

УДК 621.396.96

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПАРАЛЕЛЬНИХ ПРОСТОРОВИХ КАНАЛІВ В СИСТЕМАХ ЗВ'ЯЗКУ НАСТУПНОГО ПОКОЛІННЯ

к.т.н., доцент Свид І.В., Мальцев О.С., Шаповалов В.С.

Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків
E-mail: iryna.svyd@nure.ua

На даний час вивчено і запропоновано велику кількість різноманітних методів множинного доступу (МД) [1-4]. Вони розрізняються способом розподілу спільного ресурсу каналу (фіксований або динамічний), природою процесів прийняття рішення (централізовані або розподілені), а також ступенем адаптації режиму доступу до мінливих умов. Актуальність вдосконалення методів множинного доступу прозглянуто у роботах [5-7].

Більш детально розглянемо множинний доступ з просторовим розділенням каналів (SDMA - Space Division Multiple Access) [1-3]. Технологія кодового доступу заснована на застосуванні широкосмугових сигналів, сформованих з використанням псевдовипадкових послідовностей. При цьому методі для кожного абонента в загальній смузі частот формується окремий кодований канал. Цей метод полягає в розділенні каналу зв'язку на паралельні просторові канали з меншою ємністю на базі просторового мультиплексування та/або інших підходів. За рахунок такого розподілу системи зв'язку з множинним доступом мають високу продуктивність. У традиційних телекомунікаційних системах з мобільним стільниковим зв'язком базова станція (БС) не має інформації про становище рухомих станцій (РС) в межах стільника і випромінює сигнал у всіх напрямках стільника для забезпечення зони покриття. Це призводить до того втрат потужності на передачах, коли в зоні покриття відсутні мобільні одиниці. Крім того, при передачі сигналу виникають завади від сусідніх стільників, що використовують ту ж саму частоту при суміщеному каналу зв'язку. Аналогічно при прийомі антена приймає сигнали, що надходять з усіх боків, включаючи шум та інтерференцію сигналів.

Просторове рознесення антен широко відоме та є ефективним при боротьбі з замираннями сигналів РС. Відокремлений прийом сигналу двома різними променями діаграми спрямованості (ДС) дає можливість реалізувати переваги цієї технології. Використання адаптивних антен дозволяє реалізувати просторове мультиплексування кількох каналів одночасно. У повній мірі переваги адаптивних антен використовуються у цифрових адаптивних антенних системах, які здатні формувати ДС, адаптовану до завадової обстановки.

Застосування методів SDMA та використання технології смарт-антен і диференціювання просторового розташування мобільних пристроїв, в межах

стільника, може дати значне підвищення продуктивності передачі та функціонування систем зв'язку в цілому.

Загальну кількість просторових каналів можна оцінити за наступним виразом [4]:

$$N = \frac{\beta_{og}}{\Delta\beta} \frac{\varepsilon_{og}}{\Delta\varepsilon} \quad (1)$$

де β_{og} , ε_{og} – зона огляду за азимутом та кутом місця відповідно, $\Delta\beta$, $\Delta\varepsilon$ – ширина ДС антени за азимутом та кутом місця відповідно.

Паралельна організація просторових каналів має складну організаційну процедуру при прийнятих розмірах антенної решітки, що впливає на можливість здійснити просторовий розділ усіх абонентів, особливо за кутом місця. Перехід до таких методів дозволить значно поліпшити просторовий розділ абонентів, але ускладнить обробку інформації. При паралельній організації просторових каналів деякі канали будуть не задіяними, що знижує ефективність всієї системи зв'язку.

Можливим варіантом підвищення ефективності просторових методів МД є перехід до комбінованих методів МД, основою яких є просторовий. Загальну класифікацію комбінованих методів МД на основі просторового та випадкового наведено на рис. 1.



Рис. 1. Класифікація комбінованих методів МД

Вибір комбінування методів є адаптивним для різних користувачів з метою отримання характеристик використовуваного ресурсу каналу, близьких до оптимальних. В якості критерію оптимальності можливо прийняти коефіцієнт використання пропускної здатності каналу.

У [8] запропоновано комбінований метод просторового МД на основі просторового та довільного методів. Суть цього методу полягає у наступному. Базова станція має антенну решітку з можливістю електронного управління напрямком формування ДС, а також прийому та оцінки кутових координат мобільних станцій, які випроменили сигнал запиту на передачу. Після оцінки кутових координат базова станція формує у напрямку на мобільну станцію вузькоспрямований промінь та здійснюється обмін інформацією між базовою та мобільною станцією.

Пропускна здатність каналу зв'язку C_k залежить від виду і параметрів модуляції сигналу, ймовірностей помилок в радіоканалі, способу кодування, характеристик радіоканалу, тобто є функцією від перерахованих параметрів і характеристик:

$$C_k = f(\vec{V}_m, \vec{V}_{kod}, \vec{V}_{kan}, P_e), \quad (2)$$

де $\vec{V}_m$ - вектор параметрів модуляції; $\vec{V}_{kod}$ - вектор параметрів способів кодування; $\vec{V}_{kan}$ - вектор параметрів радіоканалу, P_e - ймовірність помилки.

Було виконано оцінку використання паралельних каналів системи зв'язку при зміні частотного ресурсу і ширини просторового сектору базових станцій в залежності від числа каналів та від числа секторів.

Показано, що збільшення частотного ресурсу з 5 до 10 МГц дозволить збільшити пропускну здатність каналу з $5 \cdot 10^5$ біт/с до 10^6 біт/с при 100 абонентах. Однак збільшення кількості просторових секторів з 3 до 6 призводить до збільшення пропускну здатності каналу з $5 \cdot 10^5$ біт/с до $3 \cdot 10^6$ біт/с при однаковій кількості абонентів. Таким чином, збільшення просторових секторів обслуговування абонентів значно ефективніше ніж збільшення частотного ресурсу. Крім того, пропускна здатність каналу за технологією просторового доступу може бути збільшена за рахунок одночасного незалежного обслуговування декількох користувачів та вибору оптимальної кількості обслуговуваних користувачів, за рахунок збільшення повної пропускну здатності каналу системи при незмінній потужності передавача базової станції.

Література

1. Шахнович И.В. *Современные технологии беспроводной связи; Изд. второе, испр. и доп.* / И.В. Шахнович. – М.: Техносфера, 2006. – 288 с.
2. Л.Е. Варакин. *Системы связи с шумоподобными сигналами.* – М.: Радио и связь, 1985. – 384 с.
3. Григорьев В.А., Лагутенко О.И., Распаев Ю.А. *Сети и системы радиодоступа.* – М.: Эко-Трендз, 2005. – 384 с.
4. Бакланов И.Г. *NGN: принципы построения и организации.* – Эко-Трендз, 2008. – 400 с.
5. І.В. Свид., І.А. Штих. *Просторова вибірковість відповідей як метод підвищення завадостійкості запитальних радіотехнічних систем.* // Системи управління, навігації та зв'язку – Полтава, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, 2015 – Вип. 3 (35). С. 41-43.
6. І.В. Свид., О.С. Мальцев. *Пропускна здатність мобільних систем телекомунікацій.* // Системи обробки інформації: збірник наукових праць. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2016 – Вип. 2 (139) – С. 118-120.
7. І.І. Обод, І.В. Свид., О.С. Мальцев. *Оцінка пропускну спроможності мереж радіодоступу.* // Системи обробки інформації: збірник наукових праць. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2015 – Вип. 12 (137) – С. 145-147.
8. Пат. на корисну модель № 107159 Україна, МПК H04L 12/00 H01Q 23/00. *Спосіб передачі інформації* / О.І. Цона, І.В. Свид., О.С. Мальцев від 25.05.2016. – 4 с.