

К.т.н., доцент Орлова М.М., магістрант Ваш В.В.

**Національний технічний університету України
«Київський політехнічний інститут»**

МОДИФІКОВАНИЙ СПОСІБ ЗБІЛЬШЕННЯ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ МОБІЛЬНОГО ШИРОКОСМУГОВОГО БЕЗПРОВІДНОГО ДОСТУПУ СТАНДАРТУ WiMAX IEEE 802.16e

Вступ

Стандарти WiMAX – одні з найбільш перспективних технологій у світі безпроводних мереж. IEEE 802.16e – стандарт мобільного безпроводного зв'язку WiMAX сімейства 3G. Реалізується в частотних діапазонах 2300-2400 МГц, 2496-2690 МГц та 3400-3600 МГц і дозволяє абонентам безперешкодно пересуватися в мережі без розриву зв'язку.

Мережі мобільного WiMAX забезпечують можливості відеотелефонії, потокового відео, мобільного широкосмугового доступу в Інтернет, VoIP тощо. Технологія WiMAX дозволяє швидко побудувати мережу там, де ще немає альтернативних можливостей широкосмугового доступу. Система WiMAX складається з базової станції (БС) та клієнтського приймача. На сьогодні пропускна спроможність каналу WiMAX сягає 70 Мбіт/с, а радіус дії – 70 км. У мобільних мережах WiMAX відстань між БС від десятків до сотень метрів.

Постановка задачі

Мета даної роботи – дослідити принципи роботи технологій адаптивних антенних систем (beamforming) та незалежної обробки сигналів в умовах щільної забудови (MIMO – Multiple Input Multiple Output), методи їх використання та проаналізувати кількісні характеристики цих технологій. Крім того, розглянуті особливості beamforming та MIMO та запропоноване спільне використання MIMO та адаптивних антен, що дозволяє отримати більш якісне обслуговування користувачів мережі.

Формування діаграми спрямованості

При використанні технології beamforming електромагнітне поле антени БС у дальній зоні формується у вигляді вузькоспрямованого головного пелюстка, орієнтованого в бік абонентського пристрою (CPE – Customer Premise Equipment). На практиці здійснюється формування

багатопелюсткової діаграми, де пелюстки орієнтовані на кожного абонента або групу абонентів. Дана технологія реалізується на БС і не потребує значних змін обладнання користувача. Оскільки енергія різних передавачів і чутливість різних приймачів концентрується у більш вузькому промені, то зона дії БС розширюється. При використанні базової станції WIMAX з одиночною антеною з технологією MIMO або при його відсутності для забезпечення однакової зони покриття потрібно в 2,13 раз та в 1,39 раз більше станцій відповідно [2].

Технологія beamforming забезпечує зменшення необхідної кількості станцій як мінімум на 40%. Оскільки енергія спрямована лише до окремих абонентів, то кількість енергії, що приймається або направляється до інших абонентів в сусідніх секторах даної мережі, зменшується.

Радіомережі WIMAX є мережами зв'язку з секторною архітектурою. Для WIMAX найчастіше застосовується схема повторного використання частот 1:3. Це означає, що при використанні трисекторних конфігурацій базової станції, в секторах всіх сусідніх базових станцій повторно використовуються ті самі частоти. У зв'язку з тим, що радіохвилі поширюються далеко за межі умовних кордонів сектора, вони створюють перешкоди для передач сусідніх станцій.

Використання у складі БС інтелектуальної антенної системи призводить до збільшення пропускної спроможності соти на 40%. У макросотовій системі ефективність використання спектру для кожного каналу складає 2,1 б/с/Гц/сектор. Перевага використання антени з адаптивною діаграмою спрямованості полягає в тому, що при її комбінації з алгоритмами зменшення перешкод коефіцієнт повторного використання частоти може досягати значення 1.

MIMO

Система незалежної обробки декорельованих сигналів абонента (MIMO) – технологія, яка забезпечує збільшення пікової швидкості передачі трафіку, середньої швидкості передачі даних і пропускної спроможності сотів в широкосмугових безпровідних мережах. У таких системах використовується декілька приймально-передавальних антен.

Основна ідея MIMO полягає в тому, що окремі складові потоку даних, який необхідно транслювати, передаються на незалежні прийомопередавачі незалежних БС, що забезпечують зв'язок для одного й того ж абонента на одній і тій самій частоті. У цьому випадку порівняно зі звичайною системою сукупний потік даних може бути збільшений.

Використання MIMO забезпечує дві основні переваги:

- Збільшення надійності каналів зв'язку в напрямку від БС до абонентів. Використання технології MIMO в БС з однією антеною

призводить до більш стабільної і надійної передачі даних в умовах сильної інтерференції радіохвиль.

- Збільшення загальної пропускної спроможності мережі. Завдяки використанню сучасних способів модуляції або одночасної передачі декількох незалежних потоків МІМО забезпечує збільшення пропускної спроможності від БС до абонента на 30% у порівнянні з системами звичайного сотового зв'язку.

Робочі характеристики МІМО у порівнянні з характеристиками систем з використанням традиційного антенного обладнання стабільні. При швидкостях переміщення абонента від 3 до 120 км/год жодного погіршення характеристик мобільності або передачі не спостерігається.

Спосіб підвищення пропускної спроможності мереж стандарту 802.16e

Розглянемо можливості об'єднання технологій МІМО та beamforming.

Для технології beamforming антени базових станцій повинні розташовуватись досить близько одна від одної. А для реалізації схеми МІМО антени БС мають бути декорельовані і розташовуватися на віддаленні один від одного або повинні мати різну поляризацію.

Для оцінки особливостей об'єднання двох технологій проведено аналіз з метою встановлення результату використання технології МІМО при адаптивній антенній системі і можливості застосування пари двоелементних антенних панелей з досить малою відстанню між елементами кожної панелі, але значним просторовим рознесенням між панелями.

Використання технології МІМО з адаптивною антенною системою дає вигреш в енергетичному потенціалі лінії зв'язку, який порівнюється з характеристиками системи з формуванням діаграми спрямованості, але з врахуванням коефіцієнтів посилення при рознесеному прийомі. Для досягнення найбільшого економічного результату переоснащення станцій може бути виконане вже сьогодні, при цьому використовуватимуться вже існуючі стандартні 4-елементні антенні панелі, які надалі не потрібно буде замінювати. Об'єднання технологій beamforming та МІМО може бути здійснене простим завантаженням необхідного програмного забезпечення на базовій станції.

При застосуванні пари двоелементних антенних панелей з малою відстанню між елементами панелей та значним просторовим рознесенням збільшення пропускної спроможності сягатиме до 30%.

Проаналізуємо об'єднання технологій МІМО та beamforming за двома показниками: зоною обслуговування та пропускною спроможністю.

При використанні МІМО або адаптивних антенних систем пересилання звичайних ресурсів обміну сигналами (MAP – Multiple Access Points) не може здійснюватися, тому розмір області, що

обслуговується, обмежується. Для технології MIMO застосовуються дві приймально-передавальні антени. При використанні антенних решіток застосовується спеціальна ширококомвна діаграма, яка забезпечується 4-ма передавачами і 4-ма антенними елементами. Внаслідок кращого енергетичного потенціалу лінії зв'язку технологія формування діаграми спрямованості забезпечує збільшення МАР на 5 дБ порівняно з MIMO.

При порівнянні робочих характеристик різних радіосистем за пропускною спроможністю було виконано моделювання при максимальній зоні обслуговування соти в кожній системі. Для типової системи ефективність використання спектру в кожному секторі при схемі повторного використання частоти 1:3 наступна:

Таблиця 1. Ефективність використання спектру

Спектр	Ефективність використання спектру, усереднена на всій площі соти
Beamforming	2,1 б/с/Гц
MIMO	1,7 б/с/Гц
Формування діаграми спрямованості beamformig та MIMO	2,5 б/с/Гц

Висновки

Використання залежностей, що формують діаграму спрямованості антени, дозволяє збільшити якість зв'язку в зоні обслуговування. Для мереж, які використовують MIMO без формування діаграми спрямованості, необхідно збільшення кількості БС від 40% до 80% для забезпечення такої ж якості зв'язку. Підвищити ефективність використання спектру можна за рахунок зменшення інтерференції при формуванні діаграми спрямованості та використання засобів зменшення впливу завад. Робочі характеристики системи зв'язку при формуванні діаграми спрямованості не залежать від типу абонентського обладнання, тому що не потрібна додаткова обробка сигналів, а адаптація абонентського обладнання мінімальна. MIMO забезпечує вищу пропускну спроможність в мікро-сотевих системах.

Об'єднання двох технологій дозволяє усунути наявні недоліки і дозволить отримати оптимальне рішення. Таке рішення можна забезпечити за допомогою однієї спільної антенної системи.

Для забезпечення спільного використання формування діаграми спрямованості і MIMO базові станції повинні мати можливість відповідної модернізації шляхом простого завантаження необхідного програмного забезпечення.

Література

1. *Берлин А.Н.* Цифровые сотовые системы связи. – ав. М.: Эко-Трендз, 2007. – 296 с.
2. *Sweeney D.* WiMAX Operator's Manual: Building 802.16 Wireless Networks. – Apress, 2005. – P. 210.
3. *Ahson S., Ilyas M.* WiMAX: Technologies, Performance Analysis, and QoS. – CRC Press, 2007. – P. 296.
4. *Шеповальников Д.* Мобильный WiMAX: реалии и перспективы // Экспресс-электроника, 2006. - №1. – С. 6-7.
5. Проблемы и перспективы широкополосной беспроводной связи // Мобильные телекоммуникации, 2005. – №6. – С. 10-11.