

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИМОГ ДО СТІЛЬНИКОВИХ МЕРЕЖ НОВОГО ПОКОЛІННЯ ТА МОЖЛИВОСТІ ЇХ РОЗГОРТАННЯ В УКРАЇНІ

Національний авіаційний університет

odarchenko.r.s@mail.ru
nastia.abakumova@gmail.com
nadin_dyka@ukr.net

Проаналізовано основні вимоги до нового покоління стільникових мереж, зокрема, було розглянуто принципово нову концепцію побудови мереж стільникового зв'язку - 5G, принципи їх проектування. Було проведено детальний аналіз даного покоління стільникових мереж. Також у даній роботі проведено аналіз розвитку стільникових мереж та перспектив впровадження нових технологій в Україні. Наведено прогнозні припущення щодо етапів стандартизації та розгортання стільникових мереж 5G

Ключові слова: стільникова мережа, 5G, мережа, домен, архітектура, покоління, віртуалізація

Вступ

Системи стільникового зв'язку, об'єднуючи в собі широкі можливості звичайного радіо- і телефонного зв'язку, стали життєво необхідною основою для розвитку ділової активності людей, удосконалювання системи керування державою й просто людського спілкування [1].

У зв'язку з розвитком технологій, з'являється все більше нових та вдосконалених мобільних пристроїв, які надають користувачам більше можливостей, тому з'являється необхідність у наявності високошвидкісного бездротового інтернет-з'єднання. Сучасні смартфони, планшетні ПК, ноутбуки та інші «розумні» пристрої надають користувачам нові можливості. Тому користувачі прагнуть отримати більш швидкісний зв'язок. Так, завдяки цьому, оператори мобільного зв'язку починають впроваджувати у свої мережі нові технології, які здатні надати користувачам необхідну швидкість з'єднання і при цьому забезпечити високу якість зв'язку.

Технології продовжують свій розвиток в напрямку до більш високої продуктивності і все більшої кількості можливостей. На додаток до існуючих техно-

логій радіо-доступу, з'являться також нові технології, які дозволять вирішувати ті завдання, які вирішити за допомогою 3G / 4G неможливо.

5G – нове покоління мобільних технологій, яке забезпечить необмежений доступ до мережі як для користувачів, так і пристроїв. Нова мережа повинна буде враховувати всі недоліки мереж попередніх поколінь.

Аналіз досліджень та публікацій

Існує велика кількість літератури, присвяченої проблемам розвитку стільникових мереж [10, 11]. Формуванню вимог до стільникових мереж нового покоління здебільшого присвячені аналітичні звіти вендорів [2, 7] та матеріали доповідей на різноманітних заходах [8]. Виокремити можна праці [9, 12, 13], які присвячені оцінці систем безпеки стільникових мереж. Проте питання щодо розроблення вимог до стільникових мереж нових поколінь досить слабо розроблене вітчизняними вченими, особливо в контексті можливості розгортання таких мереж в Україні, а тому представляє вели-

кий інтерес і обґрунтовує актуальність теми дослідження.

Постановка мети та завдання дослідження

З розвитком мобільних мереж і їх адаптацією до нових типів пристроїв і послуг – від інтелектуальних електролічильників, автомобілів і підключених побутових приладів до промислових об'єктів – до них висуваються нові і найрізноманітніші вимоги [2]. Тому метою даної роботи є дослідження та виявлення вимог до мобільних мереж нового покоління, визначення основних трендів, за якими мають розвиватись перспективні безпроводові технології на шляху до 5G. Також необхідно проаналізувати розвиток мереж нових поколінь в Україні та перспективність їх розгортання.

Виклад основного матеріалу дослідження

Стільникові мережі спочатку були розроблені для передачі голосу з використанням аналогових каналів передачі. З розвитком цифрових технологій і необхідністю в більшій кількості голосових каналів, в 1990-х роках з'явилися цифрові системи 2G [14, 15]. Цифрова передача включила нові послуги, такі як обмін текстовими повідомленнями і доступ до даних з комутацією каналів.

Послуги низької швидкості передачі даних, які забезпечували системи 2G не задовольняли потребу стільникового доступу в Інтернет. Це призвело до попиту на нові стандарти 3G, які еволюціонували, щоб забезпечити швидке обслуговування даних і більше можливостей для передачі голосу. Недавна (4G) система стільникового зв'язку LTE була розроблена, щоб забезпечити високу пропускну здатність і сервіс високої швидкості передачі даних для стільникових мультимедіа [10].

Якщо дивитися з історичної точки зору, кожен із стандартів стільникового зв'язку розвивався навколо набору ключових особливостей використання [1]:

- 1G – Голосові послуги

- 2G – Поліпшення голосового зв'язку і обміну текстовими повідомленнями

- 3G – Вбудований голос і доступний стільниковий Інтернет

- 4G – Висока пропускну здатність стільникового мультимедіа

Що ж до систем 5G, то це такий стандарт мобільних мереж, який виведе їх на принципово інший рівень. Запуск технології 5G зробить можливим необмежений доступ до інформації [2, 16].

Принципи проектування 5G

Мережа 5G – це нове покоління радіосистем і мережевої архітектури, яке буде представляти з себе максимальний широкосмуговий доступ, ультра-надійність, малий час затримки підключення і масивні мережі для користувачів та Інтернету речей [17].

5G буде набагато більше, ніж просто нова технологія радіозв'язку. Вона буде поєднувати в собі існуючі технології радіодоступу з новими, оптимізованими для конкретних смуг частот і розгортання мережі, сценаріїв і варіантів використання. 5G також буде використовувати принципово нову мережеву архітектуру, засновану на технологіях Network Function Virtualization (NFV) і Software Defined Networking (SDN) [18, 19]. Програмованість матиме ключове значення для досягнення гіпер-гнучкості, так як стільниковим операторам потрібно буде підтримувати нові вимоги зв'язку, що висуватимуться до них від широкого кола користувачів, пристроїв, компаній з різних галузей промисловості та інших організацій. Мережі 5G повинні бути програмованими, програмно забезпеченими і управлятися цілісно, щоб забезпечити різноманітний і вигідний спектр послуг.

На рисунку 1 показана еволюція стандартів стільникового зв'язку, на основі комунікаційних потреб людей і об'єктів [2]. "Нульова затримка – Досвід Gigabit" це те, що користувачі/об'єкти чекатимуть від 5G. Обидві частини – збільшення швидкості передачі даних і

скорочення часу очікування – не менш важливі.

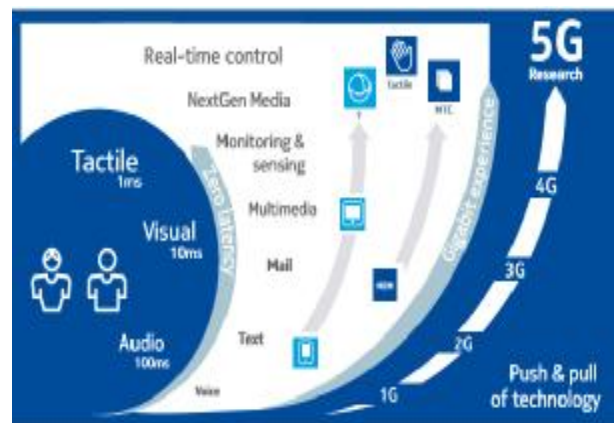


Рис. 1. Еволюція стандартів стільникового зв'язку

Звичайно, термін "нульова затримка", не означає відсутність затримки взагалі - це просто характеризує той факт, що 5G повинен забезпечити досить низькі затримки, а радіоінтерфейс не буде вузьким місцем, навіть для найскладніших випадків використання.

Система наступного покоління стільникового зв'язку не буде використовуватися тільки для одної людської взаємодії. Широкого розповсюдження набуває "інтернет речей". Пристрої будуть не тільки дистанційно керуватися і управлятися людьми, але й взаємодіяти один з одним. Тому Інтернет речей вимагає більш надійні канали зв'язку, але і більш низькі затримки в передачі [17].

Взагалі визначають п'ять ключових аспектів, які описують трансформацію сучасних комунікацій в епоху 5G (рис. 2) [2]:

- *Можливості* визначають нові вимоги, які повинна підтримувати технологія 5G і нові ресурси, які вона створить.

- *Універсальна радіосистема* досліджує різні технології радіодоступу, які в сукупності забезпечують ультра-гнучке підключення.

- *Система систем* визначає архітектуру мережі, яка буде необхідна, як вона буде підтримувати нові вимоги і

забезпечувати великий досвід і надійний захист, які очікують користувачі та підприємства з різних галузей.

- *Практичність* пропонує основні етапи розвитку 5G і як оператори зв'язку зможуть розгорнути мережі в найбільш ефективний спосіб.

- *Потенціал* описує, як нова комунікаційна ера 5G змінить повсякденне життя людей, різні галузі промисловості і весь бізнес стане провайдером зв'язку.

Найбільша різниця між 5G і успадкованими проектними вимогами є різноманітність сценаріїв використання, котрі мережі 5G повинні підтримувати в порівнянні з сучасними мережами, які були розроблені в першу чергу для забезпечення високошвидкісного широкосмугового стільникового зв'язку. Проте, 5G буде для людей і речей, які можуть бути широко розділені на три категорії використання [3]:

- Масивний широкосмуговий доступ, що забезпечує гігабайт трафіку за потреби;

- Максимальний зв'язок з пристроєм, що вимагає негайну eye-to-hand [20] зворотну синхронізацію для дистанційного керування роботами і забезпечення Tactile Internet [21];

- Широкомасштабний зв'язок з мільярдів сенсорів і пристроїв. Пристроєм, який забезпечує з'єднання

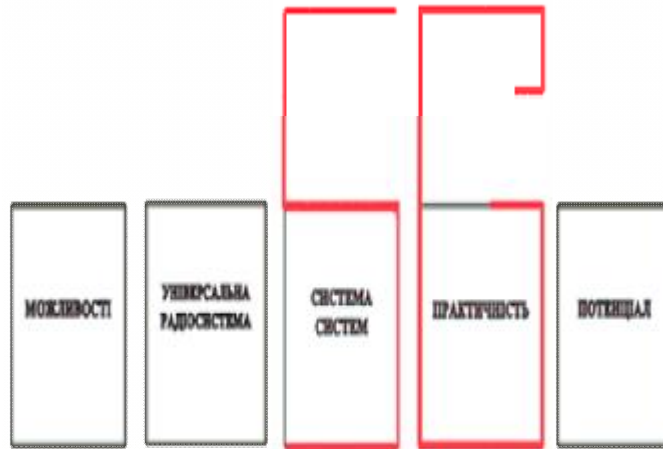


Рис. 2. Ключові аспекти, які описують трансформацію сучасних комунікацій в епоху 5G

Мережі будуть пізнавати і оптимізувати себе автономно. Всі частини мережі будуть хмарними, щоб використовувати існуючі ресурси найкращим чином. З більшим інтелектуальним розміщенням ближче до користувача і здатністю обробляти великі обсяги даних, продуктивність мережі можна буде прогнозувати і оптимізувати.

Ця мережева архітектура спричинить за собою повне використання відкритих програмних технологій, відповідність будь-якій галузі і більш тісне співробітництво з ІТ-гравцями. У той же час, органи по стандартизації та організації, такі як 3GPP і ETSI будуть продовжувати допомагати визначити найкращий стандарт 5G, забезпечуючи сумісність щодо радіо інтерфейсу, відповідного програмного забезпечення і архітектури управління мобільністю

Нове 5-е покоління стільникових пристроїв буде побудовано навколо двох основних принципів проектування, якими керуються всі вимоги і технічні рішення.

Ключовим принципом проектування мереж 5G є гнучкість, для підтримання

невдомих видів додатків, які неминуче виникнуть в майбутньому.

Ось деякі приклади:

- Масові передачі даних вимагають великих розмірів пакетів і багато виділених ресурсів;

- Нестационарні датчики потребують тільки невеликі розміри пакетів і рідкісні виділені ресурси, але в свою чергу, вимагають ефективний режим сну батареї;

- Гнучка адаптація до швидких змін трафіку у висхідній та низхідній лініях зв'язку;

- Потоківне відео вимагає узгодження затримки зі швидкістю передачі даних;

Системи зв'язку після 2020 року повинні бути досить гнучкими, щоб вмістити всі різні варіанти використання без збільшення складності управління.

Надійність ще один ключовий принцип проектування. Гнучка інтеграція різних технологічних компонентів буде рухати мережі від кращого стільникового ширококутового зв'язку в напрямку дійсно надійного зв'язку. Надійність це не тільки доступне оснащення, вона також включає в себе сприйняття нескінченної

пропускної здатності та покриття, котрі майбутні стільникові мережі будуть забезпечувати в будь-який час і в будь-якому місці. Це означає, що для всіх випадків використання і переважної більшості користувачів, необхідні дані будуть отримані у встановлений термін і не будуть залежати від технології, що використовується.

Вважаючи надійність ключовим принципом проектування 5G, впливає, що:

- вимога виражається в % користувачів, а не місця/покриття, тому що навіть надійна мережа повинна бути економічно ефективною для постачальників послуг;
- механізми компромісу між надійністю зв'язку (низький

рівень помилок пакетів), пропускну здатністю і/або затримкою введені в простий і ефективний спосіб;

- кілька мережевих шарів і технології радіодоступу використовуються для того, щоб забезпечити найбільш надійний зв'язок на основі потреб програми користувача, місця розташування і мобільності.

Останні вимоги епохи мереж 5G в 2020 році і за її межами сформували архітектурне бачення майбутньої мережевої архітектури “*Cognitive and cloud Optimized Network Evolution*” (CONE) (рис. 3) [2].



Рис. 3. Архітектура CONE

CONE включає в себе фундаментальні зміни з восьми мережевих доменів, як мобільних, так і фіксованих, та поєднує в собі топологічне уявлення радіодоступу і базових мереж з функціональною архітектурою з точки зору мережевих функцій.

1. Когнітивний домен. Когнітивний домен збирає дані і події з мережі та, при необхідності, з зовнішніх джерел, таких як соціальні мережі. Ці дані

можуть бути оброблені в режимі реального часу, щоб витягти відповідну інформацію, а також зберігатися в автономному режимі для подальшої обробки.

2. Домен для надання послуг. Використовуючи SED, оператори можуть дозволити керувати і безпечний доступ до їхніх мереж уповноваженим третім особам, що дозволяє їм впроваджувати інноваційні, пізнавальні програми та сервіси для стільникових споживачів, підприємств і вертикальних сегментів.

3. Домен обміну даними. Shared Data Domain (SDD) виступає в якості загального сховища даних для забезпечення загального доступу до даних для додатків з різних доменів оператора.

Крім забезпечення гнучкого доступу до даних, SDD також має механізми забезпечення безпеки і конфіденційності, щоб гарантувати, що тільки авторизовані додатки мають доступ до захищених даних. Аутентифікація і авторизація, а також обмеження доступу до людей, забезпечує безпеку і конфіденційність даних.

4. Програмне забезпечення пристроїв докільця. В архітектурі CONE всі фізичні ресурси, необхідні для реалізації будь-якого елемента мережі, віртуалізовані і запропоновані "як послуга". Всі мережеві функції і сервіси будуються з програмного забезпечення, наприклад: сховище абонента, голосовий сервер, LTE-SW, функціональність SON, і багато інших.

5. Віртуалізація. Віртуалізація є ключовим фактором для бездротової мережевої архітектури наступного покоління. Віртуалізація може поліпшити адаптивність, гнучкість і масштабованість IT-середовища і суттєво знизити витрати.

6. Мережа радіодоступу. Нова 5G мережа буде інтегрувати існуючі та нові технології на доповнення LTE. 5G включатиме в себе існуючі системи, такі як LTEAdvanced і Wi-Fi, в поєднанні з революційними технологіями ультра щільного розгортання, зв'язком з пристроями, високою надійністю зв'язку та мінімальними затримками.

Massive Multiple-Input and Multiple-Output (MIMO) буде використовувати новий і розширений спектр в см і мм діапазонах довжин хвиль. В мережі 5G, MIMO зможе працювати в режимі 8x8.

7. Взаємодія та управління. У повністю хмарній мережі існує кілька рівнів і типів взаємодії. Вони включають в себе послуги взаємодії для послуг, розроблених оператором і назначених кори-

стувачам; управління хмарних послуг і наявних ресурсів.

8. Безпека та конфіденційність. Вкрай важливо вжити заходів для захисту мережі від загроз. Ці загрози повинні бути хутко виявлені, з швидкою дією, щоб зменшити їх вплив. Основні принципи, на яких заснована безпека і конфіденційність архітектури, постійна пильність; збільшення автоматизації збору даних, аналізу і реагування; та оцінка загроз, які перебувають за межами мережі.

Розвиток нових поколінь в Україні

У 2015 році Україна нарешті розпочала запроваджувати довгоочікувану 3G мережу [10], але все ж таки наша країна на 14 років відстає від інших країн. У Японії, Південній Кореї та Євросоюзі перехід на "третє покоління" почався в 2001 році. А у 2011 році запровадили 4G мережу.

На даний час в Україні швидкими темпами впроваджується мобільний зв'язок за стандартом UMTS HSDA+, що належить не просто до третього покоління, а до так званого 3.75G. Відповідно, логічно постає питання про майбутній перехід на 4G. Однак деякі експерти пропонують відразу перейти на 5G, тобто перестрибнувши 4G.

Згідно з прогнозом Ericsson Mobility Report щодо розвитку мобільних технологій, у світі, очікується, що кількість абонентів, які використовують LTE, зрівняється з кількістю 3G-користувачів у світі аж у 2020 році. [4]

Вважається, що 5G отримає серйозну частку на ринку років за п'ять. А так як на разі не буде достатньої кількості пристроїв, які зможуть підтримувати нову мережу, в найближчий час цю технологію в Україні запровадити не зможуть. Тому, мабуть, доцільніше запускати LTE, тим більше що для цього є всі передумови. Зокрема, Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації (НКРЗІ) створила робочу групу, в результаті роботи цієї групи є впровадження LTE до кінця 2016

року, а наприкінці 2017 року вже планують приступити до видачі нових ліцензій. Також у липні 2015 року президент України Петро Порошенко підписав указ про запровадження 4G в Україні. Впровадження зв'язку «четвертого покоління» планується почати в 2017 році [5].

Натомість у світі ситуація трохи відрізняється. Зокрема, у лютому ЄС і Бразилія уклали угоду про розвиток 5G, тоді як відповідна мережа п'ятого покоління у Стокгольмі й Талліні запрацює до 2018. У січні дослідження в галузі зв'язку 5G розпочав Китай. Відповідно до планів, перші комерційні 5G-мережі запрацюють, в тому числі в Китаї, орієнтовно у 2020 р. [6].

Висновок

Таким чином, можна сміливо стверджувати, що 5G технологія стане новою мобільною революцією на ринку мобільного зв'язку. Нові мережі будуть орієнтовані на істотне поліпшення характеристик в тому числі на якість обслуговування.

Можна сказати, що ті вимоги, які користувачі пред'являють до мереж мобільного широкопозомового доступу насамперед стосуються продуктивності. Розвиток сучасних мереж прагне до того, щоб в майбутньому доступ до даних здійснювався миттєво, а надання послуг відбувалося без затримок і не переривалося через ненадійність зв'язку. Стільникові мережі 5G будуть зосереджені на якість обслуговування клієнтів і повинні бути побудовані навколо потреб користувачів.

Нажаль, наша країна поки відстає від інших країн з розвитком мобільних технологій, тому було визначено, що LTE є найбільш перспективною технологією для розгортання в Україні в даний час.

Список літератури

1. Мережі стільникового зв'язку. Навчальний портал НУБіП [Електронний ресурс] – електронні текстові дані – Режим доступу: <http://elearn.nubip.edu.ua/mod/page/view.php?id=23714>

2. Технологии мобильной связи пятого поколения (5G)/ ERICSSON. Аналитический доклад – 284 23-3204 Uen | Июнь 2013 г. – 10 стр. [Електронний ресурс] – електронні текстові дані – Режим доступу:

https://www.ericsson.com/res/region_RECA/docs/whitepapers/wp-5g-ru.pdf

3. Питання створення національної мережі мобільного зв'язку державних органів. Журнал “Wireless.ua” – [Електронний ресурс]– електронні текстові дані –Режим доступу:

<http://www.wireless.ua/1649-pitannya-stvorenniya-nacionalnoyi-merezhi.html>

4. Герман Богапов Стрибки через G: 3G–4G–5G – [Електронний ресурс]– електронні текстові дані –Режим доступу:

<http://gazeta.dt.ua/business/stribki-cherez-g-3g-4g-5g-nishoviy-mobilniy-zv-yazok-5g-ne-zaminit-soboyu-4g-optimizovane-dlya-pokrittia-znachnih-teritoriy-.html>

5. На Украине не хотят внедрять 5G без перехода на 4G – [Електронний ресурс]– електронні текстові дані –Режим доступу: <http://www.macdigger.ru/iphone-ipod/na-ukraine-xotyat-vnedrit-5g-bez-perexoda-na-4g.html>

6. Япония запустит 5G зв'язок у 2020 – [Електронний ресурс]– електронні текстові дані –Режим доступу: <https://www.rbc.ua/ukr/news/poniya-zapustit-svyaz-5g-2020-1465221969.html>

7. Understanding 5G: Perspectives on future technological advancements in mobile. ANALYSIS / GSMA Intelligence – December 2014 26 p.

8. Тихвинский В.О. Возможности технологии 5G для создания сетей широкополосного беспроводного доступа в малых и средних населенных пунктах / Региональный семинар МСЭ для стран СНГ «Оптимальные решения по обеспечению широкополосного доступа в малых и средних населенных пунктах» – 2015г., 30стр.

9. Одарченко Р.С. Обгрунтування основних вимог до систем безпеки стільникових мереж 5-го покоління. –

Безпека інформації. Вип №3 (Том 21) – 2015., С. 229-235

10. Одарченко Р.С. Стратегії розвитку операторів стільникового зв'язку в Україні // Наукоємні технології. — Том 26, № 2 (2015). — С. 141-148.

11. Мобільний зв'язок в Україні [Електронний ресурс]– Електронні текстові дані – Режим доступу: <http://uateka.com/uk/article/society/1227/>.

12. Одарченко Р.С., Беженар Ю.В., Ксендзенко А.О. Аналіз вразливостей систем захисту інформації в мережах Wi-Max та методів їх усунення // Защита информации. Сб. научных трудов.- К.: НАУ, 2011. – Вып. 18. – С. 39-44.

13. Одарченко Р.С., Лукін С.Ю. Економічна ефективність впровадження систем захисту стільникових мереж 4G // Системи обробки інформації. Збірник наук. праць Інформаційна та економічна безпека. – Х.: Вид-во Харківського університету Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба. – 2012. – Вып. №4 (102) Том 2 - С. 51-56.

14. Бойко М. П. Системи стільникового зв'язку : конспект лекцій. – Одеса : ОНАЗ, 2004. – 76 с.

15. Сети и Стандарты Мобильной Связи в Украине [електронний ресурс]– електронні текстові дані – режим доступу: <http://blog.jammer.su/2012/07/seti-standarty-mobilnoj-svjazi-ukraina/>

16. GSA Evolution to LTE report [електронний ресурс] – електронні текстові дані – режим доступу: http://www.gsacom.com/downloads/pdf/GSA_Evolution_to_LTE_report_060514.php4

17. «Интернет вещей» — реальность или перспектива? [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.mate-expo.ru/ru/article/inter-net-veshchey-realnost-ili-perspektiva>.

18. Thomas D. Nadeau, Ken Gray SDN: Software Defined Networks An Authoritative Review of Network Programmability Technologies O'Reilly Media, 2013. — 384 p.

19. Software-defined networking [Електронний ресурс] — електронні

тестові дані. — Режим доступу: http://en.wikipedia.org/wiki/Software-defined_networking

20. Gregory Flandin, Francois Chaumette, Eric Marchand Eye-in-hand / Eye-to-hand Cooperation for Visual Servoing // IEEE International Conference on Robotics and Automation, ICRA2000 San Francisco, April 2000

21. Tactile Internet [електронний ресурс]– електронні текстові дані – режим доступу: <http://www.itu.int/en/ITU-T/techwatch/Pages/tactile-internet.aspx>

Статтю подано до редакції 12.06.2016