

ОГЛЯД ОСНОВНИХ ВЕКТОРІВ РОЗВИТКУ РАДІОТЕХНОЛОГІЙ 5G ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОДНОЧАСНОГО ДОСТУПУ

Пристрої IoT сьогодні використовують широкий спектр бездротових технологій. Сюди входять технології короткого радіусу дії – WiFi, Bluetooth, ZigBee і Z-wave, а також технології широкого стільникового зв'язку – GSM, LTE і 5G. Також доступні альтернативні рішення, такі як технології малої потужності, що працюють у неліцензійному спектрі, зокрема LoRa та Sigfox. Мобільний трафік впевнено зростає, і цей тренд збережеться найближчим часом. Згідно з різними прогнозами, після 2024 року кількість трафіку, що обробляється системами мобільного зв'язку, перевищуватиме нинішні показники більш ніж у 100 разів. В статті розглянуто основні напрямки розвитку технології 5G.

Ключові слова: WiFi, Bluetooth, LoRa.

DENYS MAKARISHKIN., V. ZORYA, KOSTIANTYN HORIASHCENKO

Khmelnysky National University

OVERVIEW OF MAIN VECTORS OF 5G RADIO TECHNOLOGY DEVELOPMENT TO ENSURE SIMULTANEOUS ACCESS

The devices of IoT use the wide spectrum of wireless technologies today. Here technologies of short radius enter actions that use the unlicensed spectrum usually, for example WiFi, Bluetooth, ZigBee and Z - wave, and also technologies of wide cellular, that use the licensed spectrum, for example GSM, LTE and 5G. Also accessible alternative decisions, such as technologies of small-yield, that work in the unlicensed spectrum, in particular LoRa and Sigfox. Last years a mobile traffic grows confidently, and this trend will be saved in the near time. According to different prognoses, after 2024 the amount of traffic that is processed by mobile communication networks will exceed present indexes more than in 100 times.

There is of interest consideration of effective methods of management a traffic, related to the choice of radiotechnology both on the side of subscriber terminal, and directly by an infrastructural cellular network. As a result, a transfer of effective data rate rises and goes down amplitude of her vibrations, and middle spectral efficiency is kept here at acceptable level.

Self on itself off-wire co-operation «device - a device» is the important mode of functioning of the system not only for the transmission of mobile traffic in perspective networks, traditional users oriented to service but also for providing of wide circle of scenarios that arise up during realization of міжмашинної co-operation within the framework of conception of the Internet of things.

Keywords: WiFi, Bluetooth, LoRa.

Постановка питання

Зараз триває початкове розгортання комерційних стільникових мереж 5G. Впровадження 5G та Інтернету речей зумовлюється низкою факторів, зокрема збільшенням попиту з боку споживачів і підприємств, а також наявністю більш доступних пристроїв. Значні інвестиції операторів у технологію, спектр та інфраструктуру 5G разом із впровадженням глобальних стандартів також сприяють зростанню та підвищенню інтересу ринку до IoT.

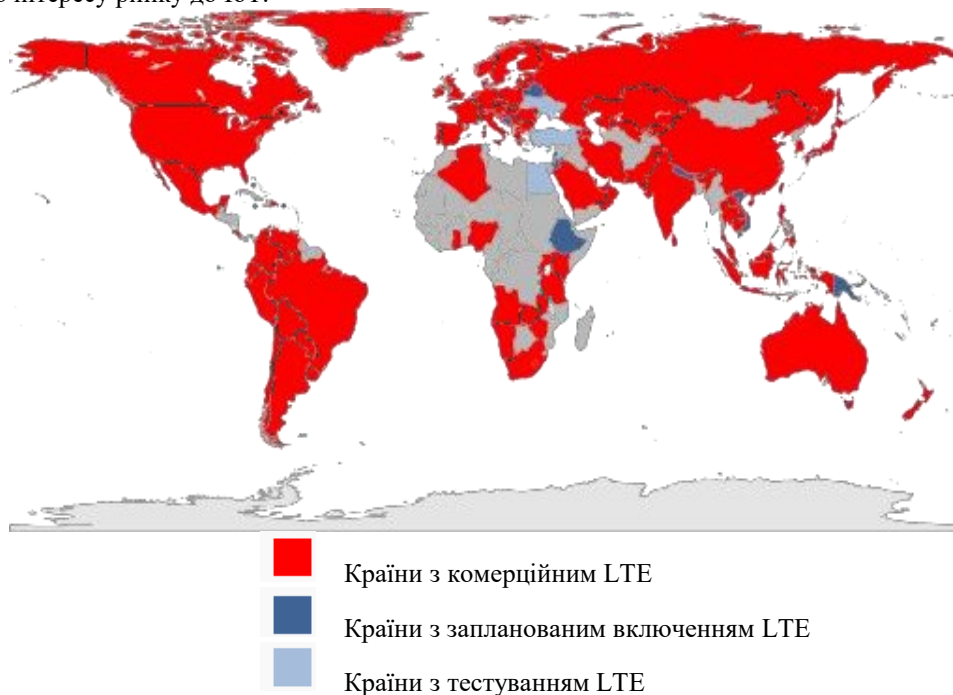


Рис. 1. Впровадження технології LTE станом на кінець 2016 р.

Мобільні стільникові мережі 5G, які розгортаються сьогодні, розвиваються з існуючих мереж 4G, які й надалі обслуговуватимуть багато випадків.

Пристрої IoT сьогодні використовують широкий спектр бездротових технологій. Сюди входять технології короткого радіусу дії, які зазвичай використовують неліцензійний спектр, наприклад WiFi, Bluetooth, ZigBee і Z-wave, а також технології широкого стільникового зв'язку, що використовують ліцензований спектр, наприклад GSM, LTE і 5G. Також доступні альтернативні рішення, такі як технології малої потужності, що працюють у неліцензійному спектрі, зокрема LoRa та Sigfox.

GSMA очікує, що 5G забезпечить високошвидкісний, надійний і безпечний мобільний широкопasmовий зв'язок із низькими затримками на ранніх етапах розгортання. З часом величезна кількість пристроїв IoT буде підключено до мереж 5G, забезпечуючи підтримку наднадійного зв'язку з низькими затримками. Комбінація 5G та бездротових передових технологій підтримуватиме вимогливі випадки використання, такі як автономне водіння, критичні за часом промислові виробничі процеси IoT та доповнена та віртуальна реальність (AR/VR).

Мобільні мережі Інтернету речей, які використовують стільникові технології LTE-M або NB-IoT, продовжують набирати популярність для додатків, які вимагають підключення до глобальної території (LPWA) з низьким рівнем енергоспоживання [1]. Станом на жовтень 2019 року мобільні оператори запустили 123 комерційні мережі LTE-M і NB-IoT. Ці мережі продовжуватимуть розвиватися та працюватимуть безперебійно як із існуючими мережами, так і з підключенням 5G NR (Нове радіо), рис. 1. З точки зору базової мережі, як існуюче ядро LTE (Enhanced Packet Core/EPC), так і нове ядро 5G (5GC) продовжуватимуть підтримувати еволюцію мобільного Інтернету речей у майбутньому.

Поточні проблеми та основні причини появи мереж 5G. Останніми роками мобільний трафік впевнено зростає, і цей тренд збережеться найближчим часом. Згідно з різними прогнозами, після 2024 року кількість трафіку, що обробляється системами мобільного зв'язку, перевищуватиме нинішні показники більш ніж у 100 разів [2].

Потокове відео, файлообмінні мережі та хмарні послуги будуть все більш затребуваними, стимулюючи збільшення швидкості передачі даних. У районах із щільною багатоповерховою забудовою необхідно буде забезпечити швидкість передачі даних у кілька Гбіт/с. Це забезпечить синхронізацію локальних сховищ з хмарними та мережними дисками, передачу відео надвисокої чіткості та підтримання роботи програм віртуальної та доповненої реальності.

В даний час у всьому світі працює понад 5 млрд мобільних пристроїв, підключених до мережі Інтернет. Згідно з прогнозами, кількість підключених пристроїв, що використовуються в розумних містах, розумних будинках та інтелектуальних енергомережах, перевершить кількість пристроїв у 10–100 разів [3]. На рис. 2 наведено порівняння середньої швидкості в технологіях 2G, 3G, 4G та Wi-Fi.

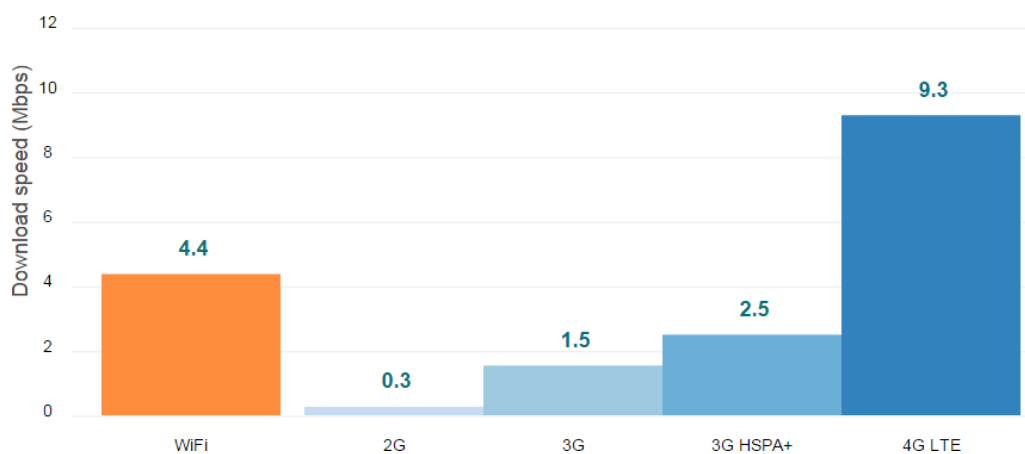


Рис. 2. Порівняння середньої швидкості у технологіях 2G, 3G, 4G та Wi-Fi

Очікувані шляхи розв'язку

1. Інтеграція різних технологій радіо доступу. Разом з місткістю мережі і швидкістю стільникового з'єднання, рівномірність мережевого покриття є важливим чинником, що впливає на якість обслуговування і сприйняття послуг користувачем.

Абонентські термінали, розміщені на краю стільники, зазвичай мають безпроводне з'єднання нижчої якості зважаючи на значну віддаленість від обслуговуючої їх базової станції, а також через підвищений рівень інтерференції. Надійність стільникового покриття усередині приміщень також залишається незадовільною.

Націлені на забезпечення більше однакового і безшовного з'єднання, перспективні системи 5G вимушені застосовувати агресивні механізми переиспользования спектрального ресурсу і просунуті засоби управління інтерференцією. Оскільки ці технології були запропоновані порівняно недавно, межі їх застосовності в практичних гетерогенних мережах ще не встановлені остаточно.

Іншим важливим аспектом є той факт, що стільникові системи в ліцензованому спектрі часто поєднуються географічно з мережами, що функціонують на неліцензованих частотах (наприклад, WiFi). З іншого боку, сучасні абонентські термінали придбавають можливість використання декількох технологій радіодоступу одночасно.

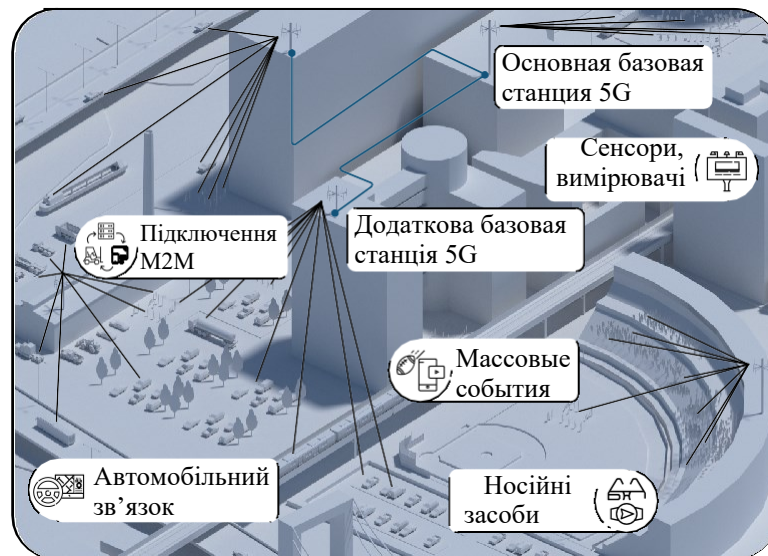


Рис. 3. Особливості перспективних гетерогенних мереж 5G

Усе зростаюча популярність таких пристроїв з підтримкою різних радіотехнологій дозволяє, зокрема, розвантажувати стільникові мережі за допомогою прямих з'єднань між пристроями в неліцензованому спектрі.

З урахуванням обмеженої смуги ліцензованих частот зростає необхідність в ефективній координації всіляких гетерогенних технологій радіодоступу. В зв'язку з цим розподілені мережі в неліцензованому спектрі можуть скористатися підтримкою з боку централізованих стільникових систем, що використовують ліцензовані частоти.

У міру того як скорочуються зони покриття малих сотів, ефективні радіуси дії стільникових, локальних і персональних мереж доступу починають значною мірою перекриватися. Ця обставина створює можливість одночасного використання декількох радіотехнологій для підвищення якості безпроводного зв'язку. Проте такому спільному використанню мереж доступу було приділено значно менше уваги, ніж оптимізації роботи окремих радіотехнологій.

Таким чином, інтеграція різних технологій радіодоступу стає важливим напрямом дослідження в мережах 5G, особливо у світлі тенденції до ущільнення стільникового покриття. В результаті безпроводні технології ближнього і далекого радіусу дії повинні взаємодіяти тісніше для досягнення бажаних показників якості обслуговування і прийняття послуги.

Представляє інтерес розгляд ефективних методів управління трафіком, пов'язаних з вибором радіотехнологій як на стороні абонентського терміналу, так і безпосередньо інфраструктурною стільниковою мережею. Як наслідок, підвищується ефективна швидкість передачі даних і знижується амплітуда її коливань, а середня спектральна ефективність зберігається при цьому на прийнятному рівні. Інтеграція різних технологій радіодоступу в надшільних гетерогенних мережах стає украй затребуваним напрямом досліджень не лише для підтримки безлічі традиційних сценаріїв мобільного зв'язку, але також для забезпечення перспективних застосувань Інтернету речей.

2. Використання прямого підключення пристроїв. Згідно з рядом прогнозів об'єми мобільного трафіку, що передається по безпроводних мережах зв'язку, продовжать істотно зростати упродовж подальших років. Відповідно, розгорнуті нині системи широкосмугового доступу будуть схильні до значних перевантажень, що викликаним недостатньою місткістю радіомереж і призводять до різкого зниження якості обслуговування їх користувачів.

Проте очікується, що істотного приросту в спектральній ефективності вдасться добитися при використанні прямого підключення абонентських пристроїв. Взагалі кажучи, застосування зв'язку «пристрій – пристрій» дозволяє кардинально підвищити міру переиспользования радіоресурсів в просторі. Зокрема, сусідні абонентські термінали можуть взаємодіяти безпосередньо, без залучення мережевої інфраструктури до процесу передачі своїх даних.

Взагалі кажучи, використання прямого з'єднання призначених для користувача пристроїв у рамках централізованої архітектури стільникової мережі стає новим напрямом для підвищення її спектральної ефективності. При цьому вважається, що за допомогою інтенсивної взаємодії між абонентськими терміналами можна досягти лінійного росту місткості системи зв'язку зі збільшенням числа задіяних пристроїв.

Ця обставина дозволяє значним чином підвищити доступну мережеву місткість в перспективних системах 5G. Проте цей напрям досліджень отримав недостатню увагу в наявній технічній літературі. Окремі відомі в цій області підходи не враховують в належній мірі безліч важливих чинників, таких як реальна архітектура мережі, практичні механізми забезпечення її роботи, а також характеристики безпроводного каналу зв'язку.

Для подолання обмежень, властивих наявним результатам, в роботі пропонується провести вивчення прямих з'єднань в перспективних мережах зв'язку 5G.

Слід звернути увагу на фундаментальні підходи до аналізу таких систем відносно їх просторово-часової динаміки, а також практичні методи управління вивантаженням трафіку з інфраструктурної стільникової мережі на з'єднання «пристрій – пристрій». Цей напрям роботи призводить до повнішого розуміння потенціалу гетерогенних мереж 5G, забезпечених функціоналом прямого підключення пристроїв, в плані їх доступної місткості, якості безпроводного покриття і надійності встановленого з'єднання. При проведенні відповідного дослідження слід використати математичний аналіз і імітаційне моделювання. Отримані відомості дозволяють розробляти практичні механізми розвантаження стільникових систем 5G за допомогою прямої взаємодії терміналів.

Таким чином, очікуваним результатом проведеного дослідження стає значне збільшення фактичної швидкості передачі даних, а також підвищення пікової швидкості обміну інформацією в порівнянні з аналогічними показниками в системах, позбавлених підтримки прямих з'єднань.

Саме по собі безпроводна взаємодія «пристрій - пристрій» є важливим режимом функціонування системи не лише для передачі мобільного трафіку в перспективних мережах, орієнтованих на обслуговування традиційних користувачів, але і для забезпечення широкого кола сценаріїв, що виникають при здійсненні міжмашинної взаємодії у рамках концепції Інтернету речей.

Література

1. The Mobile Economy 2018, GSMA Intelligence – <https://www.gsma.com/iot/mobile-iot-commercial-launches> – <https://www.iiotworldtoday.com/2017/09/20/top-20-industrial-iiot-applications/>
2. Сети 4G LTE и перспективы появления и развития сетей мобильной связи пятого поколения (5G). [http://tsonline.ru/articles2/reviews/seti-4g-lte-i-perspektivy-poyavleniya-i-razvitiya-setey-mobilnoy-svyazi-pyatogo-pokoleniya-\(5g\)](http://tsonline.ru/articles2/reviews/seti-4g-lte-i-perspektivy-poyavleniya-i-razvitiya-setey-mobilnoy-svyazi-pyatogo-pokoleniya-(5g))
3. Оссейран, А. Технологии мобильной связи 5G: анализ и перспективы / А. Оссейран // Первая миля. – 2013. – Вып. 5. – С. 16–21.

References

1. The Mobile Economy 2018, GSMA Intelligence – [https://www.gsma.com/iot/mobile-iiot-commercial-launches](https://www.gsma.com/iot/mobile-iot-commercial-launches) – <https://www.iiotworldtoday.com/2017/09/20/top-20-industrial-iiot-applications/>
2. Seti 4G LTE i perspektivy pojavlenija i razvitija setej mobil'noj svjazi pjatogo pokolenija (5G). [http://tsonline.ru/articles2/reviews/seti-4g-lte-i-perspektivy-poyavleniya-i-razvitiya-setey-mobilnoy-svyazi-pyatogo-pokoleniya-\(5g\)](http://tsonline.ru/articles2/reviews/seti-4g-lte-i-perspektivy-poyavleniya-i-razvitiya-setey-mobilnoy-svyazi-pyatogo-pokoleniya-(5g))
3. Ossejran, A. Tehnologii mobil'noj svjazi 5G: analiz i perspektivy / A. Ossejran // Pervaja milja. – 2013. – Vyp. 5. – S. 16–21.

Рецензія/Peer review : 17.11.2021

Надрукована/Printed : 30.12.2021