

І.М. Кузь, З.М. Хархаліс, П.О. Гуськов, О.А. Лаврів
Національний університет "Львівська політехніка"

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ЧАСТОТНОГО ПЛАНУВАННЯ КОМІРКОВИХ МЕРЕЖ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЙ LTE ТА GSM

© Кузь І.М., Хархаліс З.М., Гуськов П.О., Лаврів О.А., 2013

I.M. Kuz, Z.M. Kharkhalis, P.O. Guskov, O.A. Lavriv
Lviv Polytechnic National University

RESEARCH OF THE FREQUENCY PLANNING METHODS FOR CELL NETWORKS BASED ON LTE AND GSM TECHNOLOGIES

© Kuz I.M., Kharkhalis Z.M., Guskov P.O., Lavriv O.A., 2013

Modern researches in field of mobile network depend on network infrastructure in a specific region. Nowadays, the actual issue is reforming of the existing frequency range for LTE deployment. The most common band is 900/1800 MHz, which is usually licensed for the GSM networks. It is known that LTE network core can be easily integrated with the existing GSM infrastructure. The convergent base stations had been already known which can operate with GSM/LTE/WCDMA simultaneously. Therefore, the urgent task is implementation of radio interface based on spectrum sensing between different technologies in the same band. This work is devoted to building effective frequency planning networks for LTE technology on the existing GSM band. While making frequency planning of LTE technology, we take into account the presence coverage of existing GSM network. Thus, we consider two different methods of frequency planning: soft and fractional. Both of these methods of frequency reuse are well described in LTE. In both cases, the whole frequency band is divided into two groups. One of them is used by the subscribers located inside the cell as well as on its edges, the other – only inside the cell. Deploying LTE coverage on GSM spectrum may arise the situation when operating frequencies of GSM base station can fully interfere with one of the LTE bands. We propose a modified method of soft frequency re-use, which lies in exception of conflict bands from an inside-cell frequency band. At the border of the cell, we propose to use a coordinated service that is providing service to the subscriber by multiple base stations, in order to achieve higher throughput. This technology lies in synchronizing multiple base stations in time and frequency in their interaction via optical channel. Using a joint processing method, we obtain a significant increase in throughput at the border of the cell, which compensates some drawbacks of the soft frequency reuse method. One of the options for deploying LTE network is construction of a common network between several operators. It is a widespread practice these days and leads to the solution for a number of problems, which are connected, in particular, to the lack of spectrum for 3rd and 4th generation networks deployment. Given the global experience, we consider the following model of cooperation between operators: two or more operators carry out reforming of their own bands to release a continuous frequency band, merging of which forms a common frequency band. From the set of architectural solutions, we chose two models in which we will be interested. Gateway Core Network – main principle of which lies in closer interaction in a network control segment and allows to install shared mobility management entities as well as a common radio access network. Multi Operator Core Network – uses separate MME modules, which, in comparison to GWCN, allows to decrease amount of service traffic in transport network and to simplify the setup of each core network. According to Ukrainian circumstances and the need of CAPEX reducing in the initial stage we propose to use a GWCN model.

Keywords –LTE technology, frequency planning, methods of frequency reuse, coordinated multipoint, Network sharing.

Проаналізовано використання нових методів повторного використання частот. Запропоновано модель ефективного частотного розподілу на основі уникнення конфліктних смуг з технологією GSM. Розглянуто алгоритм координованого обслуговування для зменшення міжкоміркової інтерференції. Проаналізовано необхідність перерозподілу частотних ресурсів між операторами зв'язку з метою отримання неперервної смуги для впровадження технології LTE. З метою отримання великої кількості частотних ресурсів, запропоновано здійснювати спільну експлуатацію мережі LTE. Для оптимальної побудови мультиоператорної мережі є запропоновано використання архітектури GWCN.

Ключові слова – технологія LTE, частотне планування, методи повторного використання частот, координоване обслуговування, Network sharing.

Вступ

Потреби доступу до Інтернету для мобільних абонентів призвели до розробок технологій GPRS (General Packet Radio Service), EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution) CDMA, UMTS. Проте дані технології не забезпечують необхідну величину пропускну здатності для комфортної роботи в мережі Інтернет, наприклад перегляду високоякісних потокових відео файлів чи проведення відео конференцій. Саме для забезпечення мобільного високошвидкісного інтернету розроблена технологія LTE (Long Term Evolution), яка здатна забезпечувати пропускну здатність понад 100 Мбіт/с.

На відміну від інших стандартів мобільного зв'язку, LTE не прив'язана до якогось конкретного діапазону частот. Вибір частотного ресурсу зводиться до 2 основних варіантів: впровадження технології в новому, невикористаному діапазоні та впровадження мережі вже на використовуваних частотних ресурсах, суміжно з іншими технологіями. В першому випадку від операторів зв'язку вимагаються значні затрати ресурсів на купівлю частотного спектру, процедуру отримання ліцензій для даної технології, практично побудова нової мережі з нуля. В другому випадку затрати ресурсів є значно менші, основна проблема зводиться до максимально ефективного використання спектра, для забезпечення повноцінного функціонування технологій.

Впровадження LTE на частотах GSM дозволяє операторам отримати відносно широку смугу для початкової експлуатації мережі з перспективою зростання смуги, внаслідок переходу абонентів GSM на нову технологію. Оператори матимуть змогу економити за рахунок як перевикористання спектру, так і перевикористання інфраструктури мережі доступу.

Правильний розподіл частотних ресурсів дозволить операторам найбільш ефективно впровадити технологію LTE на території України в короткостроковий період без значних затрат ресурсів. Впровадження мережі 4-го покоління зводиться до двох основних стратегій: побудова спільної мультиоператорної LTE мережі або побудова LTE мережі оператором на власних частотних ресурсах.

Частотне планування LTE мережі

Для отримання найкращих показників спектральної ефективності LTE необхідно мінімізувати параметри, що обмежують пропускну здатність системи, а саме величину інтерференції. Розрізняють міжкоміркову інтерференцію та інтерференцію всередині комірки. Застосування технології OFDMA дозволяє усунути останню. Для зменшення міжкоміркової інтерференції пропонується застосовувати такі методи: нові методи повторного використання частотних каналів (ПВЧ) та координація роботи сусідніх базових станцій.

Нові методи ПВЧ полягають в тому, що для абонентів, які перебувають в ближній зоні дії БС, значення с/ш є великим, міжкоміркова інтерференція відсутня, використання методів з коефіцієнтом ПВЧ більше одиниці призводить лише до втрати частотних ресурсів для абонентів. Тому технологія LTE на відміну від технології GSM забезпечує кожній базовій станції мережі вибірково виділяти смуги частот і потужність користувачам, в залежності від їх розташування в соті.

Нові методи ПВЧ полягають у розділенні всього частотного ресурсу на дві групи: основна та другорядна. Перша з них використовується для обслуговування абонентів, що перебувають на межі дії станції, тобто їм надається лише частина наявних ресурсів. Другорядна група використовується для надання обслуговування абонентам, що знаходяться в ближній зоні комірки.

Розрізняють 2 основні методи: часткове ПВЧ (в ближній зоні спільна смуга для всіх комірок; для дальньої зони кожній комірниці в межах ансамблю виділена певна смуга для обслуговування абонентів) та м'яке ПВЧ (смуга виділена для абонентів на межі дії БС, може використовуватись і абонентами поблизу БС)

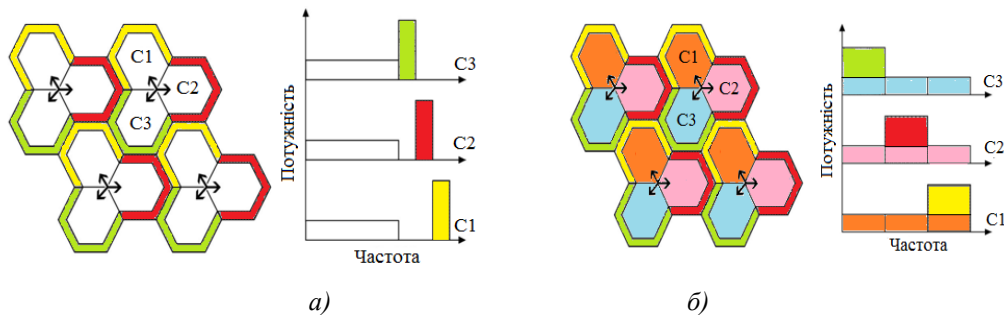


Рис. 1. Методи часткового (а) та м'якого (б) ПВЧ

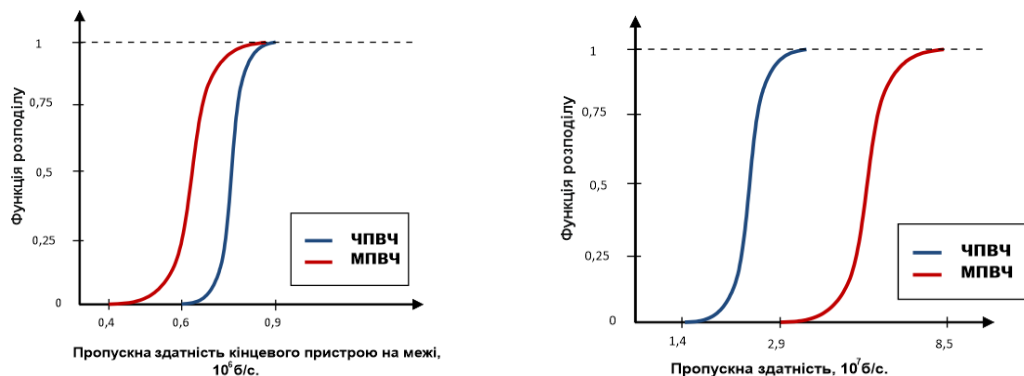


Рис. 2. Порівняння методів ПВЧ за пропускну здатністю

Порівняння даних методів демонструє, що кращою спектральною ефективністю володіє м'яке ПВЧ.

Для збільшення пропускну здатності на межі дії базової станції передбачено використання технології координованого обслуговування, під якою розуміється обслуговування абонента декількома БС. Для функціонування координованого обслуговування необхідно, щоб всі БС, які здійснюють прийом чи передачу даних, були синхронізовані по часу і частоті. Дана взаємодія між БС досягається внаслідок нової архітектури ядра мережі для стандарту LTE – System Architecture Evolution, серед особливостей якої виділимо наявність прямої взаємодії між БС LTE за допомогою інтерфейсу X2.

Технологія координованого обслуговування має два основні варіанти:

- Режим координованої обробки (КОбр). В даному режимі дані для передачі є на декількох БС.
- Режим координованого планування (КП) і режим координованого формування діаграми спрямованості (КФДС). При даній формі координації, відомій як КП/КФДС, прийом чи передача здійснюється від одної БС, але при цьому здійснюється координація роботи всіх БС.

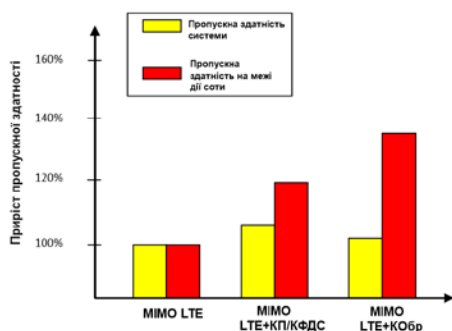


Рис. 3. Порівняння ефективності режимів роботи координованого обслуговування

Таким чином видно, що більший приріст пропускної здатності для абонентів на межі дії БС забезпечує використання режиму координованої обробки.

Отже, поєднання МПВЧ і КОбр дозволяє максимально ефективно використовувати частотні ресурси при побудові LTE мережі.

При правильному розподіленні частот і потужностей в кожній комірці можна побудувати мережу LTE на всій території України. Проте оскільки ми здійснюємо впровадження LTE на частотах GSM може виникнути ситуація, коли робочі частоти станції GSM можуть повністю співпасти з частиною смуги, що використовується технологією LTE. Щоб максимально мінімізувати дану ситуацію з другорядної групи частот можна вилучити конфліктні смуги. Усунення смуги частот призведе до втрати пропускної здатності, оскільки згідно теореми Шенона, ширина спектру і швидкість передачі є величини прямо пропорційні.

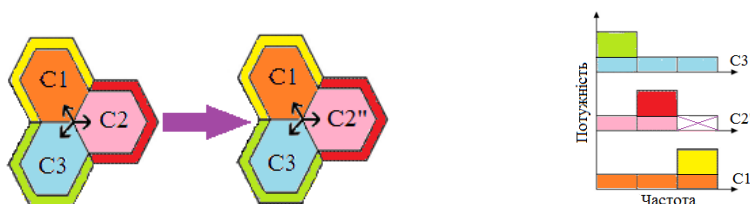


Рис. 4. Модифікація МПВЧ з метою усунення конфліктної смуги

Способи впровадження технології LTE

Як зазначалось раніше, побудова LTE здійснюється в діапазоні частот GSM. В процесі купівлі ліцензій на частоти GSM виникла ситуація, коли оператори не володіють широким частотним діапазоном, а володіють багатьма неширокими смугами, що розкидані по всьому діапазону

Дана ситуація є не на користь впровадження технології LTE, оскільки та вимагає наявності неперервної смуги частот від 1,4 до 20 МГц. З цієї причини перед розбудовою мережі 4-ого покоління необхідно здійснити перерозподіл частотних ресурсів між операторами, щоб кожен міг отримати широкі смуги спектру для можливості впровадження нових технологій.



Рис. 5. Перерозподіл частот з метою виділення широких смуг

Після перерозподілу оператори зв'язку матимуть змогу здійснювати побудову мережі 4-го покоління.

Впровадження технології LTE зводиться до 2 основних стратегій:

- побудова LTE мережі за рахунок власних частотних ресурсів;

- побудова спільної LTE мережі.

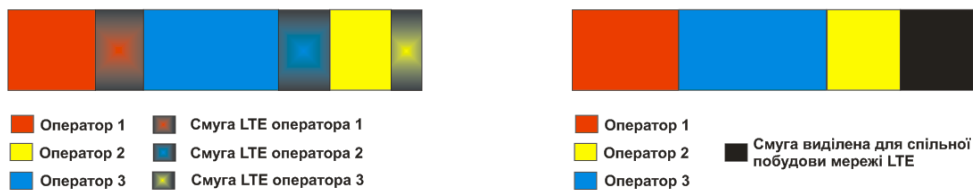


Рис. 6. Стратегії впровадження мережі LTE

Обмежена кількість частотних ресурсів окремих операторів для впровадження нових технологій в сучасних умовах не дозволяє реалізувати весь потенціал технології LTE. Доцільнішим буде прийняття рішення про об'єднання частотних ресурсів різних операторів, що дасть можливість побудувати мережу із високим рівнем якості надання послуг.

Network sharing – колективне володіння та експлуатація спільної мережевої інфраструктури або її частин двома чи більше телекомунікаційними операторами.

Переваги network sharing:

- Зменшення витрат на розгортання мережі (CAPEX/OPEX).
- Забезпечення оптимального покриття у відносно короткі терміни.
- Можливість надання абонентам послуг із вищою якістю.
- Зведення конкурентної боротьби між операторами до способів ведення їх маркетингової і тарифної політики.
- Можливість збереження існуючої абонентської бази для операторів, які співпрацюють між собою.

Однією з форм Network sharing є спільне використання мережі радіодоступу операторами з виділеними базовими мережами (Multi Operator Core Network, MOCN)

MOCN дає можливість:

- Використання спільної мережі радіодоступу (eUTRAN - evolved Universal Terrestrial Radio Access Network), що включає спільні базові станції eNodeB мережі LTE.
- Роздільне використання модулів управління мобільністю (MME – Mobile Management Entity), серверів домашніх абонентів (HSS – HomeSubscriberServer), шлюзів доступу (GW – GateWays) та інших елементів базових мереж (CN – CoreNetwork) кожного оператора LTE.

Інша форма отримала назву GWCN (Gateway Core Network) і полягає у тіснішій взаємодії в сегменті контролю мережі.

GWCN дозволяє:

- Використання спільної мережі радіодоступу eUTRAN та модулів управління мобільністю MME.
- Роздільне використання шлюзів SGW/PGW (на рисунку об'єднано під аббревіатурою GW) та сервера домашньої бази даних користувачів HSS в базових мережах кожного оператора LTE.

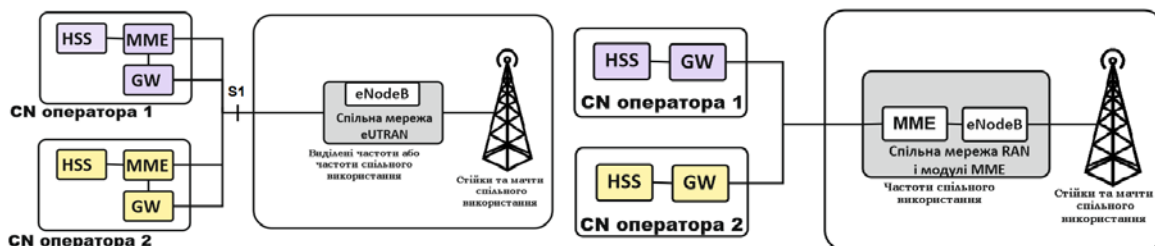


Рис. 7. Форми Network sharing: MOCN та GWCN

Зведена порівняльна таблиця архітектур мультиоператорної мережі

	MOCN	GWCN	Коментар
Взаємодія з існуючими мережами	+	-	MME потрібен інтерфейс з існуючими мережами (тобто SGSN). Використання спільного MME означає більш тісну інтеграцію між E-UTRAN спільного користування та кожним оператором з його базовою мережею(core network).
Підтримка голосового сервісу для мереж з каналною комутацією	+	-	CS fall back вимагає наявності інтерфейсу з комутацією каналів між блоками MME та MSC.
Підтримка голосового сервісу з IMS	=	=	Підтримка IMS є найкращим рішенням для передачі голосу через мережі LTE на даний момент.
Підтримка роумінгу	+	+	Наявність спільного MME є недоліком, так як HSS адреса кожного роумінг партнера повинна бути визначена в спільному MME для кожної базової мережі під'єднаної до спільної eUTRAN.
Вартість	-	+	Використання спільного MME означає розподілення вартості його експлуатації між операторами, що ним користуються. З іншого боку, це залежить від контексту співпраці.

Враховуючи умови українського ринку і потреби операторів, при введенні LTE мережі на території України, найбільш виправданим на початковому етапі є використання моделі GWCN за рахунок економії на затратах кожного оператора, яку ця модель співпраці здатна забезпечити.

Висновок

Запропоновано комплексне застосування методу м'якого повторного використання частот сумісно із режимом координованої обробки для підвищення пропускної здатності мережі LTE. Здійснено модифікацію методу МПВЧ з метою уникнення конфліктних смуг з технологією GSM. Передбачено необхідність перерозподілу частотних ресурсів GSM між операторами з метою отримання широкої смуги спектру для впровадження технології LTE. Проаналізовано способи спільної побудови LTE мережі, оскільки спільна побудова надає змогу виділити більшу смугу для впровадження технології 4-го покоління та реалізації її максимального потенціалу. На основі порівняльного аналізу способів спільної побудови та економії затрат для операторів вибрано архітектуру GWCN (Gateway Core Network). Проведені дослідження дозволяють операторам зв'язку здійснити максимально ефективно впровадження технології LTE на території України.

1. Sauter M. *From GSM to LTE. An introduction to mobile networks and mobile broadband*. Wiley, 2010, p.221. С. 95-100. 2. *Network Sharing in LTE, Technology White Paper, Al-catel-Lucent, 2010.* 3. Mykhailo Klymash, Orest Lavriv, Bohdan Buhyl, Yuriy Danik. *Service Quality Oriented Method of Multiservice Telecommunication Networks Design. 11th International Conference Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science Dedicated to the 60th Anniversary of Radio Department at Lviv Polytechnic National University TCSET'2012. February 21-24, 2012 Lviv-Slavske, Ukraine. Publishing House of Lviv Polytechnic. P. 235-236.* 4. M. Jo, T. Maksymyuk, M. Kyryk and L. Han, "Cognitive Radio Approach for LTE Deployment". In *Proc. IEEE International Conference on The IXth International Conference Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEM-STECH 2013)*, p.63-64, Apr. 2013.