

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ІНТЕРЕФЕРЕНЦІЙНОЇ КООРДИНАЦІЇ В ГЕТЕРОГЕННИХ МЕРЕЖАХ СТАНДАРТУ LTE

Рак Р.І., Кравчук С.О.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна

E-mail: foxter222@ukr.net

Application of methods of interference coordination in heterogeneous networks of standard LTE

In this survey we have briefly summarized inter-cell interference coordination (ICIC) methodologies in the concept of heterogeneous networks of LTE and demonstration of needed to use their in future.

Первинне розгортання мереж LTE (Long Term Evolution) базується на однорідних (гомогенних) мережах, які складаються із базових станцій (БС), що забезпечують базове покриття (завдяки макробазовим станціям). На даний час неоднорідні (гетерогенні) мережі привернули до себе значну увагу. Так завдяки розгортанню таких мереж можна здійснити оптимізацію показників систем зв'язку, особливо при врахуванні нерівномірного розподілу користувачів та трафіку по стільнику. В таких мережах шар планових макро БС, що мають високу потужність, накладається з шарами піко або фемто базових станцій, що мають нижчі рівні енергетичних затрат, вони можуть бути розгорнуті в умовах меншої спланованості або навіть при повній відсутності координації. При такому розгортанні мереж можна досягти значного підвищення потужності та продуктивності роботи мережі LTE на краях стільників [1].

На даний момент існує елементарна стратегія, що дозволяє збільшити ємність мережі стільникового зв'язку завдяки зменшенню розміру самого стільника. Основна ідея полягає в тому, щоб надалі збільшувати застосування повторного використання частот. Для оптимізації витрат різні типи базових станцій використовуються в різноманітних цілях, так наприклад, деякі великомасштабні БС використовуються для базового покриття, менші БС застосовуються у місцях, де наявні зони із недостатнім покриттям або ж для забезпечення зв'язку на границях стільників, також можливе використання БС для створення зон покриття в робочих приміщеннях та житлових будівлях.

Глобальні (макро) базові станції не мають обмежень по вихідній потужності. Що ж стосовно локальних базових станцій (піко БС), то за своїми ознаками вони є повнофункціональними вузлами, які при цьому мають меншу потужність передачі, менші габарити та вартість, завдяки чому БС даного виду можуть бути легко розгорнуті для покращення умов у зонах, де наявні сліпі зони та для забезпечення більш високих швидкостей передачі даних на краю стільника. Домашні (фемто) БС мають обмежену потужність, яка фактично нижча від термінальної вихідної потужності. Обмеження введено задля того, щоб мінімізувати вплив у серйозних інтерференційних умовах, що виникають в результаті нескоординованого розгортання БС [2].

Так мережі стандарту LTE використовують метод повторного використання частот із коефіцієнтом повторного використання рівним 1, що в свою чергу означає, що кожна базова станція для здійснення передачі використовує всю системну смугу пропускання і при цьому стільникове планування відсутнє, що надалі ускладнює боротьбу із інтерференцією від сусідніх стільників. Таким чином, при розгортанні макростільників LTE мобільні термінали, що знаходяться на краях стільників, зазнають впливу високого рівня інтерференції. Тому розміщення нових БС між макростільниками дозволило б підвищити відношення рівня сигналу до рівня шуму (далі SINR, Signal Interference + Noise Ratio) для абонентів на краях стільників та допомогло б у досягненні рівномірного задоволення потреб користувачів та подолання обмеження енергетичного потенціалу лінії зв'язку. Саме у такій ситуації інтерференційна координація між стільниками ICIC (Inter Cell Interference Coordination) відіграє досить важливу роль у функціонуванні гетерогенних мереж.

Методи інтерференційної координації в LTE в основному обмежуються частотною областю, наприклад, можливістю тільки часткового використання ресурсів у напрямку частоти і (або) адаптації рівнів потужності [3]. ICIC реалізується шляхом планування частотних ресурсів, тобто визначення максимальної потужності випромінювання сигналів у тій чи іншій ділянці спектра несучої у кожному із стільників. Розрізняють три основні схеми частотного планування:

- повне повторне використання частоти – стандартний спосіб управління мережею LTE. Головною проблемою у цій конфігурації є те, що користувачі, які перебувають на краю стільника, відчувають високий рівень інтерференції від сусідніх стільників у низхідному каналі і створюють сильну інтерференцію у висхідному каналі, при цьому значно погіршуючи продуктивність зв'язку.

- жорстке повторне використання частот розглядається в основному в мережах GSM. При застосуванні даного методу до LTE це означає, що піднесучі розділені на 3, 4 або 7 непересічних наборів піднесучих частот. Ці набори призначаються окремим БС таким чином, щоб сусідні стільники не використовували той же набір частот. Це значно зменшує рівень інтерференції на краю стільника будь-якої стільникової пари і може вважатися повною протилежністю до повного повторного використання частоти. У той час як користувацька інтерференція на краю стільника максимально зменшена, ефективність використання спектра падає на коефіцієнт, що дорівнює коефіцієнту повторного використання.

- дробне повторне використання частот комбінує поняття двох попередніх схем. Даний метод складається з ділення частотного спектру на дві частини, у яких буде різне повторне використання частот. Одна ділянка системного спектру використовується у всіх стільниках, в той час як інша частина спектру розділена між різними БС, як у жорсткому повторному використанні частоти. Ідея полягає в тому, що базова станція буде призначати повністю повторно використовувані частоти частинами для UE (User Equipment), що знаходиться в центрі стільника, та інші частини для абонентів на краю стільника. Ця схема

найбільш вигідна для ICIC у висхідній лінії зв'язку, де можуть виникнути проблеми при високих рівнях інтерференції, коли користувач знаходиться близько до інтерферуючого джерела – сусіднього стільника.

Слід зазначити, що в разі гетерогенних мереж блокування деяких наявних ресурсів у частотному напрямку на піко або фемто базових станціях також може бути корисним, та при цьому макро БС повинні мати можливість використовувати весь частотний спектр. Це надає ресурси макростільникам, які не піддаються впливу інтерференції від менших базових станцій, в результаті чого досягається зменшення пропускної здатності для менших БС. Але це не обов'язково призводить до зменшення користувацької пропускної здатності, так як кількість абонентських терміналів, які обслуговуються меншими БС, зазвичай має певні обмеження.

Розглянуті схеми частотного розподілу можуть бути легко реалізовані ресурсом радіоуправління на базових станціях. В ході дослідження було проведено моделювання роботи мережі LTE в трьох випадках: перший випадок відповідає розгортанню макростільників; другий випадок додає шар піко базових станцій; третій випадок включає розширення діапазону, додатково до шару неоднорідних мереж. В результаті дослідження наведених випадків стало зрозуміло, що проблема статичного методу ICIC полягає в тому, що оптимальна конфігурація сильно залежить від конкретного сценарію, тобто і від розташування піко БС в макростільниках, і від розподілу абонентів, їх переміщення в безпосередній близькості від піко БС. Тому задля досягнення більш високої продуктивності доцільно налаштувати вищевказані схеми динамічно, на основі підтримки алгоритму ICIC завдяки активному обміну інформацією між БС задля кращої адаптації до поточного стану мережі. Для цього можна використати X2 сигналізацію.

Література

1. TS 36.814, E-UTRAN; Further advancements for E-UTRA physical layer aspects; Release 9, March 2010.
2. J. Huiling, Z.Zhaoyang, Y.Guanding, C. Peng, and Shiju, "On the Performance of IEEE 802.16 OFDMA Sytem Under Different Frequency Reuse And Subcarrier Permutation Patterns," IEEE Communication Society, in ICC2007, p. 5722.
3. TS 36.814, E-UTRAN; Further advancements for E-UTRA physical layer aspects; Release 9, March 2010.