з охорони здоров'я була змушена оприлюднити комюніке, у якому наголосила, що вірус не поширюється через мобільні мережі; більш того, COVID-19 розповсюджується у країнах, де взагалі нема 5G. Американські ресурси повідомляли, що департамент внутрішньої безпеки цієї країни у травні розіслав попередження місцевим мобільним операторам, зазначивши, що були зафіксовані «підпали й руйнування стільникових веж» і на території США. Департамент радив встановити периметрові датчики й бар'єри, системи відеоспостереження і кіберзахисту, а також використовувати дрони для моніторингу з повітря. Також повідомлення були надіслані федеральним правоохоронним органам.

Між тим решта населення налаштована до 5G більш схвально. Як зазначено у червневому звіті ***Ericsson*** Mobility Report, 6 з 10 власників смартфонів вважають, що технологія могла б зіграти позитивну роль під час коронакризи, половина згодні, що 5G могла б забезпечити великі переваги для всього суспільства. Зокрема, в тому, що лікарі могли б віддалено керувати медичним обладнанням або робити ПЛР-тести, тим самим проводячи менше часу у заражених місцях. У середньому 16% опитаних користувачів у 5 європейських країнах і 41% в Індії та Китаї відповіли, що планують придбати нові смартфони з підтримкою 5G, коли криза спаде.

Опитування виявило, що користувачі 5G більше, ніж 4G, займаються різними справами онлайн (купують продукти через Інтернет, переглядають відео або грають в ігри). Також вони більш схильні вважати, що мобільний доступ важливіший за дротовий (так сказали 23% опитаних, а 48% назвали обидва способи однаково важливими).

Люди і мережі

А ось свіжі дані від Всесвітньої асоціації постачальників рішень для мобільного зв'язку (***Global Mobile Suppliers Association – GSA***). Станом на середину листопада 407 операторів у 129 країнах проводили випробування, знаходились у процесі отримання ліцензій, планування будівництво мереж 5G або вже запустили їх в експлуатацію. Загалом 146 операторів оголосили про впровадження технології 5G (такої, що відповідає стандартам 3GPP) на своїх діючих мережах, з них 122 оператори у 49 країнах запустили одну або декілька послуг 5G, 115 компанії надають послуги рухомого зв'язку, 40 – фіксованого. Ще 9 операторів поки впровадили обмежені послуги і віднесені до категорії «м'який запуск».

Цього року GSA почала окремо відслідковувати мережі 5G Standalone (SA), тобто такі, що повністю побудовані на архітектурі п'ятого покоління (мережі Non-Standalone, NSA, які поки є більш чисельними, спираються на існуюче пакетне ядро і площину управління LTE). Своєю чергою, мережі 5G SA можуть розгортатися за кількома сценаріями: поверх NSA, з нуля для надання послуг загального користування або як кампусна мережа урядової або приватної організації.

У серпні GSA нарахувала 47 операторів, які так чи інакше інвестували у публічні мережі 5G SA (випробування, планування, будівництво), і ще декілька займалися приватними мережами. Два оператори вже запустили 5G SA: ***T-Mobile*** в США (національна мережа, що працює на частотах 600 МГц) і ***RAIN*** в деяких районах Кейптауна (ПАР) для забезпечення фіксованого доступу. В Австралії компанія ***Telstra*** побудувала 5G і оголосила, що готова запустити мережу 5G SA, щойно на місцевому ринку з'явиться достатня кількість кінцевого обладнання, яке підтримує цей стандарт. На додачу 9 операторів планували запуски впродовж 2020 року.

Загалом понад 207 компаній отримали ліцензії на частоти 5G (понад 300 дозволів на окремі смуги). Більшість з них використовують С-діапазон (3300–4200 МГц): 178 компаній так чи інакше вкладають кошти у цей напрямок, 82 з них запускають або запустили послуги на цих частотах. 127 компаній працюють або планують працювати у міліметровому діапазоні (24 250–29 500 МГц).

Впродовж другого кварталу поточного року чисельність абонентів 5G подвоїлася і сягнула щонайменше 137,7 млн. Щоправда, це все ще лише 1,5% абонентської бази мобільного зв'язку. Для порівняння, підписок LTE налічується 5,5 млрд. Агентство ***Omdia*** прогнозує, що з 2022 року ринок LTE сягне піку у понад 6 млрд абонентів, а з 2023-го почне скорочуватись у міру того, як споживачі мігруватимуть на 5G. Хоча станом на 2025 рік технологія четвертого покоління все ще домінуватиме, на долю 5G буде припадати 30% підписок, як це показано на **рис. 1** (до категорії «інші» потрапили аналогові мережі, CDMA та різні нішові стандарти 2G, які ще подекуди використовуються).

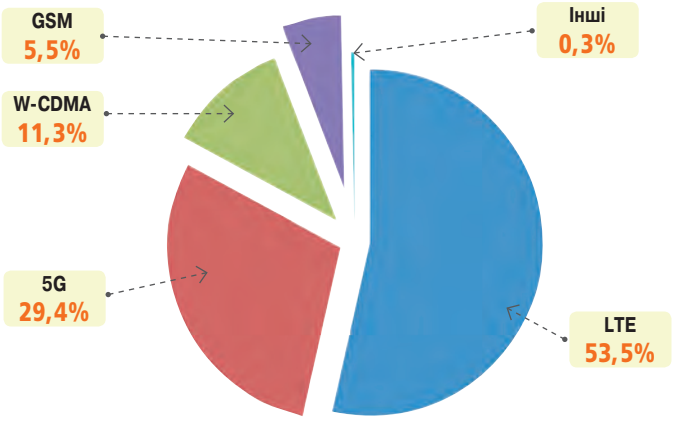


Рис. 1. Прогноз співвідношення кількості підписок мереж різних поколінь у 2025 році (дані Omdia via GSA)

У звіті Ericsson зазначається, що, попри непевність, викликану пандемією COVID-19, оператори продовжують переходити на 5G. Ericsson навіть покращив прогноз щодо зростання абонентської бази 5G, вважаючи, що до кінця року вона складе 190 млн. Головно це обумовлено більш швидкими, ніж передбачалося, темпами розвитку у Китаї. (Тут варто додати, що станом на липень трійка операторів Піднебесної встановила 480 тис. базових станцій 5G, практично виконавши річний план). Водночас для інших регіонів прогнози було знижено – зокрема, в Європі через карантин відкладено декілька аукціонів з продажу частот 5G, що призвело до сповільнення притоку абонентів. Загалом у Європі і Північній Америці передбачувані цифри на цей і наступний роки дещо зменшено, проте кінцеві прогнози на 2025-й рік залишаються незмінними. На той час у світі буде 2,8 млрд підписок 5G, покриття охопить до 65% населення планети, а в мережах 5G передаватиметься 45% усього трафіку мобільних даних.

Також Ericsson стверджує, що впродовж цього періоду абонентська база 5G зростатиме значно швидше, аніж LTE починаючи від 2009 року, коли були запущені перші мережі четвертого покоління (**рис. 2**). Це пояснюється раннім стартом у Китаї, а також більшою доступністю кінцевого обладнання.

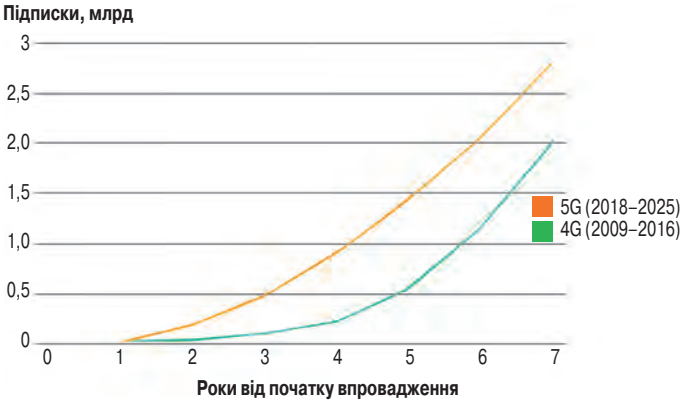


Рис. 2. Порівняння зростання абонентської бази 4G і 5G у перші роки впровадження (дані Ericsson)

Термінали 5G – здебільшого смартфони

Також на кінець листопада було загалом анонсовано 492 моделі кінцевого обладнання 5G, з них половина (якщо точно, 249) є у продажу. З травня нинішнього року кількість моделей комерційно доступних пристроїв подвоїлася. Майже половина з них – смартфони (всього 241, у продажу 169), друга за чисельністю категорія – це обладнання у приміщенні користувача (CPE): внутрішнього і зовнішнього монтажу (із 117 представлених щонайменше 39 у продажу). Всього у світі 34 виробники вже випускають або планують випускати смартфони з підтримкою 5G, CPE – відповідно 58 компаній.

Співвідношення різних типів анонсованого обладнання 5G показано на **рис. 3**. А взагалі їх налічується 20 типів, у тому числі дрони, роботи, телевізори, камери, торгові автомати тощо. GSA також змогла зібрати інформацію про діапазони, що їх підтримує більшість анонсованого обладнання. Як з'ясувалося, 79,5% пристроїв можуть працювати на частотах до 6 ГГц, близько 20% – у міліметровому спектрі, 15% підтримують обидва діапазони.

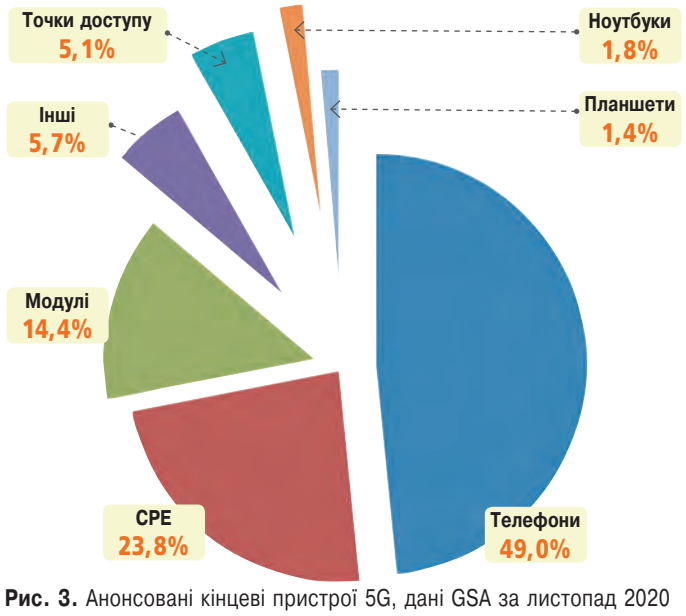


Рис. 3. Анонсовані кінцеві пристрої 5G, дані GSA за листопад 2020 року

Чіпсетів 5G також стає все більше, їх виробляють компанії ***Qualcomm***, ***Samsung***, ***Mediatek***, ***Huawei*** та ***UNISOC***. На вересень 2020 року GSA нарахувала у продажу 20 мобільних процесорних платформ і 8 модемів, а також ще два модеми, які поки недоступні. Найбільші заявлені пікові швидкості для цих модемів складають 7,5 Гбіт/с у низхідному напрямку і 3,67 Гбіт/с у висхідному.

Станом на серпень 39 виробників анонсували 153 пристрої, що підтримують 5G SA, з них 81 вже в продажу. Майже 73% цього обладнання припадає на телефони, решта – це здебільшого маршрутизатори і модулі для IoT. Проте серед решти 72 зразків, які ще не потрапили до магазинів, 42% – саме модулі, тоді як CPE і телефони займають відповідно 24% і 21%. Переважна більшість усього цього парку працює на частотах до 600 МГц, проте GSA очікує, що у наступні місяці асортимент обладнання з підтримкою mmWave зросте, оскільки регулятори у різних країнах стимулюють цей варіант для побудови приватних мереж 5G.

Помахай рукою ситхові

Для ілюстрації можливих застосувань 5G у звіті Ericsson наведено приклад американського оператора ***Verizon***, який уже два роки надає послуги 5G у міліметровому діапазоні. У жовтні 2018-го компанія запустила 5G у чотирьох містах як альтернативу дротовому доступу, метою цього проекту було оцінювання показників роботи мережі. Навесні 2019 року стартували мобільні послуги. Попервах компанія забезпечила покриття на міських територіях з великою щільністю користувачів (ділові райони, парки, архітектурні пам'ятки тощо). Окрему увагу приділяли спортивним та музичним об'єктам; на момент виходу звіту було покрито 17 стадіонів і 7 концертних залів; загалом же послуги доступні у 35 американських містах.

Приклад середніх швидкостей у двох містах США порівняно з 4G представлено на **рис. 4** (пікові величини у замірах становили відповідно 780,1 і 627 Мбіт/с). Впродовж цього року Verizon планує розширити покриття до 60 міст і збільшити кількість базових станцій уп'ятеро.

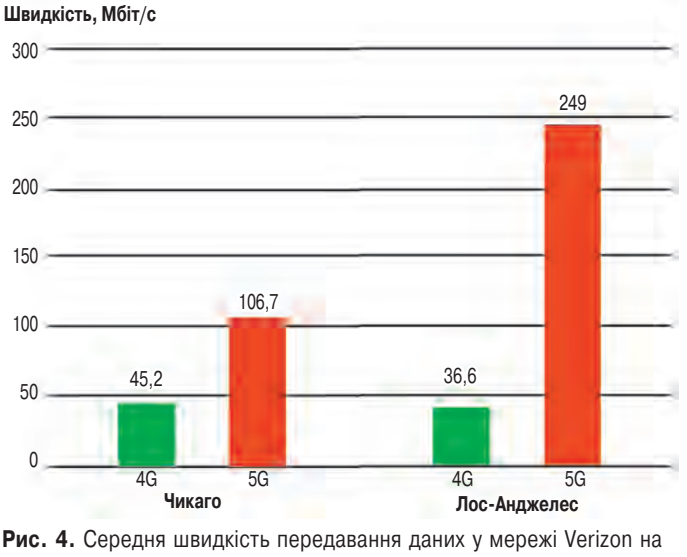


Рис. 4. Середня швидкість передавання даних у мережі Verizon на прикладі двох міст

Окрім того, оператор має намір збудувати майданчики мобільних крайових обчислень (MEC), які дозволять зменшити затримку для промислових застосунків, які зараз працюють через централізовану хмару, зі 100 до 20 мс. На додачу Verizon пропонуватиме скористатись цими майданчиками іншим компаніям, які зможуть передати ресурсномісткі обчислення з кінцевих пристроїв у MEC.

Для вивчення сценаріїв застосування 5G Verizon відкрив шість лабораторій у США і одну в Лондоні, там досліджують такі напрямки, як фінансові послуги, робототехніка, громадська безпека, індустрія розваг та інформаційні технології. Окрім того, оператор уклав угоди з різними компаніями з метою відпрацювання можливостей, які відкриває технологія у різних сферах.

Зокрема, спільно з ***Corning*** побудовано «завод майбутнього», де 5G використовується для автоматизації виробництва, контролю якості без участі людини і відстеження ланцюжків постачання у реальному часі. Також працюватимуть з автономним транспортом і інвентаризацією вантажів за допомогою камер. На базі медичної організації ***Emery Healthcare*** досліджуються такі напрямки, як навчання за допомогою віртуальної та доповненої реальності, дистанційна фізіотерапія, контроль за пацієнтом і моніторинг відділення екстреної допомоги.

Також Verizon співпрацює зі студією ***Walt Disney***: у 2019 році під час прем'єри фільму «Зоряні війни: Скайвокер. Сходження» була влаштована трансляція з червоної доріжки, під час якої студійні камери Disney вели зйомку, по 5G передавали відео високої чіткості у фургон, де продюсери додавали ці моменти у трансляцію. Також був збудований стенд з великим 3D-монітором, на ньому відображалися двоє штурмовиків ситхів, якими за допомогою технології захоплення руху керували живі актори, що перебували у студії Verizon на відстані декількох кілометрів. Дані передавались по 5G, завдяки низькій затримці фани могли взаємодіяти і навіть розмовляти з тими штурмовиками, що фактично створювало ілюзію занурення у фільм (**рис. 5**).

Рис. 5. Демонстраційний стенд Verizon на прем'єрі «Зоряних воєн» у 2019 році

Революційна ситуація в спорті, моді і логістиці

Якщо вести мову про розваги, то американський оператор AT&T спільно з телемережами ESPN і TNT влаштував серію інтерв'ю, приурочених до фіналів у конференціях NBA. Місцем їх проведення було обрано локацію NBA в парку Disney World, проте головною їхньою особливістю стало використання ***голограм***, які транслювалися по 5G. Учасники інтерв'ю – відомі баскетболісти і аналітики – фігурували у натуральну величину, вони сиділи або стояли, підтримуючи зоровий контакт, і загалом поводилися так, ніби були фізично присутні у студії. AT&T планує і в подальшому включати такі голо-інтервью у трансляції ігор, навіть коли потреба у соціальному дистанціюванні мине.

Не менш важливими можуть виявитися мобільні технології для модних брендів. Видання Vogue Business наводить приклади того, яким чином віддалений контакт по 5G сприятиме онлайн-шопінгу. Зокрема, це «трансляція цифрових людей у доповненій реальності»; наприклад, цим займається стартап ***HoloMe***, він створює образи у 3D-середовищі і у вересні спільно з Vogue випустив додаток, завдяки якому у помешканнях користувачів «з'являлась» сінгапурська модель Фіона Сі. Завдяки високій якості зображення, на якому можна розгледіти кожну ниточку, створюється ефект присутності, раніше доступний лише на реальних модних показах.

Інша компанія, Fashion Innovation Agency, працює в напрямку динамічного доповнення моделей і самого подіуму віртуальними елементами, причому все це має транслюватися онлайн. А сканер типу «лідар» (оптичний радар), яким зараз споряджаються топові моделі смартфонів, забезпечить ще більш контекстуальне доповнення – цифровий контент взаємодіятиме з реальним простором у цілковито природний спосіб. Такими експериментами займається сервіс Snapchat, рішення якого дозволять перетворити вітальню у демонстраційну кімнату модних речей.

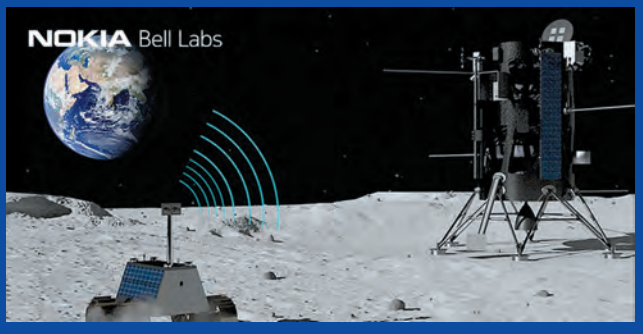
Аміт Гаутам, президент компанії ***Innover***, яка надає послуги консалтингу у сфері цифрової трансформації, пише у Forbes про те, як 5G змінить логістику. Вплив буде суттєвим, оскільки у той час як LTE дозволяє підключити до 10 тис. пристроїв на квадратну милю, 5G підтримує до мільйона. Понад те, якщо 4G витрачає енергію однаково на всі пристрої, 5G завдяки технології масованого MIMO забезпечує обслуговування індивідуальних пристроїв, що оптимізує як швидкість, так і покриття. Усе це відкриває нові можливості, зокрема, для вдосконалення сфери перевезень, адже транспортні компанії зможуть автоматично позначати усі вантажі і відстежувати їхній рух, а це розв'яже купу проблем, таких як втрата товарів, помилки у спрямуванні контейнерів, контрабанда і загалом неефективність ручного оброблення.

Як приклад оглядач наводить порт Ліворно (Італія), який щороку приймає близько 7 тис. кораблів і 36 млн тонн вантажу в еквіваленті 700 тис. стандартних 20-футових контейнерів. У 2016 році порт уклав угоду з Ericsson щодо створення інтегрованої мережі управління у контейнерному терміналі на базі 5G. Портова техніка (крани, навантажувачі) стала переважно безпілотною і керованою дистанційно через хмару. Оптимізація процесів розвантаження-завантаження і оброблення вантажів дозволила зменшити тривалість стоянки кораблів, завдяки чому

NOKIA ПОБУДУЄ МЕРЕЖУ 4G НА МІСЯЦІ

Компанія Nokia отримала замовлення від NASA щодо розгортання системи зв'язку 4G/LTE на поверхні Місяця. Про це стало відомо 14 жовтня, коли аерокосмічне агентство США оголосило переможців відбору за програмою Tipping Point, учасники якої мають розробити і продемонструвати технології, необхідні для дослідження і освоєння нашого природного супутника. В подальшому ці технології використовуватимуться у програмі Artemis, яка наразі передбачає висадку астронавтів на Місяці у 2024 році і створення у майбутні роки постійної бази на його поверхні.

Для свого проекту Nokia отримає $14,1 млн. Базову станцію буде доправлено на Місяць посадковим модулем, що його має збудувати компанія Intuitive Machines. За повідомленням дослідно-конструкторського підрозділу Nokia Bell Labs, мережа LTE використовуватиметься для таких цілей, як керування місяцеходами, навігація у реальному часі в процесі руху місячною поверхнею і потокове передавання відео у високій якості. Рішення, яке втиснуте у мінімально можливий формфактор, спеціально розроблене таким чином, щоб витримувати екстремальні температури, радіацію і перебування у космічному вакуумі, а також вібрацію під час запуску і посадки. Місія призначена для оцінювання можливості майбутнього повноцінного розгортання, у подальшому ж передбачається еволюція до 5G.



Базова станція LTE на Місяці (з Twitter-сторінки Bell Labs)

економія може сягати €2,5 млрд на рік. Понад те, завдяки скороченню часу роботи техніки зменшуються викиди CO_2 на 8,2%.

Технологія 5G також здатна автоматизувати складські операції. Як приклад Гаутам наводить британський онлайн-супермаркет Ocado, де, власне, для цієї мети використовується Wi-Fi. Усі продукти, що їх замовляють покупці, обробляються роботами, які збирають і пакують товари. Наразі ці роботи опрацьовують понад 3,5 млн одиниць товарів лише на одній локації, проте, коли постало завдання оптимізації процесів обробки, пакування і доставки продуктів, можливостей Wi-Fi забракло. Натомість внутрішнє дослідження показало, що завдяки використанню 5G збирання замовлення з 50 одиниць займатиме менше 5 хвилин.

Новий стандарт 5G

У червні 3GPP фіналізувала 5G NR Release 16 – другий із запланованих стандартів зв'язку п'ятого покоління, який додає нові можливості, функції і технології. Всі вони дозволять збільшити покриття і покращити характеристики зв'язку.

Одне з ключових удосконалень стосується множинного приймання-передавання (MIMO). Release 16 впроваджує підтримку 4×4 MIMO. Функція множинних точок приймання і передавання (multi-TRP) дозволяє пристрою одночасно підтримувати зв'язок з кількома базовими станціями, що підвищує надійність. Впроваджується покращене управління спрямованими променями (теж збільшує надійність каналу, що, зокрема, важливо для міліметрових частот), а також зменшене співвідношення пікового значення потужності сигналу до середнього.

Для застосувань, які потребують ще більш надійних з'єднань і чутливі до затримок (наприклад, безпілотний транспорт і автоматизовані збиральні лінії), впроваджено технологію скоординованого багатоточкового передавання (CoMP), яка, своєю чергою, базується на multi-TRP і забезпечує створення декількох резервних просторових з'єднань. Завдяки цьому може бути досягнута надійність на рівні 99,9999%.

Кілька нововведень стосуються покращення енергоефективності кінцевого обладнання. Зокрема, коли пристрій знаходиться у режимі економії, лише періодично вмикаючи приймач, новий сигнал побудки сповіщає його, очікується передача чи можна «спати» далі. Також неактивний пристрій може скоротити вимірювання потужності радіосигналу, якщо він маломобільний або знаходиться не на межі чарунок.

Оскільки однією з проблем впровадження 5G у міліметровому діапазоні є значне ущільнення базових станцій, до кожної з яких треба підвести оптичний кабель, запроваджено інтеграцію доступу і транспорту. Кожна БС зможе одночасно обслуговувати абонентів і передавати трафік в мережу. Завдяки цьому можна швидко додавати нові БС і вже потім підводити до них оптику, або ж розгортати тимчасове покриття (наприклад, під час масових подій або в районах стихійного лиха).

Також важливі новації, пов'язані з розширенням доступного частотного ресурсу. Використання неліцензованого спектру було запроваджене ще в LTE. Release 16 вводить два таких режими для 5G (NR-U): у першому неліцензовані частоти використовуються на додачу до «офіційних», у другому ліцензованих узагалі не потрібно. Причому дозволено заходити не лише в діапазон 5 ГГц (де працюють Wi-Fi і LTE LAA), але й у 6 ГГц.

Ще одне важливе нововведення – функція позиціонування за допомогою 5G. Заявлені цілі – забезпечити визначення положення з точністю до 3 м у приміщенні і до 10 м ззовні, для чого передбачені різні технології вимірювання з використанням як однієї, так і декількох базових станцій.

Це, звісно, далеко не всі речі, які описані у новому стандарті, їх там набагато більше. А між тим у світі вже проробляються ідеї для мобільного зв'язку шостого покоління, який узагалі обіцяє все перевернути догори дригом. Але це дуже далека перспектива.

Василь ТКАЧЕНКО, **Мережі та Бізнес**