

УДК 621.396.9

М.В. РОЖНОВСЬКИЙ, І.А. ДУБИНА
Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова

**АЛГОРИТМ ПРОЕКТУВАННЯ МЕРЕЖІ РАДІОДОСТУПУ СИСТЕМИ
СТІЛЬНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ ЧЕТВЕРТОГО ПОКОЛІННЯ**

Запропоновано алгоритм проектування мережі радіодоступу системи стільникового зв'язку четвертого покоління на прикладі стандарту LTE Advanced. Приведено результати розрахунків першого наближення до планованої мережі Київського району м. Одеси. Запропонований алгоритм може бути використаний при підготовці типових дипломних проектів освітньо-кваліфікаційного рівня «спеціаліст».

Ключові слова: алгоритм проектування, мережа радіодоступу, стандарт LTE Advanced, дуплексний канал, енергетичний бюджет радіолінії.

M.V. ROZHNOVSKIY, I. A. DUBYNA
Odessa National Academy of Telecommunications n.a.A.S. Popov

**ALGORITHM OF RADIO ACCESS NETWORK OF CELLULAR COMMUNICATION OF THE FOURTH
GENERATION DESIGN**

The algorithm of radio access network of cellular communication of the fourth generation design on the example of LTE Advanced standard is offered. Calculation of adjusted first approach to planning network which will cover the territory of the Kiev district of Odessa is shown. Offered algorithm can be used by preparation of standard theses of educational and qualification level of 'specialist'.

Keywords: algorithm of design, radio access network, LTE Advanced standard, duplex channel, radio link energy budget.

Вступ

Розвиток сучасного суспільства важко уявити без сучасних мобільних систем передачі даних. Світовий ринок телекомунікаційних технологій розвивається з небачено великою швидкістю, тож потреба користувачів в постійному збільшенні швидкості передачі інформації за допомогою безпроводних технологій з кожним днем стає все гострішою. Сьогодні задовольнити потреби користувачів мобільного зв'язку в найбільш повній мірі можуть системи мобільного зв'язку четвертого покоління, впровадження яких є неминучим процесом на території нашої держави. Сучасний ринок телекомунікацій України потребує спеціалістів, які здатні модернізувати існуючі мережі мобільного зв'язку та проектувати сучасні мережі четвертого покоління, наприклад, на базі стандарту LTE Advanced.

Постановка задачі

На сьогоднішній день існує багато літератури, присвяченої методикам розрахунку та проектуванню мереж стільникового зв'язку, зокрема LTE Advanced, наприклад, [1 – 4]. У вказаній літературі викладені основні підходи до планування та оптимізації мереж LTE Advanced, однак з точки зору підготовки молодого фахівця, який стикається з конкретною задачею проектування мережі на базі стандарту LTE Advanced, в літературі відсутній чіткий алгоритм послідовності дій, зокрема при проектуванні мереж радіодоступу для вказаного стандарту. Особливо гостро відсутність такого алгоритму відчувається, наприклад, під час підготовки дипломних проектів молодими спеціалістами. Тому **цілю даної статті** – є запропонувати алгоритм проектування мережі радіодоступу системи стільникового зв'язку четвертого покоління на прикладі стандарту LTE Advanced.

Основна частина

Проведений аналіз літератури [1 – 7] дозволяє стверджувати, що проектування мережі радіодоступу стандарту LTE Advanced вимагає особливого підходу, який не схожий з підходом щодо планування мереж стандарту GSM та CDMA. Перш за все необхідно враховувати принципово нову схему організації багатостанційного доступу, що базується на основі технології OFDM (Orthogonal frequency-division multiplexing). Також необхідно враховувати і те, що стандарт LTE Advanced передбачає можливість реалізації двох типів дуплексу – частотного та часового. При використанні, наприклад, часового дуплексу необхідно шукати компроміс між кількістю абонентів, що обслуговуються в мережі та площею зони покриття радіомережі. Використання технології MIMO (Multiple Input Multiple Output) теж вносить певні особливості при розробці частотно-територіального плану мережі радіодоступу.

Отже на основі аналізу літератури [1 – 7] сформулюємо основні етапи проектування мережі радіодоступу системи стільникового зв'язку четвертого покоління на прикладі стандарту LTE Advanced, враховуючи при цьому основні принципи планування сучасних мереж радіодоступу, такі як: розширення границь частотного діапазону проєктованих безпроводних систем зв'язку; формулювання особливих вимог до складання частотно-територіального плану в зонах «щільної забудови», «збудови середньої щільності», «рідкої забудови», «відкритих місцевостей»; врахування специфіки нових технологій, що забезпечують високошвидкісний радіозв'язок (OFDM, MIMO); врахування особливостей розрахунку пропускну здатності мережі та кількості абонентів, що одночасно можуть обслуговуватися в мережі.

Можливий варіант основних етапів проектування мережі радіодоступу системи стільникового

зв'язку четвертого покоління на прикладі стандарту LTE Advanced приведено у вигляді алгоритму на рис. 1.

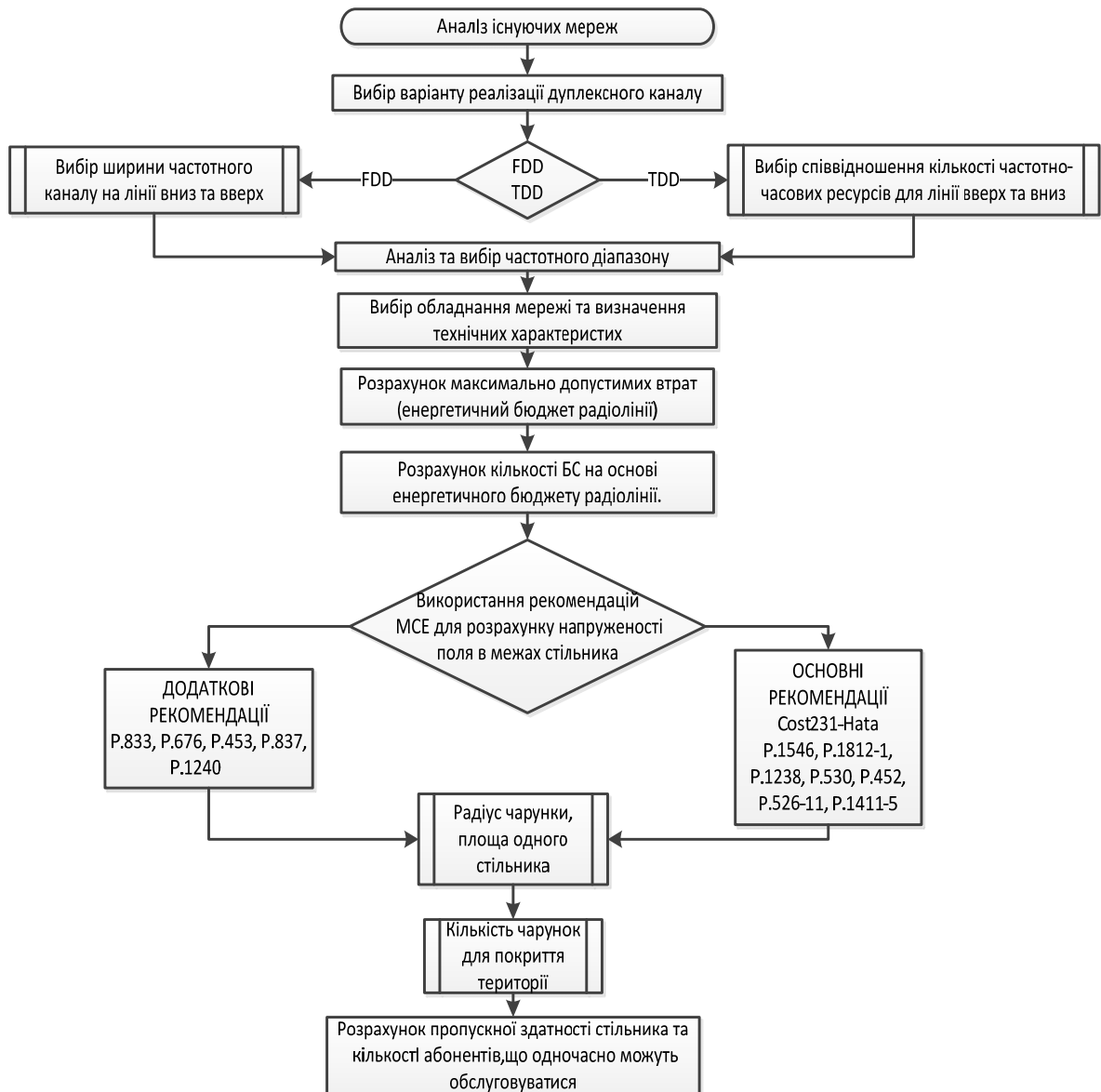


Рис. 1. Основні етапи проектування мережі радіодоступу системи стільникового зв'язку четвертого покоління на прикладі стандарту LTE Advanced

Відповідно до запропонованого алгоритму на початковому етапі проектування необхідно провести аналіз існуючих мереж радіозв'язку з метою забезпечити міжсистемну електромагнітну сумісність існуючих мереж з проектованою. На наступному кроці необхідно вибрати варіант реалізації дуплексних каналів в проектованій мережі. Спосіб реалізації дуплексного каналу – це один із факторів, що впливають на вибір частотного діапазону, в якому буде працювати проектована мережа. На основі зазначених вище етапів та економічного обґрунтування вибираємо обладнання проектованої мережі. Знаючи основні технічні характеристики вибраного обладнання, розраховуємо енергетичний бюджет радіолінії [3, 7]. На основі результатів розрахунку енергетичного бюджету радіолінії за допомогою рекомендацій Міжнародного союзу електров'язку щодо розрахунку напруженості поля в межах стільника визначимо радіуси та площі чарунок. Знаючи площу однієї чарунки та площу території, для якої проектується мережа, визначаємо необхідну кількість чарунок для побудови мережі. На останньому етапі розраховуємо пропускну здатність стільника та кількість абонентів, що одночасно можуть обслуговуватися в межах одного стільника та мережі в цілому. На основі розрахованої пропускної здатності та кількості одночасно обслуговуваних абонентів проводимо, за необхідності, уточнення величини значень площ чарунок і відповідно їх кількості.

Використовуючи запропонований алгоритм, представлений на рис. 1, та частково дані з літератури [3], приведемо приклад розрахунку мережі радіодоступу системи стільникового зв'язку четвертого покоління на прикладі стандарту LTE Advanced.

Для побудови першого наближення до планованої мережі розглянемо наступні вихідні дані: мережа радіодоступу планується для Київського району м. Одеси. Вихідні дані для подальших розрахунків наведено в табл. 1.

Вихідні дані до проектування мережі LTE Advanced

Тип обладнання БС	Alcatel-Lucent 9926 d2U
Діапазон частот, МГц	2300...2400
Тип дуплекса	FDD
Смуга частот, МГц	20
Частота несівної, МГц	2350
Площа території розгортання мережі (район міста), км ²	60,94
Чисельність населення	367652
Планована частка населення, яка буде використовувати послуги зв'язку мережі LTE на етапі вводу її в експлуатацію, %	30
Потужність передавача БС, дБм	43,7
Коефіцієнт підсилення антени БС, дБі	17,9
Середня висота підвісу антени БС, м	40
Висота антени МС, м	1,5

Розрахунок енергетичного бюджету радіолінії зводиться до розрахунку максимально допустимих втрат в радіолінії згідно з наступним виразом [3, 7]:

$$L_{МДВ} = P_{EIBП} - S_{Чутл.Пр} + G_{Пос.ант} - L_{Фід.випр} - M_{зав} - M_{Прон} - M_{Зат} + G_{НО}, \quad (1)$$

де $L_{МДВ}$ – максимально допустимі втрати в радіолінії, дБ; $P_{EIBП}$ – еквівалентна ізотропно випромінювана потужність, дБм; $S_{Чутл.Пр}$ – чутливість приймача, дБм; $G_{Пос.ант}$ – коефіцієнт посилення антени, дБі; $L_{Фід.випр}$ – втрати в фідерному тракті, дБ; $M_{зав}$ – запас на завади, дБ; $M_{Прон}$ – запас на проникнення в приміщення, дБ; $M_{Зат}$ – запас на затінення, дБ; $G_{НО}$ – вигреш від хендовера, дБ.

Розрахувавши максимально допустимі втрати в радіолінії та використовуючи модель COST 231-Nata, визначимо радіус та площу однієї чарунки згідно з наступним виразом [3, 7]:

$$d = 10^{\frac{L_{МДВ} - 43,3 - 33,9 \cdot \lg(2000) - 10 \cdot \lg(f/2000) + 13,92 \cdot \lg(h_r) + a(h_r)}{44,9 - 6,55 \cdot \lg(h_r)}} \quad (2)$$

де f – частота несівної; $a(h_r)$ та (h_r) – поправочні коефіцієнти щодо висот підвісу антен [7].

Результати розрахунків, враховуючи розділення території Київського району м. Одеси на зони «щільної забудови», «забудови середньої щільності», «рідкої забудови», «відкритих місцевостей», наведено в табл. 2 [3].

На останньому етапі проведемо аналіз залежності кількості одночасно обслуговуваних абонентів в стільнику від величини середнього місячного трафіку одного абонента. Для проведення аналізу скористаємося даними, наведеними в літературі [3]. Результати аналізу наведено у вигляді графічної залежності на рис. 2.

Таким чином, приведені результати розрахунків показують, що для побудови мережі радіодоступу стандарту LTE Advanced в Київському районі м. Одеси необхідно використати 61 базову станцію типу Alcatel-Lucent 9926 d2U. Аналіз пропускної здатності мережі показує, що за умови, коли середньомісячний трафік одного абонента складатиме від 2 до 15 Гбайт/міс, проєктована мережа буде працювати у нормальному режимі.

Таблиця 2

Розрахунок числа базових станцій для обслуговування Київського району м. Одеси

Клас місцевості	Щільна забудова	Забудова середньої щільності	Рідка забудова	Відкрита місцевість	Всього
% місцевості	50%	23%	15%	12%	100%
Площа міста по зонах, км ²	30,47	14,016	9,14	7,313	60,94
Втрати на проникнення в приміщення	22	17	12	8	
МДВ, дБ	124,49	128,9	134,49	138,49	
Радіус чарунки, км	0,45	0,63	0,895	1,178	
Площа трьохсекторної чарунки, км ²	0,526	1,03	2,08	3,6	
Кількість базових станцій, $N_{БС}$	41	14	4	2	61

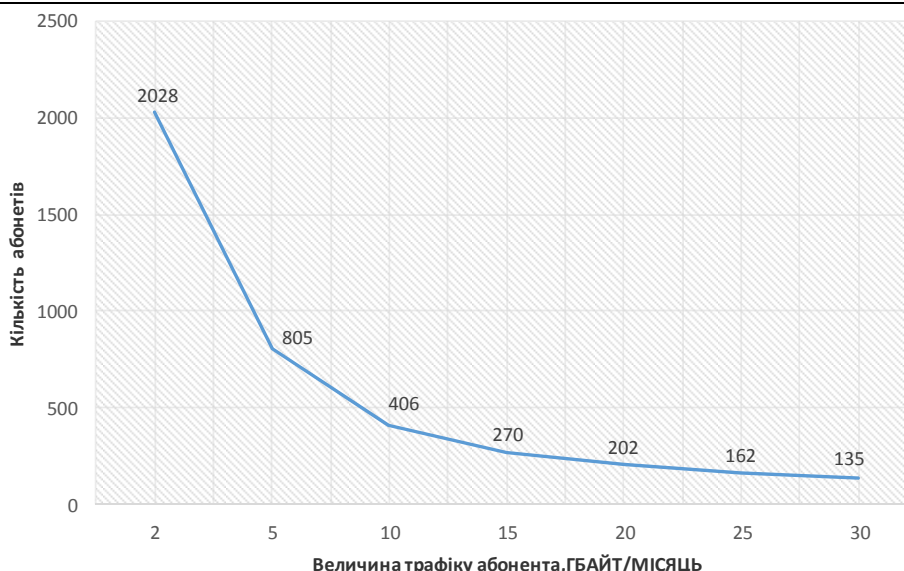


Рис. 2. Залежність кількості одночасно обслуговуваних абонентів в стільнику від величини середнього місячного трафіку одного абонента

Висновок

Таким чином, в даній статті запропонований алгоритм проектування мережі радіодоступу системи стільникового зв'язку четвертого покоління на прикладі стандарту LTE Advanced. Приведено результати розрахунків першого наближення до планованої мережі Київського району м. Одеси. Запропонований алгоритм може бути використаний при підготовці типових дипломних проєктів освітньо-кваліфікаційного рівня «спеціаліст».

Література

1. Сукачев Э.А. Сотовые сети радиосвязи с подвижными объектами: учеб. пособ./ Сукачев Э.А.: [3-е изд., испр. и доп.]. – Одесса: ОНАС им. А.С. Попова, 2013. – 256 с.
2. Бабков В.Ю. Сети мобильной связи. Частотно-территориальное планирование / Бабков В.Ю., Вознюк М.А., Михайлов П.А. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 224 с.
3. Варукина Л.А. Упражнение по планированию радиосетей LTE [Электронный ресурс] / Варукина Л.А. – Режим доступа к статье: <http://ru-4g.livejournal.com/331813.html>
4. Бабков В.Ю. Подходы к планированию и оптимизации сетей LTE [Электронный ресурс] / Бабков В.Ю. – Санкт-Петербург, СПбГУТ им. проф. Бонч-Бруевича, 2013 г. – Режим доступа к статье: <http://slidegur.com/doc/1663940/podhody-k-planirovaniyu-i-optimizacii-setej-lte>
5. Кокшарев К.И. Частотно-территориальное планирование сетей четвертого поколения / К.И. Кокшарев // Мат. 63-й НТК профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов СПб ГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича. Часть I, 21 – 25 февраля 2011, Санкт-Петербург. – 2011. – С. 5-8.
6. Одоевский С. Планирование и оптимизация сетей беспроводной связи / С. Одоевский, В. Степанец // Технологии. Первая миля. — 2010. — № 2. — С. 28 — 31.
7. Драганов В.М. Методическое руководство к лабораторной работе № 65. Элементы частотно-территориального планирования сетей сотовой связи / Драганов В.М., Маковецко Д.А. – О.: ОНАС, 2009. – 32 с.

References

1. Sukachev Je.A. Sotovyje seti radiosvjazi s podvizhnyimi ob'ektami: ucheb. posob./ Sukachev Je.A.: [3-e izd., ispr. i dop.]. – Odessa: ONAS im. A.S. Popova, 2013. – 256 s.
2. Babkov V.Ju. Seti mobil'noj svjazi. Chastotno-territorial'noe planirovanie / Babkov V.Ju., Voznjuk M.A., Mihajlov P.A. – M.: Gorjachaja linija – Telekom, 2007. – 224 s.
3. Varukina L.A. Uprazhnenie po planirovaniju radiosetej LTE [Jelektronnyj resurs] / Varukina L.A. – Rezhim dostupa k stat'e: <http://ru-4g.livejournal.com/331813.html>
4. Babkov V.Ju. Podhody k planirovaniyu i optimizacii setej LTE [Jelektronnyj resurs] / Babkov V.Ju. – Sankt-Peterburg, SPBGUT im. prof. Bonch-Bruevicha, 2013 g. – Rezhim dostupa k stat'e: <http://slidegur.com/doc/1663940/podhody-k-planirovaniyu-i-optimizacii-setej-lte>
5. Koksharev K.I. Chastotno-territorial'noe planirovanie setej chetvertogo pokolenija / K.I. Koksharev // Mat. 63-j NTK professorsko-prepodavatel'skogo sostava, nauchnyh sotrudnikov i aspirantov SPb GUT im. prof. M.A. Bonch-Bruevicha. Chast' I, 21 – 25 fevralja 2011, Sankt-Peterburg. – 2011. – S. 5 – 8.
6. Odoevskij S. Planirovanie i optimizacija setej besprovodnoj svjazi / S. Odoevskij, V. Stepanec // Tehnologii. Pervaja milja. – 2010. – № 2. – S. 28 – 31.
7. Draganov V.M. Metodicheskoe rukovodstvo k laboratornoj rabote № 65. Jelementy chastotno-territorial'nogo planirovanija setej sotovoj svjazi / Draganov V.M., Makoveenko D.A. – O.: ONAS, 2009. – 32 s.

Рецензія/Peer review : 18.5.2015 р.

Надрукована/Printed : 21.6.2015 р.

Стаття рецензована редакційною колегією