

УДК 621.396.96

О.С. Мальцев

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків

## КОМБІНОВАНИЙ МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ МЕРЕЖІ РАДІОДОСТУПУ

У статті надається класифікація просторових методів множинного доступу та можливих варіантів реалізації комбінованих методів множинного доступу у мережі радіодоступу, які базуються на основі просторового та випадкового методів. На основі порівняння енергетичних бюджетів каналів виміру кутових координат та каналу передачі інформації показано, що найбільш доцільно використання складних сигналів у каналі виміру кутових координат.

**Ключові слова:** комбіновані та просторові методи множинного доступу, енергетичний бюджет каналів.

### Вступ

**Постановка проблеми й аналіз літератури.** У сучасному суспільстві телекомунікаційні мережі (ТКМ) та технології відіграють роль прискорювача розвитку інформаційних (технологічних) економік і переходу до нового рівня якості життя людей. Активний процес міжнародної стандартизації, виробництва бездротового обладнання і розгортання мереж передачі інформації традиційно виводить на передній план завдання фізичного рівня. Проте часто виникає ситуація, в якій алгоритм управління доступом до середовища найчастіше представляє собою «вузьке місце» всієї системи зв'язку та суттєво знижує її потенційну продуктивність [1 – 3]. Це обумовлює актуальність вдосконалення методів множинного доступу (МД).

Відомо [4, 5], що при розробці сучасних стандартів радіодоступу закладається можливість широкого використання просторових методів МД. Однак, слід зауважити, що використання просторових методів МД не завжди можливе як у зв'язку з технічною реалізацією, так і з можливістю утворення просторових каналів. Це обумовлює актуальність розвитку комбінованих методів множинного доступу на основі методу просторового розділення.

**Мета роботи.** Порівняльний аналіз комбінованих методів множинного доступу на основі методу просторового доступу.

### Основна частина

Метод доступу в мережі радіодоступу істотно визначає основний показник інформаційної мережі - пропускну здатність. Дійсно сумарна пропускну здатність мережі радіодоступу залежить від:

- кількості використовуваних частотних ресурсів;
- способу розподілу частотно-територіального ресурсу;
- можливостей повторного використання частотних каналів;

- умов поширення радіохвиль;
- заводської обстановки та інших факторів.

В даний час значна увага приділяється МД з просторовим розділенням каналів (SDMA - Space Division Multiple Access).

Класифікацію просторових методів МД показано на рис. 1.

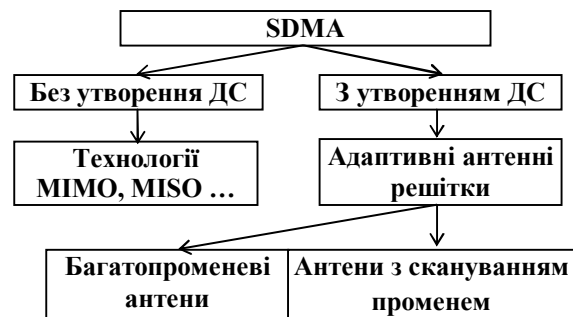


Рис. 1. Класифікація просторових методів МД

SDMA поділяється на методи, що базуються на утворенні та без утворення діаграм спрямованості (ДС) антен.

Серед технологій без утворення ДС є технологія MIMO (Multiple Input Multiple Output) – багатоеlementні антенні системи на прийом/передачу та її різновиди.

Ці технології базуються на незалежній обробці безлічі перевідбиттів сигналів в умовах щільної забудови.

Технологія з утворенням ДС антени базується на використанні таких алгоритмів і пристроїв, як адаптивні антенні системи (beamforming).

Адаптивне формування ДС забезпечує збільшення дальності дії, зниження рівня інтерференції і збільшення пропускну здатності системи. Це призводить до значного розширення зони обслуговування в умовах побудови мережі за принципом макростільників. З іншого боку, технології MIMO забезпечують збільшення пропускну здатності в мікро- піко- і навіть наноструктурах, хорошим при-

кладом яких є внутріофісна система. Використання технологій МІМО і адаптивних антен, що доповнюють одна одну, дозволить отримати переваги, що даються обома технологіями.

При цьому для першої технології для кожного абонента в загальній смузі частот формуються окремі кодовані канали, що дозволяє ефективно використовувати частотний ресурс. Застосування ж цифрових антенних решіток (друга технологія) дозволяє відповідно до закладеного алгоритму формувати необхідні діаграми спрямованості, як на прийом, так і на передачу (наприклад, сформувати максимум ДСА в напрямку на джерело передачі інформації і мінімум на джерело завад), що істотно розширює можливості цього методу МД. Дійсно, в цьому випадку забезпечується просторовий метод розділення абонентів (просторовий МД). Однак це вимагає організації значного числа просторових каналів і, як наслідок, значних геометричних розмірів антеною решітки.

Дійсно, загальна кількість просторових каналів можливо оцінити за наступним виразом:

$$N = \frac{\beta_{obz} \cdot \varepsilon_{obz}}{\Delta\beta \cdot \Delta\varepsilon},$$

де  $\beta_{obz} (\varepsilon_{obz})$  – зона огляду за азимутом та кутом місця,  $\Delta\beta (\Delta\varepsilon)$  – ширина ДС антени за азимутом та кутом місця.

Слід зауважити, що паралельна організація просторових каналів не завжди виправдовує себе. Дійсно, крім складності у організації цієї процедури, при прийнятних розмірах антенної решітки не вдається здійснити просторовий розділ усіх абонентів, особливо за кутом місця. Перехід до дискримінаційних методів дозволить значно поліпшити просторовий розділ абонентів, але ускладнить обробку інформації. При паралельній організації просторових каналів деякі канали будуть не задіяними, що знижує ефективність такого способу МД.

Можливим варіантом підвищення ефективності просторових методів МД є перехід до комбінованих методів МД, основою яких є просторовий. Дійсно, комбіновані методи являють собою комбінації попередніх методів розподілу ресурсу, і реалізують стратегії, в яких вибір методу є адаптивним для різних користувачів з метою отримання характеристик використовуваного ресурсу каналу, близьких до оптимальним. В якості критерію оптимальності, як правило, приймають коефіцієнт використання пропускної здатності каналу.

У [6] 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.

Для однозначного виділення потрібного абонента точність виміру кутових координат повинні задовольняти рівнянню

$$\sigma_{\beta(\varepsilon)} \ll \Delta\beta(\Delta\varepsilon). \quad (1)$$

Загальну класифікацію комбінованих методів МД на основі просторового та випадкового наведено на рис. 2.



Рис. 2. Класифікація комбінованих методів МД

Запропоновані методи відрізняються способом виміру (передачі) кутового положення абонента відносно базової станції. Метод з виділенням частотним каналом дозволяє організувати передачу кутових координат. Однак частина частотного ресурсу повинна бути задіяна на передачу кутових координат і, як наслідок, пропускна спроможність мережі зменшується. Для методів без виділення частотного ресурсу характерне використання виміру кутових координат абонентів і організація передачі інформації з використанням усього частотного ресурсу мережі. Це може бути здійснено з використанням простих та складних радіосигналів.

Використання простих радіосигналів для каналу виміру кутових координат потребує складної процедури зниження їх впливу на якість передачі інформації. Дійсно, ці сигнали будуть суттєво збільшувати рівень внутрісистемних завад і, як наслідок, призведе до зниження пропускної здатності мережі радіодоступу. Використання складних радіосигналів при цьому є більш доцільним. Це викликано наступними двома обставинами:

- перехід до просторових методів МД дозволяє суттєвим чином збільшити зону дії базової станції як у низхідній, так і у висхідній ліній зв'язку. Це обумовлено використанням вузько спрямованих ДС з значним коефіцієнтом підсилення.

- вимір кутових координат абонентських станцій здійснюється у радіолінії з слабко спрямованою антеною, що суттєво зменшує дальність виміру кутових координат абонентських станцій з потрібною якістю (1).

Проведемо порівняльний аналіз енергетичних бюджетів каналів виміру кутових координат та передачі інформації

$$P_{RI} = P_{RPI},$$

де  $P_{RI}$  – потужність на вході приймача радіолінії при вимірі кутових координат,  $P_{RPI}$  – потужність на вході приймача радіолінії

Потужність на вході приймача радіолінії при передачі інформації можливо записати як

$$P_{RPI} = \frac{P_T G_R G_T}{L_S}, \quad (2)$$

де  $P_T$  – потужність передавача;  $G_R$  та  $G_T$  – коефіцієнти підсилення передавальної і приймальної антен,  $L_S$  – сумарні збитки у вільному просторі, котрі визначаються формулою

$$L_S = (4\pi r / \lambda)^2,$$

де  $r$  – відстань між базовою та абоненткою станціями.

Потужність на вході приймача радіолінії при вимірі кутових координат можливо записати як

$$P_{RPI} = \frac{P_T G_R G_{TI} B}{L_S}, \quad (3)$$

де  $G_{TI}$  – коефіцієнти підсилення приймальної антени при вимірі кутових координат,  $B$  – база складного сигналу.

Підставивши (2) у (3) отримуємо

$$G_T = G_{TI} B.$$

Таким чином, вибираючи базу сигналу, по якому здійснюють вимір кутових координат, можливо порівняти енергетичні бюджети каналів передачі

інформації та виміру кутових координат та забезпечити максимальну зону дії базової станції як у низхідній, так і у висхідній ліній зв'язку.

## Висновки

Запропоновані комбіновані методи МД з одного боку зберігають переваги просторового методу МД та, з другого боку, значно зменшують кількість просторових каналів передачі інформації. Оптимальна кількість просторових каналів у запропонованих методах МД залежить від трафіку та є наступним питанням дослідження.

## Список літератури

1. Григорьев В.А. Сети и системы радиодоступа / Григорьев В.А., Лагутенко О.И., Раснаев Ю.А. — М.: ЭкоТрендз, 2005. — 384 с.
2. Alazemi H.M.K., Margolis A., Choi J., Vijaykumar R., Roy S. Stochastic modeling and analysis of 802.11 DCF with heterogeneous non-saturated nodes. *Computer Communications*, 2007, vol. 30, no. 18, pp. 3652-3661.
3. Шахнович И. В. Современные технологии беспроводной связи. Издание второе, исправленное и дополнено. — М.: Техносфера, 2006. — 288 с.
4. Обод И.И. Сравнительный анализ методов множественного доступа в мобильных информационных сетях / И.И.Обод, Кинан Арус // Системи обробки інформації: Збірник наукових праць. — Вип. 1(108). — Х.: ХУПС, 2013. — С. 207-211.
5. Обод И.И. Информационная емкость мобильных информационных систем и сетей / И.И.Обод, Кинан Арус // Збірник наукових праць ХУПС: - Вип. 1(34). — Х.: ХУПС. - 2013. — С. 87-89.
6. 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.

Надійшла до редколегії 30.10.2015

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. І.І. Обод, Національний технічний університет «ХПІ», Харків.

## КОМБИНИРОВАННЫЙ МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СЕТИ РАДИОДОСТУПА

А.С. Мальцев

*В статье приводится классификация пространственных методов множественного доступа и возможных вариантов реализации комбинированных методов множественного доступа в сети радиодоступа, которые базируются на основе пространственного и случайного методов. На основе сравнения энергетических бюджетов каналов измерения угловых координат и канала передачи информации показано, что наиболее целесообразно использование сложных сигналов в канале измерения угловых координат.*

**Ключевые слова:** комбинированные и пространственные методы множественного доступа, энергетический бюджет каналов.

## COMBINED METHOD FOR INCREASING CAPACITY RADIO ACCESS NETWORK

O.S. Maltsev

*The article provides methods of classification of the spatial multiple access and possible embodiments of a combined multiple access method in a radio access network, which are based on spatial and random techniques. On the basis of comparison of energy budgets of measurement channels angular coordinates and information channel it shows that the most expedient use of complex signals in the channel measuring angular coordinates.*

**Keywords:** combined and spatial multiple access techniques, energy budget channels.