

УДК 621.39

В.В. Гнатушенко, І.С. Дмитрієва

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПРОЦЕДУРИ ХЕНДОВЕРА НА ФУНКЦІОНУВАННЯ МЕРЕЖ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ

Анотація. Проаналізовано можливості найбільш актуального для оптимізації алгоритму м'якого хендовера з відносними порогами. Досліджено вплив інтерференції на функціонування мережі мобільного зв'язку в цілому.

Ключові слова: хендовер, мобільний зв'язок, базова станція, мережа, канал.

Постановка проблеми

За кілька останніх років одним з найголовніших успіхів в галузі телекомунікацій було широке розповсюдження стільникової мобільної телефонії та супутникових телекомунікаційних систем. Для забезпечення стільникового зв'язку поверхня району, що обслуговується, розбивається на комірки (стільники) залежно від областей покриття антен базових станцій (БС) або супутників. Кожна така окрема область покриття має свою частоту, на якій ведеться передавання сигналів. Таким чином, при переміщенні мобільного терміналу (людина, автомобіль, поїзд, корабель, літак тощо) з однієї області впливу в іншу виникає необхідність у виконанні процедури хендовера, тобто в перемиканні встановленого з'єднання. Основне призначення хендовера — забезпечення рухливості абонентів у мобільних мережах під час обслуговування виклику та підтримка гарної якості зв'язку при переміщенні.

Існує безліч процедур, що відбивають якість функціонування мобільних мереж, але однією з основних є саме процедура хендовера. Її успішність і ефективність впливають не тільки на формування оцінки якості сервісів споживачем, але й на працездатність мережі в цілому [1].

Аналіз останніх досліджень

Розрізняють кілька видів хендоверів:

У середині однієї БС, усередині сектору між стільниками – у цьому випадку в процедурі хендовера задіяні декілька

© Гнатушенко В.В., Дмитрієва І.С., 2010

приёмопередатчиків однієї БС. Такий тип хендовера відбувається або через вихід з ладу одного із прийомопередатчиків або через перевантаження. У стандартах 3G і 4G це тип хендовера одержав назву *softer*.

Усередині однієї БС між секторами. Задіяні ресурси тільки однієї БС і в мережах 3G /4G він також зветься *softer*.

Усередині одного BSC (Base Station Controller – контролер базових станцій) між БС – у цьому випадку будуть задіяні ресурси вже декількох мережних елементів: BSC і двох БС. У мережах 3G і 4G цей тип хендовера називається *softer*, тобто якийсь час може існувати два з'єднання між UE і RNC через різні NodeB. Такий тип хендовера гарантує гарну якість з'єднання.

Між BSC усередині одного MSC (Mobile Switching Center – комутатор мобільних мереж зв'язку 1G і 2G) – у цьому випадку БС, між якими відбувається хендовер підключені до різних BSC. У такому хендовері вже задіюються ресурси комутатора й саме MSC управляє таким типом хендовера.

Між MSC – коли БС підключені до різних MSC. У цьому випадку задіюється максимально можливий набір ресурсів у рамках мережі одного стандарту.

Між RAN – це так званий міжсистемний хендовер. Він виконується між базовими станціями, що відносяться до різних стандартів стільникового зв'язку (NMT, GSM, UMTS, LTE, WIMAX). Для цього в кожному новому розроблювальному стандарті передбачається можливість обміну сигналізацією між елементами мереж різних стандартів для такого типу хендовера. Спочатку руйнується старе з'єднання, а потім установлюється нове через непомітний абонентові проміжок часу.

Не залежно від типу до хендоверу пред'являється головне правило — він повинен бути непомітний абонентові та не впливати на якість з'єднання. В даній роботі розглядається найбільш актуальний алгоритм м'якого хендовера з відносними порогами. У більшості проведених раніше досліджень процес м'якого хендовера спрощений. Приміром, у деяких дослідженнях хендовер заснований на визначенні дистанції, тобто рішення про хендовер ухвалюється на основі аналізу віддалення мобільної станції (МС) від базової (БС). В інших — інтерференція, створювана абонентом при м'якому

хендовері, апроксимується як подвоєння інтерференції від абонента поза процесом м'якого хендовера [1-4].

Формулювання цілей статті (постановка завдання)

Ціль роботи полягає у розробці оптимізованого алгоритму хендовера, що забезпечує підвищення ефективності функціонування та збільшення ємності мережі мобільного зв'язку з підтримкою необхідної якості обслуговування.

Основна частина

З позицій рухомої станції відмінності між напівм'яким і м'яким хендоверами досить незначні. При м'якому хендовері рухома станція перебуває в зоні охопту комірки, що перекриває два сектори, що належать різним базовим станціям. При напівм'якому хендовері МС перебуває в зоні охопту комірки, що перекриває два сусідні сектори базової станції. Зв'язок між рухомою та базовою станціями підтримується постійно по двом каналам повітряного інтерфейсу: по одному для кожного сектору. Це вимагає використання двох окремих кодів у напрямку спадного каналу для того, щоб рухома станція могла розрізнити сигнали. Ці два сигнали приймаються МС з використанням обробки приймачем Rake, дуже близькою до обробки, прийнятою для приймання багатопроменевих сигналів, за винятком того, що тракти повинні генерувати відповідні коди для кожного сектору для того, щоб можна було зробити необхідну операцію стиснення. У напрямку висхідного каналу на базовій станції відбувається подібного ж роду процес: канал з кодом рухомої станції приймається в кожному секторі, потім направляється до того ж приймача групового сигналу Rake, де звичайним образом проводиться підсумовування по максимальному відношенню. Однак у висхідному напрямку м'який хендовер значно відрізняється від напівм'якого хендовера: канал з кодом рухомої станції приймається від обох БС, але потім прийняті дані направляються до RNC радіомережі для підсумовування. Це робиться з метою, щоб той самий показник надійності фрейму, який забезпечувався для керування потужністю по зовнішньому контуру, використовувався б і для вибору кращого з можливих двох фреймів в RNC. Вибір проводиться кожні 10-80 мс. Напівм'який хендовер при з'єднаннях звичайно відбувається приблизно в 5-15% випадків. М'який хендовер проводиться для 20-

40% з'єднань. Відначимо також, що м'який і напівм'який хендовери можуть мати місце в комбінації один з одним.

Відзначимо, що розрізняють два типи хендовера: 1) керований базовою станцією (МАНО — Mobile Assisted Handover), при якому мобільна станція виконує вимір інтенсивності сигналу та передає ці дані на БС; 2) керований мобільною станцією (МСНО — Mobile Controlled Handover), при якому рівень сигналів від різних базових станцій приймається мобільною станцією. Вона ж ухвалює рішення, де і який хендовер їй необхідний.

Розглянемо метод МАНО. Мобільна станція виконує вимір інтенсивності сигналів по пілотних каналах (Pilot Channel — PICH), одержуваних від сусідніх базових станцій, і розсилає повідомлення, що містять дані про ті PICH, які перетнули деякі граничні значення. Нас цікавлять у цьому випадку два граничні значення:

PICH, які мають достатню інтенсивність сигналу для використання в системі передачі сигналів;

PICH, які мають низьку інтенсивність сигналу та не можуть бути використані для передачі сигналів.

Ці граничні значення становлять гістерезисну петлю, яка забезпечує стійкість процесу. Це означає, що канали порога оцінки низької інтенсивності рівня трохи вище порога високої інтенсивності. Ґрунтуючись на отриманій інформації, мобільна станція може додавати або видаляти PICH в активному наборі.

Як правило, м'який хендовер поліпшує характеристики системи, але може в деяких ситуаціях негативно впливати на пропускну здатність системи та мережні ресурси. Для прямих ліній зв'язку при надмірно частому хендовері зменшується кількість вільних ліній і при цьому витрачається більше мережних ресурсів. Коректування параметрів хендовера на базових станціях не обов'язково вирішує проблему. Деякі області в стільнику одержують тільки слабкі пілот-сигнали (потребуючі більш низьких порогів хендовера), а інші області одержують декілька сильних і домінуючих пілот-сигналів (потребуючих більш високих порогів передачі виклику). Для того щоб додавати в активний набір вільні пілот-сигнали, використовуються наступні принципи:

Мобільна станція виявляє прямий пілот-сигнал, який перетинає даний статичний поріг T_1 . У цьому випадку поріг вимірюється потужністю чипа (E_b/N_0).

При перетинанні статистичного порога T_1 пілот-сигнал переводиться в список кандидатів і починається більш часта перевірка пілот-сигналів на досягнення величини, що наближається до величини T_2 .

Порівняння з величиною порога T_2 дозволяє визначити, чи достатня величина другого сигналу, щоб його приєднати до активного набору.

Умовою вибору нового каналу є нерівність:

$$10 \log P_{cj} \geq \max \left[k_1 10 \log \left(\sum_{L=1}^{N_a} P_{ai} + \Delta P_{T_1} \right) \right], \quad (1)$$

де P_{cj} — напруженість РСН обраного сигналу; P_{ai} — напруженість i -го РСН в активному наборі; N_a — число РСН в активному наборі, а k_1 і ΔP_{T_1} — системні параметри, що задаються та регулюють дані для конкретної системи.

На рис. 1 подано часову діаграму м'якої передачі виклику із застосуванням динамічних порогів і пов'язаних із цим подій, коли мобільна станція залишає обслуговуючу базову станцію (РСН 1) до нової базової станції (РСН 2). Комбінація статичних і динамічних порогів (у порівнянні з тільки статичними порогами) дозволяє в результаті зменшити час і використання ресурсу при м'якій передачі виклику. Розглянемо детально рис. 1.

Коли пілот-сигнал 2 досягає порога T_1 , мобільна станція переміщає його в набір кандидатів.

Коли пілот-сигнал 2 перевищує поріг T_2 (динамічний), мобільна станція сповіщає про це мережу.

Мобільна станція одержує команду додати пілот-сигнал 2 до активного набору.

Пілот-сигнал 1 падає нижче порога T_3 (відносно пілот-сигналу 2).

Таймер хендовера для пілот-сигналу 1 минає. Мобільна станція повідомляє мережі про його напруженість.

Мобільна станція одержує команду вилучити пілот-сигнал 1.

Таймер хендовера минає після того, як пілот-сигнал 1 виявився нижче порога T_4 .

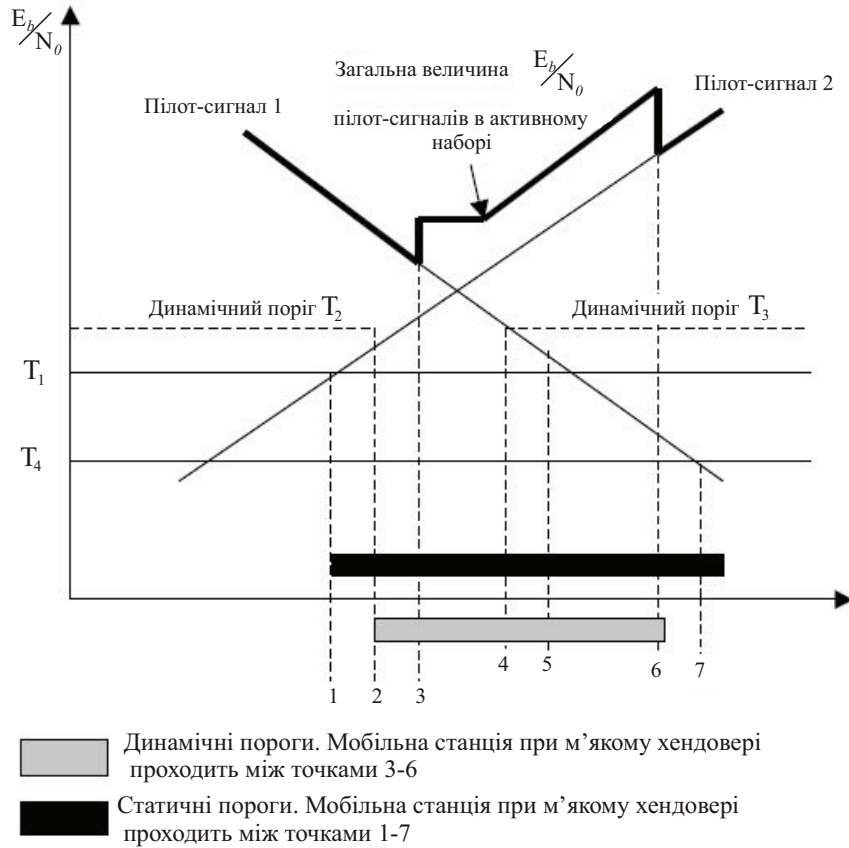


Рисунок 1 - Процедура хендовера при використанні динамічних порогів

Для операторів стільникового зв'язку, які планують розвиток і подальшу оптимізацію універсальних мультисервісних мереж, (зокрема, заснованих на технології WCDMA) з метою підвищення обсягу і якості надаваних послуг, зокрема й мобільного Інтернету, завдання оптимізації параметрів, що впливають безпосереднім образом на функціонування мережі в цілому, є актуальним і насущним завданням. Оптимізувати алгоритм хендовера можна, опираючись на різні параметри; у даній роботі пропонується обрати за основу мінімізацію інтерференційного впливу та проаналізувати яким образом це відіб'ється на функціонуванні мережі мобільного зв'язку в цілому. Для цього необхідно провести аналіз характеристик каналного рівня мережі WCDMA, приділяючи особливу увагу оцінці

впливу м'якого хендовера на інтерференцію й призначення потужностей для виділених каналів в DL.

Припускаючи, що навантаження розподілене рівномірно усередині системи, тобто всі БС передають із однаковими рівнями потужності, співвідношення для потужності P_s виділеного спадного каналу при граничних співвідношеннях, тобто не враховуючи тепловий шум, може бути записане у вигляді:

$$P_s = \frac{\nu R}{W} \left(\frac{E_b}{I_0} \right)_t \left[1 - a + \sum_{i=2}^{19} \left(\frac{r_i}{r_1} \right)^{-\alpha} 10^{(\zeta_i - \zeta_1)/10} \right] \cdot P_T = \beta_1 \cdot P_T, \quad (2)$$

де W – чипова швидкість; R – швидкість передачі службових бітів; ν – коефіцієнт активності для даного типу послуги; $(E_b/I_0)_t$ – опорне значення відношення енергії біта до спектральної щільності потужності шуму (E_b/I_0) , що встановлюється контролером RNC у відповідності зі значеннями помилок BER; β_1 – коефіцієнт, що показує відносний рівень необхідної потужності для UE без м'якого хендовера.

При м'якому хендовері у двох і трьох напрямках загальна потужність, необхідна для підтримки UE, визначається формулами:

$$P_{S1} + P_{S2} = \frac{2 \frac{\nu R}{W} \left(\frac{E_b}{I_0} \right)_t}{\frac{1}{1 - a + \sum_{i=2}^{19} \left(\frac{r_i}{r_1} \right)^{-\alpha} 10^{(\zeta_i - \zeta_1)/10}} + \frac{1}{1 - a + \sum_{\substack{j=1 \\ (j \neq 2)}}^{19} \left(\frac{r_j}{r_2} \right)^{-\alpha} 10^{(\zeta_j - \zeta_2)/10}}} \cdot P_T = \beta_2 \cdot P_T. \quad (3)$$

$$P_{S1} + P_{S2} + P_{S3} = \beta_3 \cdot P_T = \frac{3 \frac{\nu R}{W} \left(\frac{E_b}{I_0} \right)_t}{\frac{1}{1 - a + \sum_{i=2}^{19} \left(\frac{r_i}{r_1} \right)^{-\alpha} 10^{(\zeta_i - \zeta_1)/10}} + \frac{1}{1 - a + \sum_{\substack{j=1 \\ (j \neq 2)}}^{19} \left(\frac{r_j}{r_2} \right)^{-\alpha} 10^{(\zeta_j - \zeta_2)/10}} + \frac{1}{1 - a + \sum_{\substack{k=1 \\ (k \neq 3)}}^{19} \left(\frac{r_k}{r_3} \right)^{-\alpha} 10^{(\zeta_k - \zeta_3)/10}}} \cdot P_T. \quad (4)$$

Тут β_2 і β_3 показують відносний рівень загальної необхідної потужності для UE при м'якому хендовері у двох і трьох напрямках відповідно. Потужність, призначена для певного користувача, є інтерференцією для інших користувачів. Отже, β_1 , β_2 , β_3 також відбивають інтерференцію, зведену на UE.

Результати дослідження залежності значень коефіцієнтів β_1 , β_2 , β_3 від радіопараметрів і місця розташування абонентів показали:

1. При відсутності затінь для підтримки опорного значення E_b/I_0 при м'якому хендовері в трьох напрямках потрібно більше потужності, ніж при м'якому хендовері у двох напрямках.

2. Для UE, що перебувають близько границь стільника, при м'якому хендовері в середньому необхідно менше енергії для підтримки опорного відношення E_b/I_0 .

3. Для абонентів, що перебувають у кутах стільника, при м'якому хендовері в трьох напрямках виділяється менше енергії, ніж при хендовері у двох напрямках.

4. Для UE, що перебувають на лінії, що з'єднує базові станції, хендовер у двох напрямках завжди має кращі показники, чим тринапрямний.

Висновки та перспективи подальших досліджень

Без застосування м'якого хендовера для збереження E_b/I_0 не нижче опорного значення, середня випромінювана потужність в DL для трафікового каналу, необхідна абонентові, який перебуває близько границі стільника, перевищує максимально припустиму для трафікових каналів потужність. У цьому випадку абонентові може бути відмовлено, або обслуговування продовжиться з якістю нижче опорної. М'який хендовер вирішує цю проблему поділом потужності між станціями. Крім того, м'який хендовер зменшує ймовірність погіршення якості обслуговування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Волков А.Н. Оптимизация UTRA алгоритма мягкого хэндовера. – Ч.1 / А.Н. Волков, С.М. Аксенов, Е.С. Зорин // Электросвязь. – 2007. – № 10. – С.21–23.
2. Тихвинский В.О. Сети мобильной связи LTE: технологии и архитектура / В.О. Тихвинский, С.В. Терентьев, А.Б. Юрчук // М.: Эко-Трендз. – 2010. – 281 с.
3. Holma Н. WCDMA for UMTS. Radio Access for Third Generation Mobile Communications / Н. Holma, А. Toskala // Third Edition. John Wiley & Sons Ltd. – 2004.
4. Аксенов С.М. Оптимизация UTRA алгоритма мягкого хэндовера. – Ч.2 / С.М. Аксенов, А.Н. Волков, Е.С. Зорин // Электросвязь. – 2007. – №11. – С.46–51.

Получено 21.09.2010р.