

УДК 621.398

К. П. СТОРЧАК, канд. техн. наук, доцент;

О. В. НЕВДАЧИНА, канд. техн. наук;

О. М. ТКАЛЕНКО, канд. техн. наук, доцент;

В. Р. КОСЕНКО, канд. техн. наук;

А. П. ПОЛОНЕВИЧ, канд. техн. наук,

Державний університет телекомунікацій, Київ

Аналіз зони радіопокриття при плануванні мережі UMTS

Описано принципові моменти процесу планування мережі мобільного зв'язку на базі технології UMTS. Висвітлено головні аспекти загального алгоритму розрахунку зони радіопокриття при плануванні мережі UMTS відповідно до особливостей радіоінтерфейсу з кодовим поділом каналів.

Ключові слова: процес планування; UMTS; радіодоступ; оптимізація; алгоритм планування.

Вступ

Планування радіомережі UMTS — складний процес, що вимагає розробки належної методологічної бази, яка дозволила б узяти до уваги низку істотних чинників і дати попередню оцінку очікуваних показників мереж UMTS при їх спорудженні. Складність зазначеного процесу зумовлюється тим, що доводиться враховувати багато характеристик, які не розглядалися в мережах GSM. Ідеться, зокрема, про змішаний тип трафіку з різною швидкістю передавання даних; несиметричне завантаження прямого і зворотного каналів; різні вимоги стосовно якості для різних послуг.

При плануванні та оптимізації мереж мобільного зв'язку постає важливе завдання з оцінювання радіопокриття, що, у свою чергу, становить значні труднощі як практичного, так і теоретичного плану.

Основна частина

Концептуальні засади розвитку системи зв'язку визначаються передусім вимогами ринку, попитом на послуги високошвидкісного передавання даних і обсягом пропонованого трафіку. Основна мета такого розвитку — удосконалення радіоінтерфейсів системи, спрямоване передусім на суттєве підвищення ефективності систем 3-го і наступних поколінь, а також ефективності використання обмеженого частотного ресурсу, продуктивності систем і якості надаваних послуг.

Варто наголосити, що за наявності достатнього радіочастотного ресурсу в мережі UMTS можуть застосовуватися різні схеми повторного використання радіочастот, що дозволяють обмежити втручання сусідніх осередків на краю зони обслуговування. Три такі схеми (*Frequency-Reuse Schemes*) [1] подано на рис. 1, де цифрами 1, 2 і 3 позначено використовувані частоти.

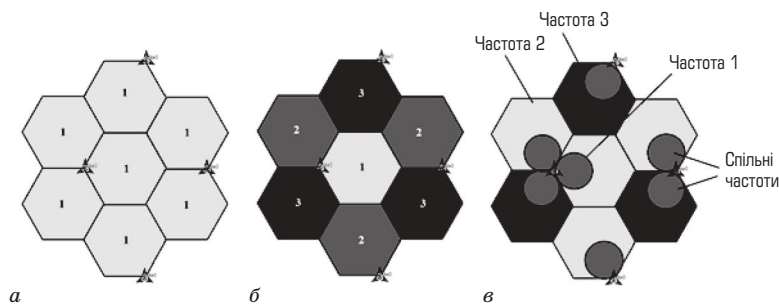


Рис. 1. Схеми повторного (частково повторного) використання в UMTS однієї і тієї самої частоти (а) і трьох різних частот (б, в)

Із наведених схем оптимальною є схема частково повторного використання радіочастот FFR (*Fractional Frequency Reuse*), зображена на рис. 1, в. Такий підхід дозволяє більш гнучко використовувати частоти, знаходячи компроміс між їх повторенням у близькій зоні і на краю осередку. Завдяки цій схемі на межі зон обслуговування знижується вплив сусідніх осередків за рахунок використання в них різних частот. Водночас у близькій зоні зростає продуктивність мережі за рахунок використання спільних частот. Розподіл трафіку в осередках при FFR забезпечує планувальник Node B. Докладніше цей метод планування описано в [2].

На початковому етапі планування необхідно сформулювати вхідні вимоги до радіомережі, визначити основні завдання щодо її створення, а також конкретні мережні параметри. Зміст вхідних вимог, основних завдань і показників мережі [3] розкриває рис 2.

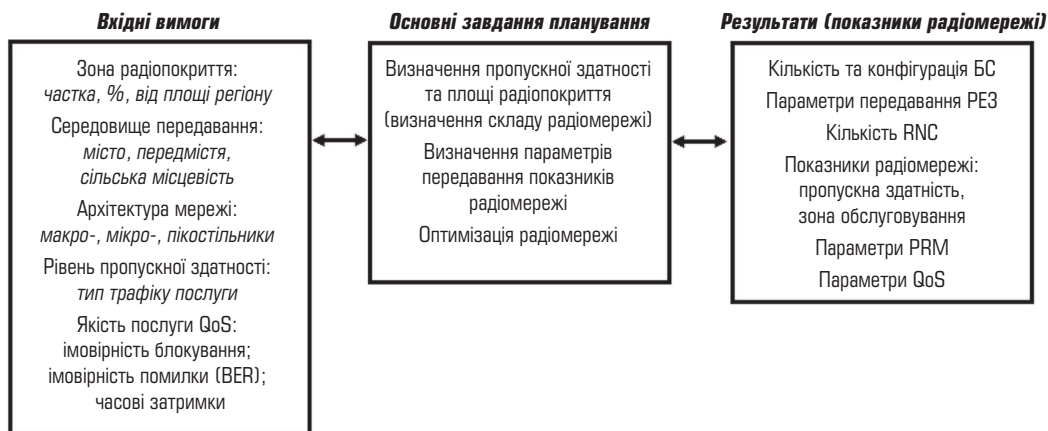


Рис. 2. Зміст етапу планування радіомережі UMTS

При проектуванні мережі мобільного зв'язку мають бути виконані такі основні операції: оцінювання вартості проектованої мережі; оцінювання ємності мережі; оцінювання радіопокриття і розташування елементів мережі; оцінювання максимально припустимої щільності (ступеня) послуг; оцінювання кількості викликів; оцінювання майбутнього розвитку мережі тощо.

Загальну структуру алгоритму планування та оптимізації радіомережі UMTS унаочнює рис. 3 [5].

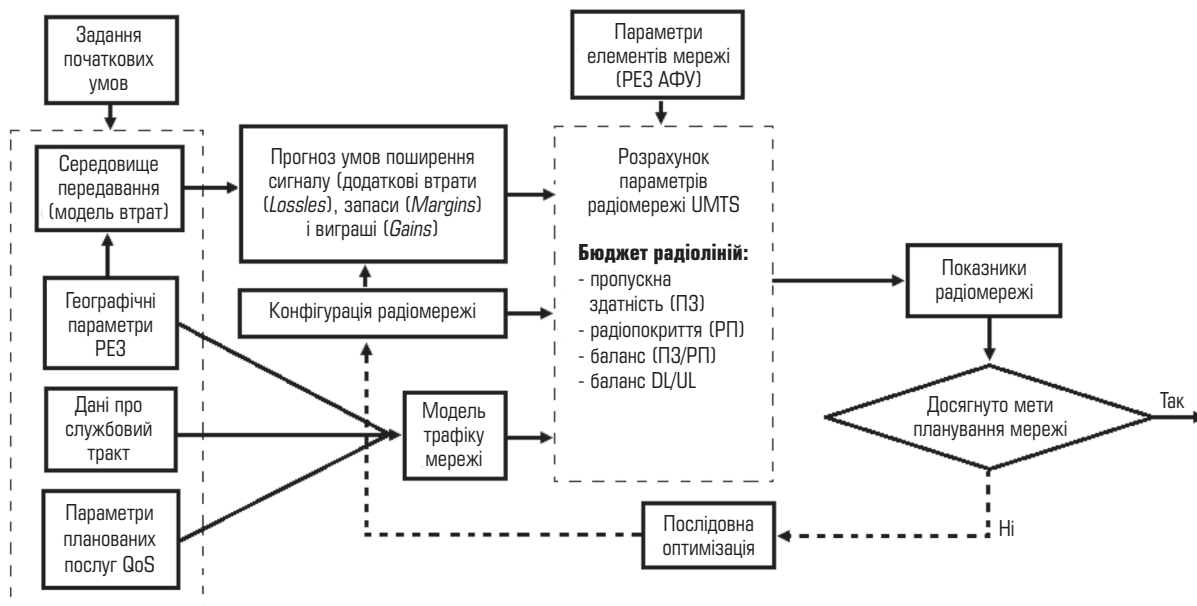


Рис. 3. Загальний алгоритм планування та оптимізації радіомережі UMTS

Розглянувши цей алгоритм, слід звернути увагу на такі його особливості. По-перше, при плануванні радіомережі потрібно застосовувати різні моделі трафіку. Це зумовлено тим, що мережі UMTS можуть надавати цілу низку послуг із різними швидкостями передавання даних і такими вимогами щодо їх якості, як часові мережні затримки, допустимі ймовірності помилок BER і т. ін. Згадані моделі можуть по-різному впливати на показники мережі UMTS. Наприклад, для користувача швидкість передавання даних найбільше впливатиме на розмір зони радіопокриття, що унаочнює рис. 4. Ідеться про явище «дихання стільника»: чим більше абонентів у цей момент використовують ресурс даного стільника, тим менший радіус його дії. При цьому максимальна швидкість «загасає» при віддаленні абонента від БС. Тому на етапі планування мереж 3-го покоління у великих містах БС потрібно розміщувати на відстані не більш як 1 км одна від одної.

По-друге, при оцінюванні планованого обсягу трафіку часто використовують наявну статистику, типову для різних видів населених пунктів. Тобто при плануванні мережі доводиться враховувати пропорцію між площею території та відповідною чисельністю населення як базу для визначення кількості абонентів у передбачуваній зоні обслуговування та планування сайтів.

При плануванні та оптимізації мереж мобільного зв'язку важливо оцінити зону радіопокриття. Вона визначається потужністю сигналу БС і його загасанням при поширенні. Загальна зона покриття формується за рахунок сукупності областей покриття кожного стільника.

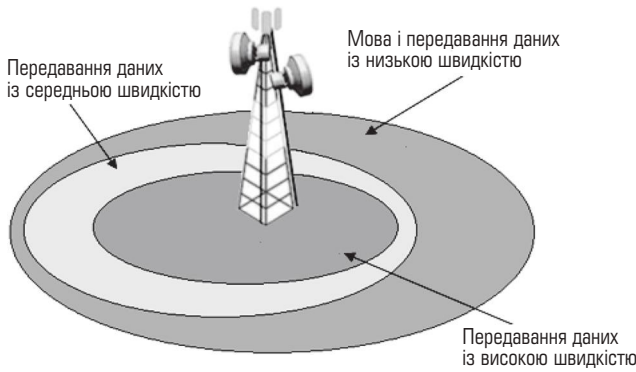


Рис. 4. Швидкість передавання та зона покриття

Загальна зона покриття формується за рахунок сукупності областей покриття кожного стільника. Площа S покриття традиційного трисекторного стільника гексагональної форми обчислюється за такою формулою [1]:

$$S = \frac{9 \cdot \sqrt{3}}{8} \cdot d^2. \quad (1)$$

Для односекторної мережі

$$S = \frac{3 \cdot \sqrt{3}}{2} \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2. \quad (2)$$

Тут d — радіус стільника, розрахований згідно з бюджетом радіолінії.

Розмір стільника, тобто радіус d для конкретної послуги залежить переважно від необхідної швидкості передавання даних, ступеня завантаженості та необхідного відношення сигнал/шум E_b/N_0 на вході приймача.

Алгоритми розрахунку зон покриття по висхідних (UL) і низхідних (DL) каналах наведено в [5]. Фізичний зміст розрахунку зони покриття по висхідному каналу полягає в тому, що ефективна ізотропно-випромінювана потужність передавача абонентського пристрою має забезпечити на вході приймача БС відповідний рівень корисного сигналу, що дорівнює необхідній чутливості приймача. При цьому враховується, що на сигнал при його поширенні в середовищі впливає ціла низка чинників. Зокрема, на боці БС — втрати в антенно-фідерних пристроях, втрати при проникненні сигналу в будівлі, загасання сигналу, посилення сигналу в приймальній антені та збільшення рівня сигналу за рахунок рознесеного прийому.

На боці абонентського пристрою це такі чинники, як коефіцієнт підсилення передавальної антени та втрати потужності через близькість тіла людини.

Необхідна чутливість приймача залежить від багатьох чинників і може змінюватися за тих чи інших умов. Сам термін «необхідна чутливість» означає мінімальний рівень корисного сигналу на вході приймача, необхідний для конкретної послуги. Він залежить від необхідного рівня відношення сигнал/шум, який має своє значення для кожної послуги, а також від виграшу щодо енергетики та від сумарних шумів у вигляді адитивної суміші внутрішнього шуму приймача та внутрішньосистемних завад від власного і сусіднього стільників.

Особливість алгоритму розрахунку зони покриття по низхідному каналу при передаванні даних полягає в необхідності брати до уваги розподіл повної потужності БС між фізичними каналами передавання даних у форматах R'99 і HSDPA, пілотним каналом CPICH і службовими каналами. Необхідна потужність випромінювання БС для каналів передавання даних може бути оцінена зі співвідношення:

Сумарна швидкість передавання даних (навантаження) по висхідних (лінії «вгору») та низхідних (лінії «вниз») каналах по-різному впливає на зону обслуговування БС, яка характеризується максимально припустимим коефіцієнтом загасання радіосигналів (рис. 5).

При побудові наведених на рис. 5 графіків передбачалося, що сайт складається з трьох секторів, а швидкість передавання даних відповідає одному сектору в смузі 5 МГц [6]. Окрім того, у висхідній лінії швидкість передавання даних досягала 144 кбіт/с, відношення i потужностей завад від інших стільників до завад у даному стільнику дорівнює 0,65. У низхідній лінії коефіцієнт ортогональності радіосигналів становить 0,6, а $E_b/N_0 = 5,5$ дБ, що відповідає сумарній швидкості передавання даних у стільнику 820 кбіт/с. Метод рознесення при передаванні даних не враховувався. Потужність радіосигналів в БС взято 10 Вт, додатково враховувалися втрати в кабелі.

Як бачимо, зона обслуговування низхідної лінії залежить від навантаження більшою мірою, ніж у висхідній лінії. Причина полягає в тому, що потужність передавання БС автоматично регулюється згідно з умовами поширення радіосигналів для підвищення пропускної здатності низхідної лінії. Із досягненням максималь-

$$L(d) \geq \frac{P_{\Sigma(1-DL)}}{P_N} \left[\sum_{j=1}^N \frac{1}{\frac{G_{pj}}{\left(\frac{E_b}{N_0}\right)_{j+v_j}} + (1-a_j)} \right]^{-1}. \quad (3)$$

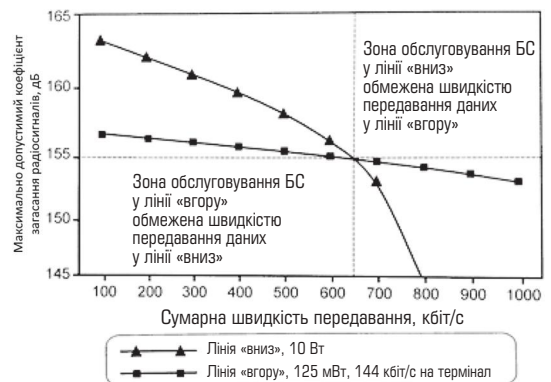


Рис. 5. Залежність зони обслуговування БС у висхідних і низхідних лініях від сумарної швидкості передавання даних у макростільнику

ної вихідної потужності передавання пропускна здатність може надалі зростати тільки або за рахунок погіршення якості зв'язку (зменшення відношення сигнал/шум на вході приймача абонентського терміналу), або за рахунок зменшення зони обслуговування. Отже, максимальна потужність передавання в низхідній лінії обмежена. У висхідній лінії кожний додатковий абонент має свій підсилювач потужності. Тому сумарна потужність радіосигналів, що їх приймає БС на висхідній лінії, залежить від кількості абонентів. Через це навіть за невеликого навантаження висхідної лінії зона обслуговування зменшується зі зростанням кількості абонентів.

Слід зазначити, що при плануванні та оптимізації мереж мобільного зв'язку UMTS у розрахунках навантаження висхідних і низхідних ліній доводиться брати до уваги асиметричність трафіку в різних напрямках.

Залежність зони обслуговування БС від швидкості передавання даних при різній потужності передавання БС ілюструє рис. 6.

Підвищення потужності передавання у висхідній лінії на 10 Вт дозволяє допустити на 3,0 дБ більші загасання в процесі поширення радіосигналів. При цьому бачимо, що зростання швидкості передавання даних менш істотне, ніж збільшення зони обслуговування. Так, загасання 153 дБ у низхідній лінії є максимальним у висхідній лінії, а в разі збільшення загасання на 3 дБ швидкість передавання даних у низхідній лінії підвищується на 10 %.

Висновки

◆ При плануванні мереж мобільного зв'язку важливим етапом є оцінювання радіопокриття, що, у свою чергу, є складним процесом. Описані в цій статті алгоритми дають уявлення про головні принципи розрахунку зони радіопокриття при плануванні мережі UMTS.

◆ Проаналізовано залежність зони обслуговування БС у висхідних і низхідних лініях від сумарної швидкості передавання даних у макростільнику та досліджено, як збільшення потужності передавання БС впливає на швидкість передавання даних і зону обслуговування низхідної лінії.

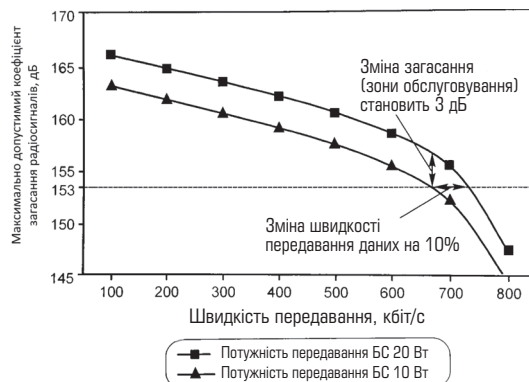


Рис. 6. Вплив збільшення потужності передавання БС на швидкість передавання даних і зону обслуговування низхідної лінії

Список використаної літератури

1. Recommendation ITU-R P.1546-4. Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3000 MHz. P Series: Radiowave propagation, 2009.
2. 3GPP TS 36.141 v9/9/0 (2011-09). Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Base Station (BS) conformance testing.— Technical Specification (Release 9), 2011.
3. Recommendation ITU-R P.1407-4. Multipath propagation and parametrization of its characteristic. P Series: Radiowave propagation, 2009.
4. Wiley, J. HCDMA for UMTS: Radio Access for Third Generation Mobile Communications / John Wiley.— Edited by Harri Holma and Antti Toskala (Third Edition). John Wiley & Sons Ltd., 2005.
5. Скрынников, В. Г. Радиоподсистемы UMTS/LTE. Теория и практика / В. Г. Скрынников.— М.: Изд-во «Спорт и Культура-2000», 2012.— 864 с.
6. Тихвинский, В. О. Управление и качество услуг в сетях GPRS/UMTS / В. О. Тихвинский, С. В. Терентьев.— М.: Эко-Трендз, 2007.— 512 с.

Рецензент: доктор техн. наук, професор **В. Г. Сайко**, Державний університет телекомунікацій, Київ.

К. П. Сторчак, О. В. Невдачина, О. М. Ткаленко, В. Р. Косенко, А. П. Полоневич

АНАЛИЗ ЗОНЫ РАДИОПОКРЫТИЯ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ СЕТИ UMTS

Описаны принципиальные моменты процесса планирования сети мобильной связи на базе технологии UMTS. Освещены основные аспекты алгоритма расчета зоны радиопокрытия при планировании сети UMTS согласно особенностям радиоинтерфейса с кодовым разделением каналов.

Ключевые слова: процесс планирования; UMTS; радиодоступ; оптимизация; алгоритм планирования.

K. P. Storchak, O. V. Nevdachina, O. M. Tkachenko, V. R. Kosenko, A. P. Polonevich

ANALYSIS OF THE RADIO-COVERING ZONE AT PLANNING THE UMTS NETWORK

The features of the UMTS technology mobile network planning process are described. The main aspects of the algorithm for calculating the radio coverage area at planning the UMTS network taking into account the features of the radio interface with code division of channels are shown.

Keywords: planning process; UMTS; radio access; optimization; algorithm of planning.