

УДК 621.391.3

Толубко В.Б., д.т.н.; Беркман Л.Н., д.т.н.; Хахлюк О.А., здобувач

## ВПРОВАДЖЕННЯ LTE - СЕРЙОЗНИЙ ПОШТОВХ ДО РОЗВИТКУ ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ

**Tolubko V.B., Berkman L.N., Khakhlyuk O.A. LTE implementation - serious postings to develop a Internet of Things.**

The article considers the main technological advantages of LTE, the possibilities of which opens up new technology for subscribers, operators and urban infrastructure development, and new directions that will be sought in Ukraine with the advent of the fourth generation of mobile communication. The technological solutions on which 4G and 5G equipment suppliers work, and the issue of monetization of technological advantages of LTE are shown. LTE will begin mass implementation of IoT solutions, and provide tens of billions of these devices can work just 5G. The connection of the fifth generation will raise the IoT to a new technological level, allowing IoT to be used in robotics, industrial production, and automobile management.

Today, IoT's subscriber devices have a very well-developed microprocessor base, they have low power consumption and can work from one battery for 10 years or more. Of course, LTE will allow more active implementation of elements of the intellectual home: management of systems of life, connecting all household devices and managing them from a smartphone. These are the new directions that we expect to be in demand in Ukraine with the advent of the fourth generation of mobile communication.

**Keywords:** data center, LTE network, 2G/3G/4G/5G technology, sensors, data transmission, mobile communications, Internet of Things

**Толубко В.Б., Беркман Л.Н., Хахлюк О.А. Впровадження LTE - серйозний поштовх до розвитку інтернет речей.**

У статті розглянуто основні технологічні переваги LTE, можливості які відкриває нова технологія для абонентів, операторів і розвитку інфраструктури міст, та нові напрямки які будуть затребувані в Україні з приходом четвертого покоління мобільного зв'язку.

Показано технологічні рішення над якими працюють постачальники обладнання для 4G і 5G, та питання монетизації технологічних переваг LTE.

З LTE почнеться масове впровадження IoT-рішень, а забезпечити роботу десятків мільярдів цих пристроїв зможе якраз 5G. Зв'язок п'ятого покоління підніме IoT на новий технологічний рівень, дозволить використовувати IoT в робототехніці, промисловому виробництві, керуванні автомобілями.

**Ключові слова:** дата-центр, мережа LTE, технології 2G/3G/4G/5G, сенсори, передача даних, мобільний зв'язок, інтернет речей

**Толубко В.Б., Беркман Л.Н., Хахлюк А.А. Внедрение LTE - серьезный толчок к развитию интернет вещей.**

В статье рассмотрены основные технологические преимущества LTE, возможности которые открывает новая технология для абонентов, операторов и развития инфраструктуры городов, и новые направления которые будут востребованы в Украине с приходом четвертого поколения мобильной связи. Показано технологические решения над которыми работают поставщики оборудования для 4G и 5G, и вопрос монетизации технологических преимуществ LTE.

С LTE начнется массовое внедрение IoT-решений, а обеспечить работу десятков миллиардов этих устройств сможет как раз 5G. Связь пятого поколения поднимет IoT на новый технологический уровень, позволит использовать IoT в робототехнике, промышленном производстве, управлении автомобилями.

**Ключевые слова:** дата-центр, сеть LTE, технологии 2G / 3G / 4G / 5G, сенсоры, передача данных, мобильная связь, интернет вещей

### Вступ

Незважаючи на те, що сьогодні розвиток мереж 4G активно триває, виробники обладнання, дослідні центри та оператори вже почали працювати над створенням мереж наступного покоління - 5G. Основні вимоги до мереж мобільного зв'язку п'ятого покоління - це помітне збільшення кількості підключених пристроїв і трафіку, а також задовольнити

© Толубко В.Б., Беркман Л.Н., Хахлюк О.А., 2017

зрослі вимоги користувачів до мобільних мереж, таких як висока швидкість передачі даних, надійність, низька вартість і мале енергоспоживання.

Наступного року в маленькій державі Сан-Марино вперше у світі запуститься мобільний зв'язок п'ятого покоління. До цього часу світові виробники телекомунікаційного обладнання планують затвердити стандарт зв'язку 5G, щоб у 2020 році вже масово запустити цю технологію в Азії та США. Поки світ активно готується до 5G, в Україні до кінця року планують провести тендер на 4G.

### **Виклад основного матеріалу дослідження**

#### ***Пріоритетні сфери для сучасного інфотелекомунікаційного ринку.***

Пріоритетним є розвиток нових радіотехнологій 4G і 5G, зокрема, виробництво устаткування і розробку програмного забезпечення, що дозволяє управляти цим обладнанням, а також надання професійних послуг з розгортання, оптимізації та підтримки таких мереж. Провідні виробники пропонують повний спектр обладнання та програмних додатків для побудови хмарних рішень з використанням мережі дата-центрів. Дата-центр – це складна інженерно-технічна споруда, що включає і приміщення, і системи охолодження, і системи безперебійного електропостачання та стійки з серверами і комутаційне обладнання.

У дата-центрі є й головна складова, на базі якої надаються послуги, – це середовище віртуалізації та програми, що працюють у цьому середовищі. Вони дозволяють оптимальним чином використовувати обчислювальні ресурси, розміщені в дата-центрі: сервери, оперативна пам'ять, процесори, дисковий простір, і забезпечують їхню ефективну взаємодію. Провідні виробники розробляють програмне забезпечення для дата-центрів, що дозволяє управляти віртуалізацією, використовувати гіпервізор. Вони також розробляють конкретні програми, що працюють на базі цього віртуального середовища, контролюють їхню роботу, забезпечують доведення цієї послуги до кінцевого користувача. Ще один пріоритетний напрямок – програмовані мережі

#### ***Нові технології які будуть запущені в Україні з приходом 4G.***

Компанії-виробники ведуть активний діалог з усіма українськими операторами щодо того, як використовувати мережу LTE крім традиційної широкопasmового передавання даних і відеодзвінків та мобільного інтерактивного телебачення. Перш за все, LTE надасть серйозний поштовх до розвитку IoT (Internet of things, інтернет речей). Це стосується не лише додатків для дому та комунальних мереж, але також і систем інтелектуального відеоспостереження і відеоаналітики. Поступово розвиватимуться системи інтелектуального управління дорожнім рухом, системи громадської безпеки, що виявляють аномальні події та своєчасно сповіщають про них. Наприклад, скупчення великої кількості людей, аналіз їхньої поведінки і можливих намірів, напрямок і швидкість руху.

Впровадження систем аудіоаналітики – наприклад, якщо стався вибух; розпізнавання звуку пострілу, розбитого скла; різке гальмування; інтелектуальне управління світлом, інтелектуальні парковки – все це частини Smart City і Public Safety, які можна реалізувати через LTE.

Сюди можна віднести і телемедицину. Від дистанційної діагностики пацієнта до проведення операції з використанням дистанційно керованих роботів.

Для сільського господарства впровадження технології LTE дасть можливість застосовувати IoT. Одне з таких рішень – установка спеціальних сенсорів і датчиків, що визначають кількість мінеральних добрив, вологи тощо, необхідних даному виду ґрунту, а також суворе дотримання екологічних стандартів щодо вмісту нітратів. Наприклад, у Новій Зеландії існує загроза повеней, тому в системах зливової каналізації стоять IoT-датчики, що передають інформацію про рівень води аварійним службам, щоб ті могли завчасно вжити необхідних заходів для запобігання затоплення.

Сьогодні в абонентських пристроях IoT вже дуже добре розвинена мікропроцесорна база, вони мають низьке енергоспоживання і від однієї батареї можуть працювати 10 і більше років.

Звичайно, LTE дозволить активніше впроваджувати елементи інтелектуального будинку: управління системами життєдіяльності, підключення всіх побутових пристроїв і управління ними зі смартфона. Це ті нові напрямки, що, як ми очікуємо, будуть затребувані в Україні з приходом четвертого покоління мобільного зв'язку.

### **Запуск LTE в Україні.**

Регулятор (НКРЗІ) пропонує на першому етапі використовувати два частотні діапазони: 1800 і 2600 МГц. В останні роки українські оператори будували мережі Single RAN, коли забезпечується можливість підтримувати відразу декілька технологій в єдиному апаратному рішенні за рахунок віртуалізації ресурсів, що підтримується сучасною мікропроцесорною базою і програмним забезпеченням. Операторам вигідно використовувати обладнання діапазону 1800 МГц, оскільки воно одночасно може підтримувати і 2G, і 4G, та працює в одному частотному діапазоні, але на сусідніх смугах частот. Нюанси пов'язані з тим, які типи модемів використовувати в цифрових блоках базових станцій, як правильно розрахувати сумарне обчислювальне навантаження для конкретного типу мережного елемента (базової станції Single RAN), щоб не перевантажити мережевий елемент і забезпечити його надійну роботу. Таке обладнання компактніше, споживає менше електроенергії, має єдиний IP-інтерфейс для підключення до опорно-транспортної мережі оператора зв'язку, будівництво мережі з таких елементів для оператора значно дешевше, ніж у сценарії будівництва трьох виділених радіомереж для кожної з технологій 2G/3G/4G, обладнання має єдиний аналітичний інструмент управління і контролю працездатності.

У розгорнутих рамках проекту побудови 3G-мережах з одночасною модернізацією мереж 2G Single-run закладена можливість використання цього обладнання для запуску 4G, але це справедливо для діапазону 1800 МГц. Діапазон 2600 МГц пропонується використовувати під 4G і знадобляться додаткові радіоблок і антени, а з 1800 можливо зробити частотний рефармінг, оскільки свого часу частоти в цьому діапазоні видавався різним операторам частинами. Потрібно, щоб оператори мали суцільну виділену смугу шириною мінімум в 10 МГц (а краще 15 або 20 МГц), що дозволяє запуснути LTE, тоді абоненти зможуть відчувати різницю в швидкості передавання та приймання даних. Тому оператори повинні формально повернути (відмовитися від використання) ці частоти регулятору, а НКРЗІ на певних пільгових умовах – видати ці частотні смуги операторам з можливістю використання на них сучасної технології 4G. За такого сценарія оператори зможуть перевикористати апаратну частину того обладнання, яке у них вже встановлено, і розгорнути 4G протягом декількох місяців.

### **Різниця для користувачів між 3G і 4G.**

Завдяки своїм архітектурним особливостям технологія LTE забезпечує меншу затримку в передачі даних, у ній краще реалізований механізм управління якістю обслуговування і пріоритизації окремих чутливих до затримки видів трафіку (голос, відео, критичні програми), мережа легко масштабується (можна стартувати зі смуги 10 МГц, а потім перейти на 15 або 20 МГц шляхом реконфігурування програмних параметрів), мережа побудована на базі плоскої IP-архітектури, не має складної ієрархії, яка була властива мережам попередніх поколінь, де був виділений контролер базової станції, контролер радіомережі, що створюють пляшкове горлечко для трафіку абонентів. У LTE дві базові станції, що знаходяться поруч, можуть спілкуватися одна з одною. У них реалізована певна функціональність мережевого контролера, передбачений віртуальний X2-інтерфейс, що дозволяє їм ефективно взаємодіяти.

3G підтримувалося лише в декількох частотних діапазонах – UMTS 900 або 1900. А LTE підтримує значно більшу кількість діапазонів частот (понад 40). Зараз випускаються термінали та інфраструктурне обладнання, що підтримують роботу в усіх цих частотних діапазонах. Плюс можливість використання різних клаптиків спектра шляхом об'єднання кількох частотних смуг в єдиний логічний канал (так звана агрегація несучих). Це основні технологічні переваги LTE, але з точки зору кінцевого користувача, буде збільшена швидкість передавання даних [EL2] і зменшена затримка в реакції мережі на дії користувача (швидке завантаження і вивантаження даних, пересилання потокового відео з високою роздільною здатністю, мобільні інтерактивні ігри, додатки віртуальної або доповненої реальності тощо).

Цього року в Барселоні виробники вже демонстрували швидкість передавання даних на одного користувача в 1 Гб і більше на абонентському пристрої. Це відбувається за рахунок об'єднання декількох несучих по 20 МГц кожна (4,5G Pro). І виробники йдуть далі: до кінця року анонсований 4,9G – використання ще більш багатоканальних систем (до 128 каналів одночасно приймання/передавання MIMO). Ця технологія призначається для бізнес-клієнтів, яким потрібна така пропускну здатність для роботи корпоративних систем, реплікації баз даних тощо.

#### ***Монетизація технологічних переваг LTE.***

Питання монетизації специфічне для кожного оператора. У сусідніх країнах є оператори, яким важливо, враховуючи свою статусність, пропонувати користувачеві швидкість 1 Гбіт/с, щоб диференціювати себе від конкурентів. У звичайних користувачів така швидкість найближчим часом не буде затребуваною, аж поки не з'являться додатки, що вимагають таких швидкостей. (Хоча у нас є клас бізнес-еліти, що може дозволити собі поставити в заміському будинку таке радіорішення і платити операторові свій тариф.) Однак це може знайти застосування в бізнес-сегменті, наприклад, для управління технологічними процесами в промисловості, віддаленого управління роботами і механізмами (у тому числі на небезпечних і шкідливих для людини виробництвах), у телемедицині для діагностики і проведення дистанційних консультацій і навіть операцій з використанням роботів.

#### ***Скорочення цифрового розриву в Україні мережами LTE.***

Скорочення цифрового розриву в Україні залежатиме від мотивації операторів, йти в сільську місцевість або малонаселені райони?, а це питання регулювання ринків і тарифів. У LTE є мультикористувацький режим роботи Broadcast і Multicast, для реалізації якого використовується спеціально зарезервована частина ресурсних блоків, що можна використовувати для ефірного телемовлення. Так користувачі не будуть перевантажувати радіомережу LTE-оператора, як в разі сценарію завантаження важкого відеоконтенту з YouTube (так званий unicast-режим вимагає окремого потоку даних для кожного користувача), і знижувати пропускну здатність мережі. Це аналог ефірного або кабельного ширококомовного телебачення, коли сигнал передається один раз, але всім користувачам, і не завантажує всю смугу передавання даних LTE. Таким чином, у LTE є можливість надавати послуги телебачення. Такий режим можна використовувати, наприклад, на стадіонах або в концертних залах під час виступу поп-зірок, коли користувач може підключитися до відеопотоку, що передається від будь-якої HD-відеокамери, і насолоджуватися виступом улюбленого артиста або спортсмена на своєму смартфоні.

#### ***Використання технологій LTE спецслужбами.***

У деяких країнах служби безпеки мають свою виділену мережу LTE. У США частота 700 МГц закріплена за службами порятунку. В інших країнах ці служби використовують комерційний діапазон LTE і мережі існуючих операторів, є і комбіновані сценарії використання. Це залежить від кожної країни і того бюджету, який вона готова виділити.

Принципово, всі силові структури можуть об'єднатися в рамках країни і використовувати одну виділену мережу для економії бюджету і поліпшення координації. Є варіант, коли оператори будують мережу, якою також користуються спецслужби, і у разі надзвичайних обставин спецкористувачі отримують пріоритет в обслуговуванні. Це важливо при виникненні аварійних ситуацій, коли абоненти починають активно передавати зображення, відео або починається паніка і різко зростає навантаження на мережу. У таких випадках, безумовно, потрібно забезпечити пріоритет спецкористувачам, які рятують життя людей.

Як варіант: є автономні базові станції для роботи спецслужб в умовах загрози для національної та громадської безпеки. Радіус дії станції від 2 км залежно від обраного частотного діапазону і потужності передавача, ландшафту місцевості і висоти підйому антени. Такі станції застосовуються у разі проведення спецоперацій із захоплення злочинців або організації рятувальних робіт – район оточили і швидко розгорнули мережу для спецназу чи МНС для забезпечення ефективної координації їхньої роботи між собою.

**Монетизація LTE на ринках інших держав.**

У США йде постійна боротьба за «пиріг контенту». Тому що оператори зв'язку часто перетворюються на «тупу трубу», що забезпечує високошвидкісне передавання даних, а монетизують контент постачальники додатків і контенту, їх називають Over-the-Top Application Providers. Тому наразі дуже актуальним є питання консенсусу між операторами і сервіс-провайдерами, щоб збільшити прибуток від впровадження LTE для операторів.

**Рішення над якими працюють постачальники обладнання для 4G і 5G.**

Життєвий цикл технологій і обладнання постійно скорочується, конкуренція на ринку виключно висока, терміни розробки та впровадження нових продуктів також знижуються. Ми пам'ятаємо, скільки знадобилося часу для масового впровадження 3G у світі, і є свідками прискореного впровадження 4G. Скільки було потрібно років, щоб технологія 3G стала масовою, щоб набрати 1 млрд користувачів. І скільки часу знадобилося, аби набрати 1 млрд користувачів LTE.

Роком старту LTE ми вважаємо 2010-й. Дослідні мережі були розгорнуті в Стокгольмі та Осло, столицях Швеції та Норвегії. Але вони були невеликі. А в 2010 році компанія Verizon запустила мережу в 60 макрорегіонах США. Тому сьогодні рівень проникнення LTE-технологій в США найвищий.

У Китаї China Mobile має 600 млн LTE-користувачів. За три роки оператор побудував понад мільйон базових станцій. Для порівняння: кожен з операторів України має від 14 000 до 19 000 базових станцій. Але головне питання для оператора – як швидко впровадити технологію і отримати віддачу від інвестицій? Для цього необхідно створити нову екосистему, що включає операторів, розробників додатків і пристроїв, щоб нові можливості високошвидкісного передавання даних можна було використовувати повною мірою і знаходити варіанти їхньої монетизації.

Наприклад, існують рішення – за допомогою 4G підключити відеокамеру, що розпізнає зображення людини, її стать, соціальну приналежність тощо. І залежно від того, яка аудиторія переважає, запускається відповідний рекламний ролик. Технологічно це можливо вже сьогодні.

Одна з американських компаній отримала замовлення визначити температуру банки з популярним прохолодним напоєм. Ставити термодатчик виявилось дорого, вигдали поставити маленьку відеокамеру, яка коштує менше \$10. І вона за допомогою спеціально розробленого додатка за розміром краплі на пляшці змогла визначити температуру напою і передати дані в аналітичний центр. Таких камер було встановлено тисячі, і всі вони передавали зображення через 4G. І таких варіантів монетизації 4G/5G на базі інтелектуальної обробки відеозображення може бути величезна кількість.

**Використання сучасного обладнання для 5G.**

У середині наступного року в світі буде розроблений стандарт 5G, а наприкінці 2019-го буде запущений перший комерційний 5G. Китай, Південна Корея, Сінгапур, США активно працюють над впровадженням цієї технології.

У нас є рішення 5G Ready, де апаратна частина може залишитися тією ж, але потрібно оновити програмне забезпечення. Ми постачаємо такі рішення в Південно-Східну Азію, і оператори від нас вимагають, щоб ми гарантували, що це обладнання потім можна буде використовувати для 5G. Однак стандарт зв'язку поки не прийнятий.

**Призначення стандарту зв'язку.**

Компанія Nokia проводила демонстрації управління гоночним автомобілем з використанням LTE і 5G. Завдяки дуже маленькій затримці у 5G автомобіль реагує набагато швидше на дії оператора або комп'ютера, що управляє дистанційно цим автомобілем, ніж в 4G. У 4G загальна затримка може становити від 20 до 60 мс – йдеться про час, за який пакети даних від абонентського пристрою «добігають» до сервера додатків через LTE-радіомережу і наземну мережу передавання даних оператора зв'язку і повертаються назад.

У 5G така затримка може скласти декілька мілісекунд, передбачається використання віртуальних мережевих елементів (елементів удосконаленого ядра пакетної радіомережі). Розглядається також віртуалізація базової цифрової обробки сигналу (BBU), коли на базовій станції встановлюється радіоблок з антеною, що здійснює передавання/приймання

радіосигналу, а далі базова (цифрова) обробка сигналу здійснюється вже віртуалізованими додатками, що працюють в дата-центрі.

Бажано, щоб дата-центри з такими віртуалізованими рішеннями знаходилися ближче до кінцевого користувача і IoT пристроїв (декілька сотень кілометрів). Тоді можливо забезпечити низьку затримку при отриманні відгуку від сервера додатків, що є таким необхідним для роботи критичних додатків (наприклад, автомобілі без водіїв або управління роботами), оскільки сигналу необхідно буде пробігти через мережу оператора всього декілька сотень кілометрів. Впровадження таких рішень дасть потужний імпульс до розвитку локальних дата-центрів. Бо якщо пакети даних відправляються через телекомунікаційні мережі на відстань 10 000–20 000 км в Amazon через Атлантичний океан, і ми чекаємо, коли прийде відгук, то лише затримка в поширенні сигналу на таку відстань (а до цього потрібно додати затримки обробки пакетів даних, що вносяться кожним проміжним маршрутизатором на шляху проходження пакетів) може стати причиною серйозної затримки, яка є неприйнятною для таких додатків. Тому вже зараз очевидно, що дата-центр має знаходитися в межах 100–200 км від кінцевого користувача IoT-пристрою. Безумовно, і Amazon, і Google можуть розширювати свою географічну присутність, встановлюючи свої сервери в Україні, але це не заважає національним операторам і дата-центрам розвивати свій бізнес і конкурувати з такими гігантами.

### **Висновки**

З LTE почнеться масове впровадження IoT-рішень, а забезпечити роботу десятків мільярдів цих пристроїв зможе якраз 5G. Зв'язок п'ятого покоління підніме IoT на новий технологічний рівень, дозволить використовувати IoT в робототехніці, промисловому виробництві, керуванні автомобілями.

### **Список використаної літератури**

1. Толубко В.Б. Формування багатопозиційного сигналу технологій 5 G на базі фазорізничевої модуляції високих порядків., /Толубко В.Б, Беркман Л.Н., Козелков С.В., //Зв'язок - 2016.- №4 С.5-7.
2. Багатокритеріальна оптимізація параметрів програмно-конфігурованих мереж / В.Б. Толубко, Л.Н. Беркман, Л.О. Орлов // Телекомунікаційні та інформаційні технології.– 2014.– №4.– С. 3-8
3. Стеклов В.К., Беркман Л.Н. Проектування телекомунікаційних мереж: Підручник для вузів. – К.: Техніка, 2002. – 848 с.
4. Стеклов В.К., Беркман Л.Н., Кільчицький Є.В. Оптимізація та моделювання пристроїв і систем зв'язку: Підручник для вузів. – К.: Техніка, 2004. – 576 с.

### *Автори статті*

**Толубко Володимир Борисович** – доктор технічних наук, професор, ректор Державного університету телекомунікацій, Київ, Україна.

**Беркман Любов Наумівна** - технічних наук, професор, проректор з науково-педагогічної роботи, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна.

**Хахлюк Олексій Анатолійович** – здобувач, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна.

### *Authors of the article*

**Tolubko Volodymyr Borysovych** – sciences doctor (technic), professor, rector of the State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine.

**Berkman Lyubov Naumivna** - sciences doctor (technic), professor, vice-rector for scientific and pedagogical work, State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine.

**Khakhlyuk Olexsiy Anatoliyovych** – applicant, State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine.

Дата надходження в редакцію 18.07.2017

Рецензент: д.т.н., проф. Вишнівський В.В.