

Рвачова Н.В., к.т.н., доцент

Сокол Г.В., к.т.н., доцент

Тригубенко О.С., студент

Полтавський національний технічний університет

імені Юрія Кондратюка

ОСОБЛИВОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ LTE В УКРАЇНІ

У статті проведено детальний аналіз особливостей впровадження стандарту стільникового зв'язку LTE в Україні. Розглянуті проблеми, що виникли під час створення умов для розгортання систем 4G. Визначено можливості використання різних частотних діапазонів для розгортання повнофункціональних мобільних мереж четвертого покоління.

Ключові слова: *Long Term Evolution, стільниковий зв'язок, радіочастотний ресурс, частотний план.*

Вступ

Сучасний етап розвитку систем стільникового зв'язку супроводжується масштабним впровадженням стандарту Long Term Evolution (LTE). В більшості європейських країн розгорнуті та успішно функціонують мобільні мережі четвертого покоління. Такі системи дозволяють розширити можливості абонентів щодо доступу та використання новітніх широкосмугових додатків. В Україні процес модернізації мереж мобільного зв'язку дещо уповільнився. Діючі оператори стільникового зв'язку впроваджують 3G і тільки планують впровадження 4G. Існує ряд проблем, які затримують розвиток бездротових телекомунікаційних мереж в Україні.

Основна частина

Важливим питанням під час впровадження нових стандартів бездротового зв'язку є ліцензування частотного ресурсу, що необхідний для

повнофункціонального розгортання мережі. Ще одним проблемним питанням є необхідність сертифікації, закупівлі та встановлення нового обладнання.

Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації (НКРЗІ) 18 серпня 2015 року схвалила проект розпорядження Кабінету Міністрів України «Про затвердження плану заходів на 2015-2017 роки щодо впровадження в Україні у 2017 році системи рухомого (мобільного) зв'язку четвертого покоління». Документ розроблено на виконання Указу Президента України від 21.07.2015 № 445 «Про забезпечення умов для впровадження системи рухомого (мобільного) зв'язку четвертого покоління» [1, 2].

Зазначений план передбачає перелік заходів за двома основними напрямками: проведення інвентаризації радіочастотного спектру України та внесення змін до нормативно-правової бази, що дозволять застосувати усі необхідні регуляторні інструменти для забезпечення рівних умов учасникам ринку та сприятимуть розвитку і впровадженню нових технологій. Джерелом фінансування даного проекту виступають 9 діючих на території України операторів телекомунікацій.

Перше значне зрушення щодо впровадження 4G сталося 29 березня 2016 року, коли комісія НКРЗІ (Національна комісія, яка здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації) прийняла рішення про видачу ліцензій на використання деяких радіочастот у Київській, Харківській та Запорізькій областях. Згодом комісія розширила перелік частот і регіонів.

Одним із діапазонів, рекомендованих для розгортання LTE є 1800МГц. На даний час цей діапазон використовується мобільними мережами GSM і зайнятий голосовими послугами та трафіком пересилання даних GPRS та EDGE. Тому прийнято рішення щодо поступового впровадження 4G, що передбачає звільнення цього діапазону та перенесення близько 80% навантаження на частоту 2100 МГц.

Для українських операторів зв'язку від введення LTE, за оцінками «Ericsson», зростання ARPU (середній дохід на абонента на місяць) очікується

на рівні від 35% до 70%, що дуже актуально для створення конкурентоспроможності національних операторів на європейському ринку телекомунікаційних послуг [3, 4]. Крім того, новий стандарт дозволяє набагато ефективніше використовувати радіочастотний ресурс (рис. 1).

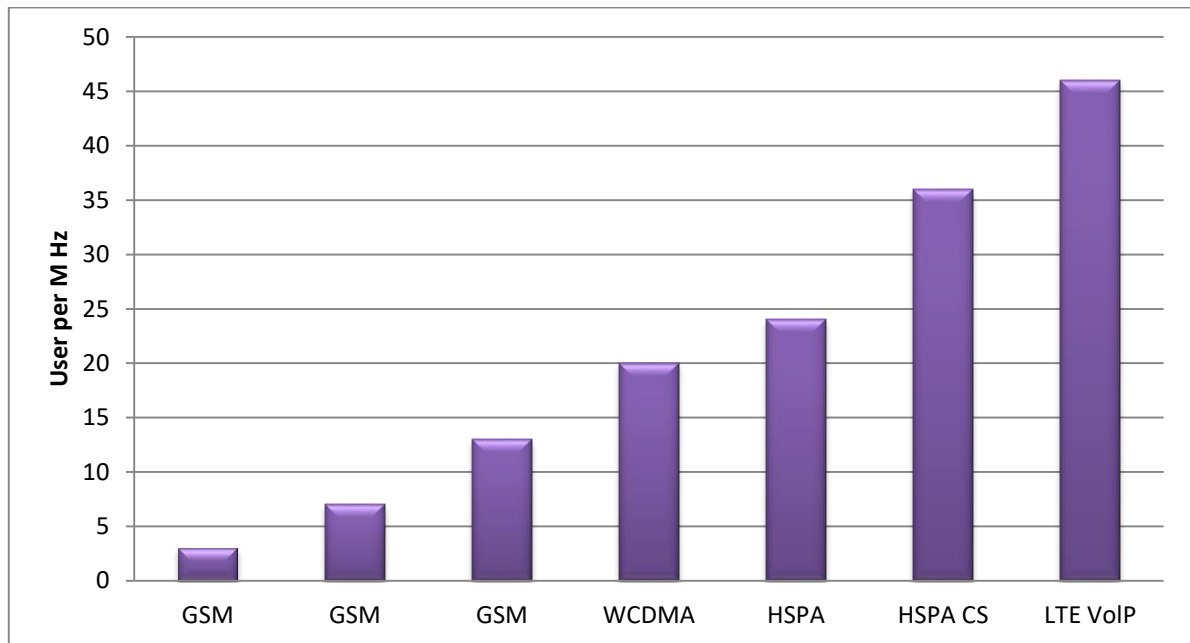


Рис. 1 Ефективність використання РЧР для різних стандартів зв'язку

В Україні технологія LTE може використовувати наступні смуги частот (МГц): (698...790), (790...862), (880...915), (925...960), (1710...1785), (1805...1880), (2300...2400) и (2500...2690). Згідно регламенту ІТУ та постанови КМУ №838 від 05.09.2012 року [10], весь радіочастотний спектр розподілений між радіослужбами. Ці смуги частот можуть бути як загального так і спеціального використання (наприклад, діапазон 925...960МГц використовується цифровим мобільним зв'язком типу E-GSM та R-GSM).

Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформації згідно постанови КМУ від 09.06.2006 року №815 [1] видала ліцензії мобільним операторам Українські новітні технології (ТМ «Freshtel») та «Інтелектуальні телекомунікації» (ТМ «Giraffe») на використання смуги частот 2,3 ГГц та 3,4...3,6 ГГц для надання послуги WiMAX.

Провідний мобільний оператор «Київстар» володіє 58% радіочастот у діапазонах GSM (900...1800 МГц). Смуга 2500...2690 МГц використовується системою MMDS (Multichannel Multipoint Distribution System), ліцензію на використання має компанія «ММДС-Україна».

Усі названі діапазони можна використовувати для розгортання повномасштабної LTE-мережі. Однак, аналіз показав, що на даний момент часу більшість перспективних діапазонів частот для розгортання LTE в Україні використовуються іншими службами. Враховуючи ряд особливостей, доцільним варіантом є частота 2,3 ГГц, яка потребує мінімум втручання в систему частот. Саме цей діапазон є основним в 4G-мережах країн Азії, які можуть стати потенційними постачальниками обладнання [3, 4]. Розгортання системи у діапазонах 900...1800МГц, звичайно спростило б процедуру переобладнання для операторів, але їх варто розцінювати як додаткові.

З метою впровадження рішень для систем мобільного зв'язку сімейства IMT Advanced (пікова швидкість передачі даних в обох напрямках може досягати 1 Гбіт/с) розробниками 3GPP виділено близько 40 діапазонів частот для режимів частотного (FDD) і часового (TDD) дуплексу .

На даний момент, LTE в усьому світі характеризується високою собівартістю послуг. Для побудови мережі LTE в Україні найбільш перспективною виглядає європейська стратегія розвитку з шириною робочого каналу (5 ... 20) МГц. За прикладом закордонних колег, українські оператори можуть заощадити інвестиції, спільно реалізуюючи єдину загальнонаціональну мережу 4G / LTE у вигляді розділених за географічним принципом взаємодоповнюючих радіомереж окремих операторів. Загальним питанням залишається відсутність значних регуляторних зрушень в питанні формалізації LTE в Україні.

Детальний аналіз офіційних даних Українського державного центру радіочастот показав, що зазначені діапазони розподілені між різними операторами бездротового зв'язку по всій території України. Однак, в різних регіонах оператори можуть використовувати різні смуги. Таким чином,

майбутнє впровадження мереж LTE в Україні пов'язане з необхідністю реформування використання радіочастотного спектру (РПС) на основі національних процедур його вивільнення і перепланування. Аналіз специфікацій 3GPP і стандартів ETSI для LTE показує, що для забезпечення вимог МСЕ (табл.1) щодо швидкості передачі IMT Advanced, доступних діапазонів може не вистачити для справедливого розподілу ресурсу між національними операторами.

Тому для розвитку IMT Advanced в варіанті LTE Advanced були специфіковані додаткові смуги частот, що збільшили їх загальне число - до 22 смуг (для режиму частотного дуплексу FDD) і до 9 смуг (для режиму часового дуплексу TDD), показані в табл. 2 [5].

Таблиця 1

Вимоги МСЕ щодо швидкості передачі даних

Оцінювані параметри систем	Значення параметрів, Мбіт/с		
	LTE Реліз 8	LTEAdvanced	IMTAdvanced
Максимальна швидкість передачі даних	300/75	1000/500	1000
Максимальна спектральна ефективність (Біт / Гц)	15/3,75	30/15	15/6,75
Примітка: У чисельнику вказані швидкості для DL; в знаменнику – для UL			

Таблиця 2

Удосконалений частотний план роботи мереж LTE

Номер частотного діапазону	Смуга частот у висхідному каналі, МГц	Смуга частот в низхідному каналі, МГц	Вид дуплексного рознесення
1	1920—1980	2110—2170	FDD
2	1850—1910	1930—1990	FDD
3	1710—1785	1805—1880	FDD
4	1710—1755	2110—2155	FDD
5	824—849	869—894	FDD

Номер частотного діапазону	Смуга частот у висхідному каналі, МГц	Смуга частот в низхідному каналі, МГц	Вид дуплексного рознесення
6	830—840	865—875	FDD
7	2500—2570	2620—2690	FDD
8	880—915	925—960	FDD
9	1749,9—1784,9 1	844,9—1879,9	FDD
10	1710—1770	2110—2170	FDD
11	1427,9—1447,9	1475,9—1495,9	FDD
12	698—716	728—746	FDD
13	777—787	746—756	FDD
14	788—798	758—768	FDD
15	Зарезервовано	Зарезервовано	-
16	Зарезервовано	Зарезервовано	-
17	704—716	734—746	FDD
18	815—830	860—875	FDD
19	830—845	875—890	FDD
20	832—862	791—821	FDD
21	1447,9—1462,9	1495,9—1510,9	FDD
22	3410—3500	3510—3600	FDD
33	1900—1920		TDD
34	2010—2025		TDD
35	1850—1910		TDD
36	1930—1990		TDD
37	1910—1930		TDD
38	2570—2620		TDD
39	1880—1920		TDD
40	2300—2400		TDD
41	3400—3600		TDD

Для систем IMT Advanced було виділено додатково 200 МГц в діапазоні 3,4-3,6 ГГц (діапазони 22 і 41), а також застосовано інверсне використання смуг частот ще для одного специфікованого діапазону – діапазону «цифрового дивіденду» 790-862 МГц (діапазон 20). До ще однієї особливості використання

радіочастотного ресурсу системами LTE Advanced в діапазоні 3,4-3,6 ГГц слід віднести можливість одночасного використання смуг 3410-3500 МГц і 3510-3600 МГц як для режиму FDD, так і для режиму TDD без поділу на непересічні смуги FDD і TDD, як це зроблено для діапазону 2500-2690 МГц. Це свідчить про намір впровадження розробниками системи LTE Advanced концепції «гнучкого» використання спектру в діапазоні 3,4-3,6 ГГц [5]. Додаткові діапазони 3400-3600 МГц для режимів TDD і FDD в Україні вже освоюються мережами WiMAX (діапазон 3,5 ГГц).

Для дослідження можливих сценаріїв застосування специфікованих діапазонів частот у табл. 3 проаналізовано вимоги до ширини частотних каналів, які використовуються абонентськими і базовими станціями мережі LTE.

Таблиця 3

Вимоги до ширини частотних каналів

Ширина каналу, МГц	1,4	3	5	10	15	20
Конфігурація каналів передачі – число ресурсних блоків системи LTE	6	15	25	50	75	100

Можливості використання частотного ресурсу для мереж LTE можна отримати, проаналізувавши ресурсні можливості діапазонів частот, призначених для їх впровадження.

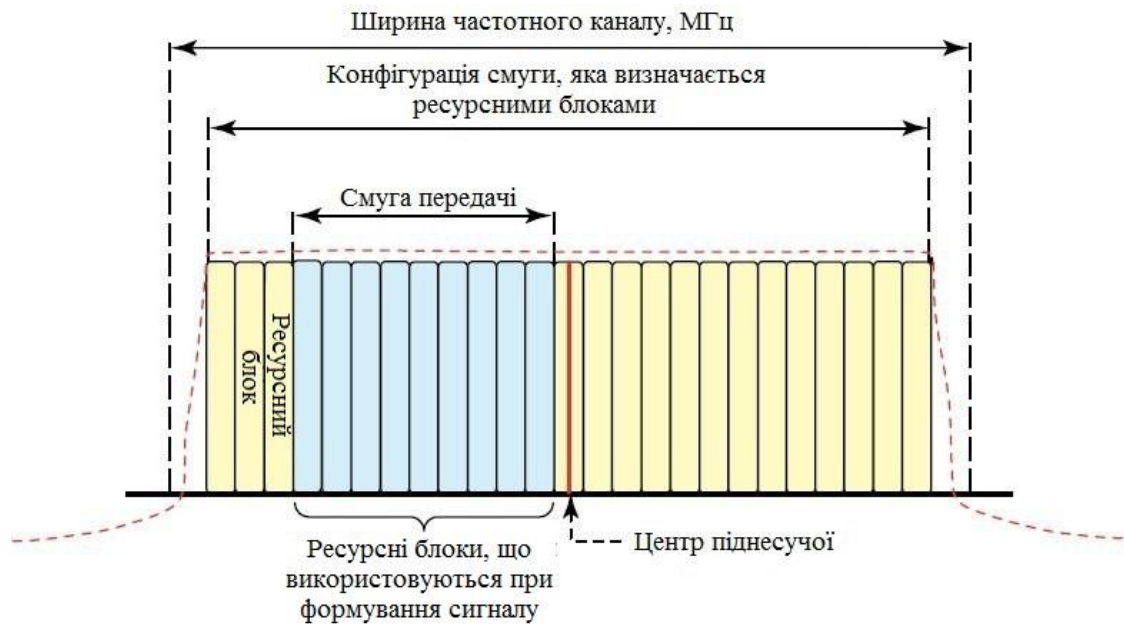


Рис. 2. Формування частотних каналів в мережах TD-LTE

Діапазон 900 МГц (доступний ресурс 35 МГц) використовується, як правило, двома-чотирма операторами з смугами шириною менше 10 МГц. Типовий сценарій можливого використання – канали LTE шириною 1,25-5 МГц.

Діапазон 1800 МГц (доступний ресурс 75 МГц) використовується, як правило, двома-чотирма операторами «другої хвилі GSM» з смугами більше 10 МГц. Типовий сценарій можливого використання – канали LTE шириною 5-10 МГц.

Діапазон 2100 МГц (доступний ресурс 60 МГц) використовується, як правило, операторами UMTS з виділеними смугами частот понад 10 МГц. Типовий сценарій можливого використання – канали LTE з шириною 5-10 МГц.

Діапазон 2600 МГц (доступний ресурс 70 МГц для LTE / FDD) визначено як діапазон WARECS і допускає використання інших технологій. Типовий сценарій можливого використання – канали LTE шириною 5, 10, 15, 20 МГц.

З огляду на різну місткість діапазонів частот, які передбачається використовувати в майбутньому в мережах LTE, частина можливих частотних

каналів не може бути використана, так як ширина спектру каналу перевищує ширину смуги виділених частот для конкретного діапазону LTE. Співвідношення застосовності каналів з різною шириною спектра в мережах LTE проілюстровано в табл.4 [6].

Таблиця 4

Використання частотних каналів для різних діапазонів LTE

Номер діапазону LTE	1,4 МГц	3 МГц	5 МГц	10 МГц	15 МГц	20 МГц
1	Ні	Ні	Та	Так	Так	Так
2	Та	Та	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	Ні	Ні
6	Ні	Ні	-	-	-	-
7	-	-	-	-	Так	Так
8	Так	Так	-	-	Ні	Ні
9	Ні	Ні	-	-	Так	Так
10	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-
12	Так	Так	-	-	Ні	Ні
13	Нет	Нет	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-
17	Ні	Ні	Так	Так	Ні	Ні
18	-	-	-	-	Так	-
19	-	-	-	-	-	-
33	Ні	Ні	Так	Так	Так	Так
34	-	-	-	-	-	Ні
35	Так	Так	-	-	-	Так
36	-	-	-	-	-	-
37	Ні	Ні	-	-	-	-

Номер діапазону LTE	1,4 МГц	3 МГц	5 МГц	10 МГц	15 МГц	20 МГц
38	-	-	-	-	-	-
39	-	-	-	-	-	-
40	-	-	-	-	-	-

Можливість використання каналу з певною шириною спектра в таблиці відзначена словом «Так», неможливість - словом «Ні». Аналіз табл. 2.5 показує, що в діапазоні 2500-2690 МГц будуть застосовуватися канали з шириною спектра 5, 10, 15 і 20 МГц. Крім того, проблеми з використанням діапазонів GSM-900/1800 для мереж LTE в Україні мають не тільки технологічні, але і регуляторні причини.

Перш за все, це протиріччя в принципі видачі ліцензій на розгортання мереж для технологій UMTS (WCDMA-HSPA), LTE і для мереж GSM в діапазоні 900/1800 (так як оператори GSM-900/1800 мають регіональні ліцензії, а оператори 3G - національні). Крім того, до теперішнього часу ліцензії на послуги високошвидкісного доступу в мережах мобільного зв'язку видаються на послуги рухомого радіотелефонного зв'язку (мережі стандарту IMT/UMTS). Таким чином, для забезпечення ефективного використання діапазону LTE необхідно вдосконалювати регуляторну базу не тільки в галузі використання радіочастотного ресурсу, але і ліцензування [6].

Висновки

Еволюція систем стільникового зв'язку обумовлена підвищенням вимог користувачів до доступності інформації, додатків, послуг, які можна отримати в будь-який час, в будь-якому місці та з високою якістю. Стандарт LTE прийнятий в усьому світі як сучасний етап розвитку мобільних комунікацій, однак в Україні його розгортання пов'язане з рядом складнощів. Аналіз показав, що однією з основних причин затримки впровадження 4G є завантаженість частотних діапазонів. Визначено, що радіочастотний ресурс для мереж LTE використовується в основному операторами GSM, MMDS та WiMax

мереж. В деяких регіонах ліцензії на діапазони 4G належать приватним компаніям, але не використовуються в реальних бездротових системах зв'язку.

Один із початкових шляхів впровадження мереж LTE полягає у використанні радіочастотного ресурсу GSM. Проблемою такого рішення є відсутність в операторів стільникового зв'язку ліцензій на використання смуг шириною 5, 10 і вище МГц. Як правило, в різних регіонах їм виділені вузькі смуги, що не дозволяють впровадити системи четвертого покоління.

Таким чином, для реалізації «Плану заходів на 2015-2017 роки щодо впровадження в Україні у 2017 році системи рухомого (мобільного) зв'язку четвертого покоління» необхідно здійснити аналіз та перерозподіл ліцензій на використання радіочастотного ресурсу України з урахуванням вимог до ширини частотних каналів LTE Advanced.

Література

1. *Указ Президента України від 21.07.2015 № 445 «Про забезпечення умов для впровадження системи рухомого (мобільного) зв'язку четвертого покоління» / Офіційний вісник Президента України від 05.08.2015 – 2015 р., № 17, С. 14.*
2. *Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про затвердження плану заходів на 2015-2017 роки щодо впровадження в Україні у 2017 році системи рухомого (мобільного) зв'язку четвертого покоління» від 11 листопада 2015 р. № 1232-р.*
3. *Тихвинский В.О. Использование радиочастотного спектра сетями LTE и LTE Advanced / В.О. Тихвинский, С.В. Терентьев // Электросвязь. – 2014 – №5. – С. 10-13.*
4. *Сайко В. Г. Сети мобильного WiMax и LTE: состояние и перспективы / В. Г. Сайко // Зв'язок. – 2015. – № 3. – С. 16 – 21.*
5. *Постанова Кабінету Міністрів України від 09.06.2006 року №815 / Офіційний вісник України від 29.06.2006 — 2006 р., № 24, С. 33.*
6. *Тихвинский В.О. Влияние результатов ВРК07 на дальнейшее развитие мобильной связи / В.О. Тихвинский, С.В. Терентьев // Мобильные телекоммуникации. — 2012. — № 3. С. 30—34.*
- 7.