

Рак Р.І.

студент,

*Інститут телекомунікаційних систем
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут»*

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕДАЧІ ОБСЛУГОВУВАННЯ В ГЕТЕРОГЕННІЙ МЕРЕЖІ СТАНДАРТУ LTE

Для побудови мобільних мереж 4G і подальшого їх розвитку до 5G отримав розвиток стандарт LTE (Long Term Evolution). На сьогодні, згідно з даними Global mobile Suppliers Association (GSA) вже запущено 480 мереж стандарту LTE в 157 країнах. Не дивлячись на таке поширення даної технології, координація інтерференції між стільниками ICIC (Inter Cell Interference Coordination) і оптимізація передачі обслуговування залишаються двома основними технічними проблемами, які перешкоджають ефективному розгортання LTE-мереж [1]. Особливо це стосується випадків щільного розгортання невеликих стільників (мікростільників) з метою вирішення проблеми обслуговування постійно зростаючих обсягів трафіку і охоплення зон з недостатнім покриттям.

На продуктивність передачі обслуговування дуже впливає інтерференція, особливо міжстільникова, яка зустрічається при виконанні передачі обслуговування HO (HandOver) на границях стільників, де рівень завад є найбільш критичним. Залежно від рівня інтерференції, яка сприймається користувачем на краю стільника, в ситуації, яка стосується передачі обслуговування, важливим аспектом є вміння правильно і вчасно переключитися на обслуговування сусідньою базовою станцією (БС). Якщо на краю стільника присутня інтерференція високого рівня, вкрай важливо ініціювати передачу обслуговування, адже вона може бути ускладнена. Дана ситуація буде вважатися передачею обслуговування із запізненням. З іншого боку, для того ж розташування абонента, якщо рівень інтерференції дуже низький, рішення переключитися на іншу БС, ймовірно, може бути занадто раннім і призведе до помилкових рішень щодо ініціації передачі обслуговування або до вибору неправильного цільового стільника. У цьому випадку, стає очевидним, що спільна конфігурація та оптимізація ICIC і процесу HO – важлива технічна задача, яка потребує рішення.

До вирішення даного завдання були проведені кілька досліджень, які показують взаємозв'язок між ICIC-механізмами і передачею обслуговування в мережах стандарту LTE. В роботі [2] представлено вплив схеми ICIC на процес HO, який з кількісної точки зору оцінювався числом передач обслуговування і рівнем блокових помилок BLER (Block Error Rates). Цей метод добре підходить для стандартного розгортання стільників (макростільників), але в той же час він не є оптимальним для розгортання мікростільників, де висуваються більш жорсткі вимоги до самоорганізації мережі. В [3] було проаналізовано взаємодію між HO та ICIC в мікростільникових LTE-мережах, також було оцінено вплив

управління міжстільникової інтерференції на продуктивність передачі обслуговування для різних конфігурацій.

У даній роботі пропонується математична модель, яка враховує в явному вигляді ключові показники ефективності процесу передачі обслуговування всередині механізму ICIC. Метрики передачі обслуговування для відповідності стандартизації розглядаються як стандартні показники оптимізації надійності мобільної мережі MRO (Mobility Robustness Optimization), представлених в 3GPP [4]. Необхідно, щоб існувала можливість переконфігурації механізму ICIC таким чином, щоб мінімізувати інтерференцію на границях стільників до допустимого рівня, після чого будуть виконані цілі MRO: зменшення кількості розірваних викликів, приведення до максимально можливого мінімуму імовірності відмови передачі обслуговування, зменшення надлишкових НО.

В роботі використовується модель, де вся доступна смуга частот ділиться на рівні піддіапазони. Ці піддіапазони позначені як $\{SB_i\}_{i=1}^N$, де N – загальна кількість піддіапазонів. У кожен момент часу ітерації t БС повинна вибрати піддіапазон для передачі. Так як розглядається щільне розгортання мікростільників, то необхідно, щоб процес координації інтерференції проходив в автономному режимі.

Для цієї мети пропонується використовувати алгоритм верхньої довірчої межі [5], який є методом навчання з підкріпленням і використовується для вирішення завдання «багаторукого бандита» MAB (Multi Armed Bandit). Цей алгоритм має перевагу в обчислювальному плані, оскільки він не вимагає попередніх знань про розподіл виграшу. Єдина умова, яка необхідна для обчислення верхньої межі втрат полягає в тому, що виграш знаходиться в діапазоні $[0, 1]$. У досліджуваному випадку ця умова реалізується шляхом ділення функції виграшу по пов'язаному максимуму.

При такому підході використовується функція прийняття рішень, яка однозначно визначає наступний піддіапазон доступний для БС. На кожній t ітерації базова станція вибирає $SB_{g,t}$, який ідентифікований як «жадібний» діапазон g , при цьому максимізуючи значення функції прийняття рішення, розраховане під час t для кожного піддіапазону, ідентифікованого індексом i :

$$SB_{g,t} = \operatorname{argmax}_{1 \leq i \leq N} \quad (1)$$

Функція прийняття рішень формулюється наступним чином:

$$DF_{i,t} = \mu_{i,t} + \sqrt{\frac{2 \times \log(\sum_{i=1}^N n_{i,t})}{n_{i,t}}}, \quad (2)$$

де: $\mu_{i,t}$ – середньостатистична функція виграшу діапазону i в момент часу t . Цей параметр вказує на продуктивність базової станції, яка здійснює передачу сигналів в піддіапазоні i ; $n_{i,t}$ – параметр, що показує скільки БС працювало в піддіапазоні i до моменту часу t . Параметр N відповідає загальній кількості піддіапазонів, які коригуються динамічно у відповідності до показників MRO (3).

У методиці MAB число піддіапазонів N може збільшуватися або зменшуватися детермінованим способом на основі показників MRO, таких як відношення сигнал / шум (SINR). При цьому потрібно враховувати можливість

виникнення НО із запізненням та, в результаті, розриву процесу передачі обслуговування. Була запропонована наступна формула:

$$N = \begin{cases} N + 1 \text{ якщо} \\ HO_{\text{зап.}} > \text{Порог. знач. 1 або } SINR < \text{Порог. знач. 2} \\ N - 1 \text{ якщо} \\ Total_{failures} < \text{Порог. знач. 3} \end{cases} \quad (3)$$

разом з: $Total_{Failures} = HO_{\text{зап.}} + HO_{\text{ран.}} + HO_{\text{непр.}}$

Насправді, число піддіапазонів збільшується в двох випадках: при низькому значенні відношення SINR по всій зоні покриття стільника; при великій кількості НО із запізненням, яка відповідає високому рівню інтерференції, що сприймається користувачами в області передачі обслуговування.

Таким чином, кожному стільнику надається більше варіантів для вибору необхідного піддіапазону, що зменшує ризик повторного використання одних і тих же ресурсів, та мінімізує вплив інтерференції на абонентів. Також варто відзначити, що в разі низької інтенсивності відмов передачі обслуговування можна стверджувати, що рівень інтерференції, що сприймається на краях стільників, не є критичним, тому можна отримати вигреш за рахунок збільшення розміру дозволеної пропускної здатності стільника (зменшивши кількість «рук»), що в результаті призводить до більш високої користувацької пропускної здатності.

Список використаних джерел:

1. Stefania Sesia, Issam Toufik, Matthew Baker, LTE the UMTS long term evolution, Second Edition, Wiley.
2. Рак Р. І., Кравчук С. О. Покращення характеристик передачі обслуговування в мережі LTE за допомогою інтерференційної координації. Проблеми телекомунікацій: 8-а Міжнар. наук.-техн. конф., 16-19 квіт. 2014 р.: матеріали конф. – К., 2014. – С. 148–150.
3. Capdevielle V., Feki A. and Sorsy E., Joint Interference Management and Handover Optimization in LTE Small Cells Network, IEEE ICC12, International workshop on Small Cell Wireless Networks, June 15th, 2012.
4. 3GPP TS 36.423, Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); X2 application protocol (X2AP) (Release 9), 9.4.0 ed., 2010.
5. Auer P., Cesa-Bianchi N. and Fischer P., Finite time Analysis for the Multi-armed Bandit Problem, Machine Learning, 47, 235-256, 2002.