Сорокін Д.В., Кисіль Є.О. **Розвиток мобільних мереж, порівняння швидкості передачі даних, аналіз мобільних технологій.** Проведено аналіз розвитку мобільних мереж. Наведено перелік мобільних операторів. Відправною точкою є аналіз функціонування мобільних послуг та вивчення можливостей передових технологій для експлуатації та обслуговування мереж операторів, здатних задовольнити потреби бізнесу, державного сектору безпеки та промисловості на рівні сучасної радіомережі. Значний вплив інформаційної сфери на суспільний прогрес визначає необхідність пильнішої уваги до розширення та впровадження радіомереж для підвищення ефективності функціонування радіомереж та сервісів, які можуть бути використані в державному секторі безпеки та промисловості.

У зв'язку з сучасними міжнародними безпековими викликами та можливими ризиками, що виникли підчас війни в Україні, у статті розглядаються та порівнюються базові мобільні технології, які можуть використовуватись як альтернативні підходи та методи розширення та побудови нових послуг (сервісів) у радіомережах. На основі цих підходів аналізується можливість підвищення ефективності розширення системи радіодоступу та координації роботи операторів.

Ключові слова: мобільна мережа, 2G, 2.5G: EDGE, 3G, 4G, 5G, HTML, CSS, LTE.

Вступ

Процес еволюції мобільного Інтернету відбувався поступово та розтягнувся на десятиліття, і триває донині. Мобільні мережі змінили наше життя з початку 90-х років та продовжують змінювати відношення до сучасних технологій та сервісів.

Оскільки традиційна фіксована телефонія ставала все менш ефективним, сервіс ШПД Інтернет адаптувався до мобільних платформ, швидкість передачі даних збільшувалася (мережі 5G покращили пропускну здатність приблизно в десять разів більше 4G), а мобільні мережі стали однією з основних платформ для використання і вирішення багатьох задач.

Аналіз останніх досліджень.

Європейський інститут телекомунікаційних стандартів, створений в 1988 році, розробив GSM (Groupe Special Mobile) як рішення, яке відкрило б нові можливості для голосової телефонії. По суті, це була система для здійснення телефонних дзвінків – сервісу "Voice" ніхто не думав, що GSM стане першим кроком в напрямку використання мобільного Інтернету. Саме стандарт GSM став базою для передачі даних в нових кінцевих пристроях, що дозволив впроваджувати нові розробки та новий функціонал нових розумних телефонів – "смартфонів". Нові функції та сервіси таких телефонів дозволили відправку текстових повідомлення, завантаження розважального контенту, створило можливість надсилати електронні листи, переглядати веб-сайти та завантажувати простий медіа-контент (мелодії дзвінка та музичні файли).

Заглиблюючись в історичні події на початку розвитку мобільного зв’язку та аналізуючи досвід операторів мобільного зв’язку, який основувався на теоретичних та емпіричних методах дослідження співробітник (1992 рік Sema Group Ltd. Ніл Папворт) тестували нову технологію для стільникового оператора Vodafone, відправивши коротке текстове повідомлення, SMS. Він містив лише два слова: "Щасливого Різдва". У той час мережа ще не дозволяла відправляти SMS з телефону на телефон, тому перше повідомлення було відправлено з комп'ютера. Сервіс SMS-повідомлень спочатку був реалізований тільки в мережах GSM, але в кінцевому підсумку цей сервіс поширився на всі платформи мобільних мереж.

У 1997 році три лідери мобільного ринку в той час - Ericsson, Motorola і Nokia - об'єднувались, щоб вдосконалити сервіс Інтернет для мобільного зв'язку за допомогою WAP (Wireless Application Protocol). Технологія WAP описала спосіб, яким мобільні пристрої отримували доступ до інтернет-ресурсів без використання сторонніх пристроїв таких наприклад як модем.

Протягом декількох місяців більшість великих виробників стільникової інфраструктури приєдналися до проекту, а вже в 1998 році була опублікована перша версія WAP (v.1.0.). Цей протокол передачі даних дозволяв передачу зі швидкістю від 9,6 до 56 Кбіт/сек.

У 1999 році голландський оператор мобільного зв'язку Telfort BV запустив перший WAP-сайт, який був адаптований для перегляду на мобільних пристроях. З точки зору швидкості, простоти використання і зовнішнього вигляду WAP-сайт не виправдав очікувань користувачів. Крім того, перші WAP-телефони не були адаптовані до інтернету. Підключення до WAP-послуг не включалось в щомісячний тарифний план і доводилося оплачувати такий сервіс окремо, а швидкість з'єднання такого сервісу була дуже повільною.

Wap-протокол зберігся до 2013 року, після чого була припинена підтримка. Більшість інтернет-браузерів почали перехід на HTML, CSS і JavaScript. Більше не потрібно було використовувати розмітку WAP для забезпечення зворотної сумісності веб-сторінок. Всі пристрої Android, всі пристрої Blackberry, всі версії iPhone, всі пристрої Windows Phone і багато телефонів Nokia почали підтримувати HTML. Смартфони нарешті перетворилися на міні-ПК з постійним підключенням до Інтернету. WAP втратив будь-яку перспективу на початку 2000-х років. У цей час технології GPRS і EDGE почали активно розвиватися. У 2000 роках з'явилися перші комерційні послуги та перші телефони, що підтримують General Packet Radio Service (GPRS). У 2001 році GPRS було стандартизована Європейським інститутом телекомунікаційних стандартів, та запущено в послугу мобільного доступу в Інтернет в стандарті GSM. Такі системи у 2G GPRS забезпечує швидкість передачі даних в діапазоні від 56 до 114 кбіт / с..

Пізніше на базі пакетної передачі в стандарті GPRS було модернізовано для GSM Evolution (EDGE) з підвищенням швидкості передачі даних. В модернізованій технології

передачі даних, дані упаковуються і передаються по віртуальному каналу, який надавався абоненту протягом усієї сесії підключення, але при використанні одного каналу EDGE зменшувалась кількість речових каналів. Концепція, що дозволяла передачу пакетів в стільникових радіомережах, були збережені і еволюціонували від GPRS / EDGE до 3G і 4G.

Постановка завдання. При аналізу мобільних технологій, та сьогоденних викликів, виникає питання щодо вимог до сервісів які можуть надаватися в умовах війни. На основі аналізу функціонування мереж різного покоління, звузити до функціонального призначення певні сервіси, що можуть бути використанні в оборонному секторі. Аналітика розгорнутих технологічних рішень, дозволить через практичну призму, розставити пріоритети найближчого розвитку та технологічних рішень в оборонних та промислових секторах де планується базове використання мобільних мереж.

Метою роботи є аналіз функціонування мобільних мереж та технологій різного покоління, для з'ясування вимог до сервісів які можуть надаватися в умовах війни на базі методів інтегрування технологічних рішень.

Виклад основного матеріалу

Аналізуючи глобальні систем та стандарти що використовуються при розгортанні мобільних мереж, перш за все хочеться зупинитись на стандарті EDGE в мереж GSM, що вперше був представлений в 2003 році в Північній Америці. Впроваджуючи складні методи кодування та передачі, EDGE забезпечувала більш високу швидкість передачі даних на радіоканал. EDGE (рис. 1.1) може мати пропускну здатність даних до 236 кбіт / с (при загальній затримки менше 150мс) з теоретичним максимумом 473,6 кбіт / с.

	GPRS (114 Kbit / s)	EDGE (386 Kbit / s)	HSPA (7.2 Mbit / s)	HSPA+ (56 Mbit / s)
.html (100 kB)	15s	5s	600ms	30ms
.png (3 MB)	7m 35s	2m 31s	8s	1s
.iso (700 MB)	30h 20m 28s	8h 40m 13s	28m 54s	2m 33s

Рисунок 1.1 Порівняння швидкості

В кінці 2000-х років були зроблені спроби поліпшити пропускну здатність 2.5G за допомогою стандарту Evolved EDGE, також відомого як EDGE Evolution. Цей стандарт зменшив затримку і збільшив швидкість до 1 Мбіт/с..

Оператори зв'язку зазвичай прагнуть модернізувати існуючу інфраструктуру для збільшення типу та якості сервісів, та разом з тим мінімізувати капітальні інвестицій в розвиток мереж, платформ. Отже при появі попиту на послугу широкосмугового доступу до мережі Інтернет, що супроводжувалось збільшенням гаджетів у кінцевих користувачів, оператори

мобільного зв’язку почали впроваджувати нові технологічні рішення на базі діючої інфраструктури базових станцій. Користувачі все частіше вимагали більш високої швидкості передачі даних. Оскільки 2G вже не міг задовольнити попит на новий тип сервісу “DATA”.

Першим кроком впровадження новітніх рішень, було офіційне представлення технологій 3G в 2001 році в Японії. Основною технологічною відмінністю між 3G і 2G було використання комутації пакетів (3G), а не комутації ланцюгів (2G). При цьому швидкість 3G (MSCNS-D) збільшилася в середньому до 2 Мбіт/с. (з 200 кбіт/с на старті технології). Відбулася революція, яку можна порівняти тільки з переходом від 56k модемів до широкосмугового.

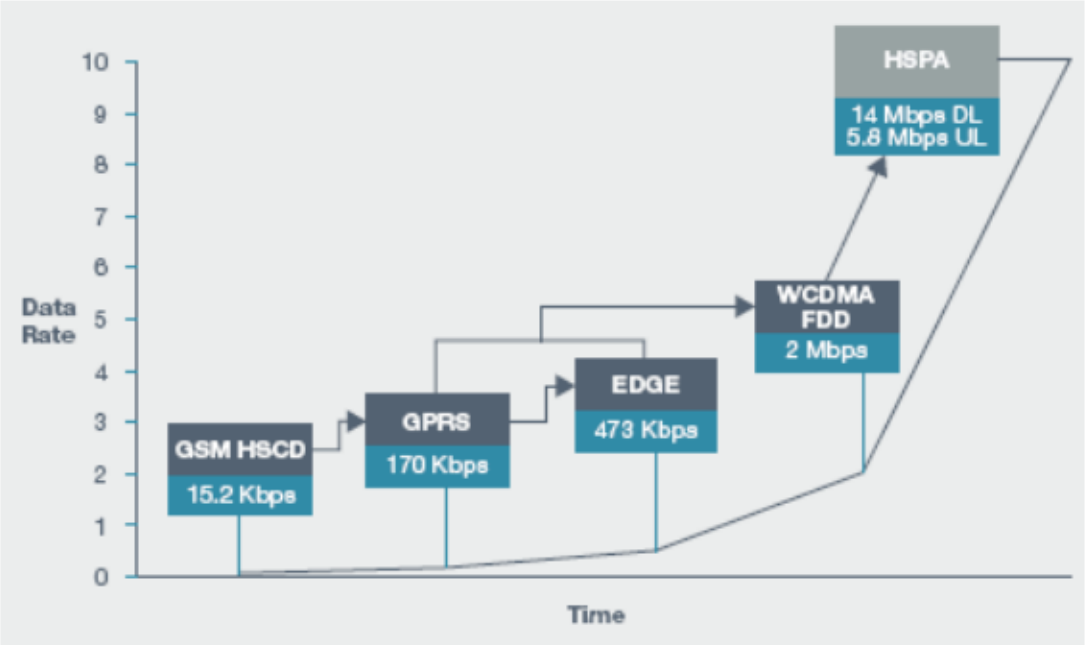


Рисунок 1.2 Порівняння швидкості передачі даних

Надійні, швидкі з'єднання дозволили потоковим відеосервісам, включаючи нові сервіс такий як “потокове відео”. Більшість веб-сайтів почали розробляти версії для мобільних пристроїв. В цілому, 3G значно змінив веб-індустрію з середини 2000-х років, особливо з точки зору додатків та інтерактивності в Інтернеті. Саме з переходом та поширенням 3G почалася сучасна епоха бездротових мобільних смартфонів як портативних комп'ютерів, особливо після 2005 року, коли 3G призентувала високошвидкісний доступ до пакетів downlink (HSDPA). HSDPA (3.5G, 3G+, Turbo 3G) з максимальною (теоретичною) швидкістю передачі даних 14,4 Мбіт/сек (від базової станції до всіх місцевих абонентів) і до 5,76 Мбіт/с від абонента.

Після насичення ринку користувачів високошвидкісними пристроями та появою нових онлайнових платформ зростає потреба в збільшені пропускної спроможності мобільного інтернету, що в свою чергу призводить до нової трансформації мобільних мереж та стандартів.

Перші мережі 4G були введені в США та Скандинавських країнах (LTE з пропускною здатністю 326,4 Мбіт/с по відношенню до абонента і 172,8 Мбіт/с в бік базової станції).

Технологія WiMAX та LTE відносяться до стандартів четвертого покоління комунікацій(4G). Головною перевагою LTE є безперервність з 3G (UMTS / HSPA, HSPA +). Технологія WiMAX є окремою галузевою еволюції технологічного рішення, яка стримується обмеженою кількістю абонентських пристроїв, фактично відсутністю роумінгу та відмовою великих гравців операторського ринку інвестувати (в Україні були представлена такими операторами як FRESHTEL, Colden Telecom, Kyivstar, але станом на зараз ні один оператор в Україні не надає сервіс в цьому стандарті, та із зазначених операторів шляхом поглинання та злиття активів, так і частотних ресурсів залишився тільки оператор мобільного зв'язку Kyivstar).

Технологія 4G кардинально змінила швидкості мобільного інтернету та вимоги (що обумовлені потребами нових сервісів) в мінімальних затримках. Поточний стандарт 4G передбачає швидкість до 100 Гбіт/с для абонентів в ідеальних умовах, а затримки коливаються до 5-10 мс..

Щодо стандарту 5G, то стандарт в Україні ще офіційно не впроваджений, але активно тестується усіма мобільними операторами, що представлені на Українському телекомунікаційному ринку. З початком бойових дій, повномасштабним вторгнення Російської Федерації в Україну, планування та впровадження технології 5G призупинилося та стало на паузу. У світі 5G активно використовується і дедалі більше поширюється. Станом на 2024 рік у світі, експерти відзначають біля 3 млрд глобальних підключень 5G. Тенденція технології у світі продовжує розвиватися, найімовірніше, за інших умов розвиток 5G активно поширився і в Україні, однак війна внесла свої корективи. Висока вартість впровадження та втрата енерговиробничих потужностей, істотно вплинула на розвиток цієї технології в Україні, а в умовах військових дій роблять реалізацією впровадження недоцільним.

Не дивлячись на сучасні безпекові виклики, впровадження 5G в Україні очікуються в найближчі кілька років. 5G не тільки забезпечить високу швидкість передачі даних (рис. 1.3), але і дасть поштовх розвитку таких технологічних напрямків, як розвиток оборонного сектору, безпілотний транспорт, розумні міста в рамках розробки Інтернет речей (підтримка одночасного підключення до 100 млн пристроїв на квадратний кілометр з затримкою не більше 1 мс.).

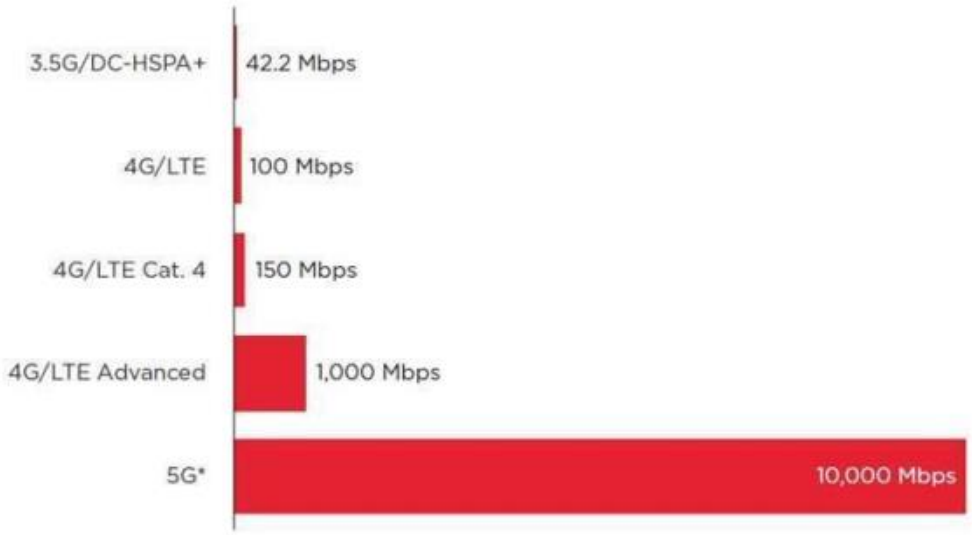


Рисунок 1.3 Швидкість випробувань 5G

Висновки

Хочеться відзначити, що зараз мобільні оператори зосереджуються на забезпеченні стабільності поточних мереж 4G та гармонізації частотного спектру для покращення якості зв'язку та оптимізації ресурсів з метою максимального покриття районів, які звільнені від окупації підчас російсько – української війни. Оператори мобільного зв'язку оперативно відновлюють мережу, підсистеми базових станцій які були знищені бойовими діями, а також активно модернізують системи живлення на всіх рівнях мережі доступу, та базовій мережі. Така тенденція продовжить спостерігатись до кінця 2025 року.

Окремо хочеться відзначити, що сектор оборони в найближчий час почне активно використовувати інфраструктуру LTE мереж, для управління новими сервісами PtT, управляння безпілотним авіаційними комплексами, але безперечно пріоритетом сервісів буде передача даних.