

Інфокомунікаційні системи

УДК 621.396.96

В.С. Бреславець, С.О. Нікітін

Національний технічний університет «ХПІ», Харків

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ МЕРЕЖ РАДІОДОСТУПУ

У статті надається класифікація методів підвищення пропускної спроможності мереж радіодоступу. Показано, що використання адаптивної оптимізації параметрів доступу до середовища передачі дозволяє підвищити пропускну спроможність мережі радіодоступу. При використанні просторових методів множинного доступу доцільно використати комбінований метод, який базується на основі просторового та випадкового методів, що дозволяє суттєвим чином зменшити кількість просторових каналів.

Ключові слова: пропускну спроможність, мережі радіодоступу.

Вступ

Постановка проблеми й аналіз літератури. В останні десятиліття спостерігається збільшення числа телекомунікаційних мереж локального і регіонального (міського) масштабу, де застосування бездротових технологій зв'язку забезпечує гнучкість топології мережі, включаючи підтримку мобільних абонентів, швидкість проектування і низькі витрати на реалізацію [1, 2]. 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, 2]. Це обумовлює актуальність вдосконалення методів множинного доступу (МД).

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

Основна частина

Необхідність підвищення швидкості передачі інформації в системах зв'язку існувала завжди. Однак, незважаючи на зростаючий попит на високошвидкісне обслуговування, зробити це, особливо в бездротових системах рухомого зв'язку, дуже складно. При використанні традиційних технологій передачі і прийому сигналів таке збільшення швидкості

передачі даних може зажадати надмірно високою випромінюваної потужності або занадто великий смуги частот, що не завжди здійснимо. Крім того, розширення спектру сигналу спричиняє підвищення несучої частоти, що за відсутності прямої видимості може призвести до істотного зниження дальності зв'язку. Тому для досягнення високих швидкостей передачі необхідно розвиток нових телекомунікаційних технологій.

Теоретичні дослідження і отримані практичні результати останніх років показали дуже високу ефективність використання в системах зв'язку багатоканальних прийомних і передавальних структур, коли між приймачем і передавачем встановлюється канал з багатьма входами і багатьма виходами (multiple-input multiple-output (MIMO) channel). MIMO-канали дозволяють істотно розширити можливість систем рухомого зв'язку. Поліпшення характеристик систем зв'язку досягається завдяки тому, що MIMO-канали можуть забезпечити істотний енергетичний вигравш, пов'язаний з рознесенням на прийомі та/або на передачі.

Сумарна пропускну здатність мережі радіодоступу визначається як:

$$C_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{N_b} \sum_{j=1}^{N_c} C_{ij} (N_k, \bar{P}_{\text{dost}}, \bar{P}_{\text{dopl}}, K_{\text{povt}}), \quad (1)$$

де N_b – кількість базових станцій у мережі;

N_c – кількість секторів на одну базову станцію;

N_k – число каналів на одну базову станцію (сектор);

C_{ij} – пропускну спроможність на один сектор;

\bar{P}_{dost} – вектор параметрів протоколу доступу до каналів;

\vec{P}_{dupl} – вектор параметрів дуплексного розділення каналів;

$K_{\text{повт}}$ – коефіцієнт повторного використання частот.

У кожному конкретному випадку мережі радіодоступу розрахунок пропускної здатності (1) вимагає врахування топології мережі, особливостей рельєфу місцевості, типу забудови, особливостей поширення радіохвиль, енергетичних співвідношень сигналів і завад, розташування абонентів і т.д.

Виходячи з вищевикладеного можна запропонувати наступну класифікацію можливих методів підвищення пропускної здатності мереж радіодоступу:

- оптимізації пропускної спроможності каналів радіодоступу;
- оптимізації кількості базових станцій у мережі;
- оптимізації кількості секторів на одну базову станцію;
- оптимізації числа каналів на одну базову станцію (сектор);
- оптимізації пропускної здатності на один сектор;
- оптимізації вектору параметрів протоколу доступу до каналів;
- оптимізації вектору параметрів дуплексного розділення каналів;
- оптимізації коефіцієнта повторного використання частот.

Більш досконало розглянемо перший та шостий методи.

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:

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

де \vec{V}_m – вектор параметрів модуляції;

\vec{V}_{kod} – вектор параметрів способів кодування;

\vec{V}_{kan} – вектор параметрів радіоканалу.

Оптимізації пропускної спроможності каналів радіодоступу націлена на адаптивну настройку каналу [3]. Зміна одного окремо взятого параметра – зазвичай не кращий спосіб адаптації бездротового пристрою до постійних змін складно влаштованого середовища. По суті, адаптивний алгоритм управління MAC-рівнем намагається знайти набір параметрів, який забезпечив би оптимальну загальну пропускну здатність бездротового пристрою. Алгоритми адаптації дозволяють бездротовому пристрою динамічно оптимізувати відразу кілька параметрів доступу до середовища передачі у відповідь на зміни середовища, в якому працює пристрій. Це озна-

чає, що пристрій сам змінює свої параметри, вибираючи найбільш підходящий вузол доступу, мінімізує вплив завад і покращує умови роботи користувачів.

Адаптивний алгоритм управління MAC-рівнем намагається знайти оптимальні настройки для конкретного середовища. Алгоритм враховує:

– Швидкість передачі, яка визначається цільовим значенням частоти хибних тривог при заданому відношенні сигнал-шум. При різних швидкостях передачі використовуються різні методи модуляції сигналів, тому для підтримки необхідного значення BER дуже важливо правильно вибрати швидкість передачі.

– Поріг фрагментації, який визначає розмір MAC-кадрів (з яких складаються пакети), переданих по радіоканалу. Якщо поріг занадто малий, накладні витрати, пов'язані з заголовками MAC- і фізичного рівнів, знижують загальну пропускну здатність, доступну клієнтського пристрою. Якщо поріг занадто великий, MAC-кадри стають вразливими для завад.

Виходячи з вищевикладеного можна запропонувати наступну класифікацію методів підвищення пропускної здатності каналів радіодоступу:

- оптимізація параметрів модуляції;
- оптимізація швидкості кодування;
- оптимізація параметрів кодування;
- оптимізація довжини інформаційного пакету передачі.

Оптимізація вектору параметрів протоколу доступу до каналів може бути здійснена при використанні просторового розділення каналів (SDMA – Space Division Multiple Access). 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 [4] запропоновано комбінований метод просторового МД на основі просторового та довільного методів. Суть його полягає у наступному. Базова станція має антенну решітку з можливістю електронного управління напрямком формування ДС, а також прийому та оцінки кутових координат мобільних станцій, котрі 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

$$\sigma_{\beta(\epsilon)} \ll \Delta\beta(\Delta\epsilon) . \quad (3)$$

Запропоновані методи відрізняються способом виміру (передачі) кутового положення абонента відносно базової станції. Метод з виділеним 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. Використанням складних радіосигналів запиту на передачу інформації дозволило:

- суттєвим чином збільшити зону дії базової станції як у низхідній, так і у висхідній лініях зв'язку. Це обумовлено використанням вузько спрямованих ДС БС з значним коефіцієнтом підсилення;
- вирівняти енергетичний бюджет каналів виміру кутових координат та передачі інформації, чим і забезпечити умову (3).

Кількість просторових каналів обслуговування визначається загальним значенням навантаження в мережі і ймовірністю блокування обслуговування. Деякі розрахунки представлені на рис. 1.

Представлені розрахунки показують, що ймовірність блокування $P_{bl} = 0,02$ забезпечується для $N = 5$ при загальному навантаженні $A = 2$ Ерл, для $N = 10 - A = 5$ Ерл і для $N = 20 - A = 16$ Ерл.

Запропонований комбінований метод МД з одного боку зберігає переваги просторового методу МД та, з другого боку, значно зменшує кількість просторових каналів передачі інформації. Оптимальна кількість просторових каналів у запропонованих методах МД залежить від трафіку.

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СЕТЕЙ РАДИОДОСТУПА

В.С. Бреславец, С.А. Никитин

В статье предоставляется классификация методов повышения пропускной способности сетей радиодоступа. Показано, что использование адаптивной оптимизации параметров доступа к среде передачи позволяет повысить пропускную способность сети радиодоступа. При использовании пространственных методов множественного доступа целесообразно использовать комбинированный метод, который базируется на основе пространственного и случайного методов, что позволяет существенным образом уменьшить количество пространственных каналов.

Ключевые слова: пропускная способность, сети радиодоступа.

METHODS FOR INCREASING BANDWIDTH RADIO NETWORKS

V.S. Breslavcev, S.O. Nikitin

Classification of methods for increasing bandwidth radio network is given in the article. It is rotined that the use of adaptive optimization of parameters of access to the environment of transmission allows to promote the carrying capacity of network of radioaccess. At the use of spatial plural access methods it is expedient to utilize the combined method, which is based on the basis of spatial and casual methods, that allows substantial appearance to decrease the amount of the spatial ductings.

Keywords: bandwidth, radio networks.

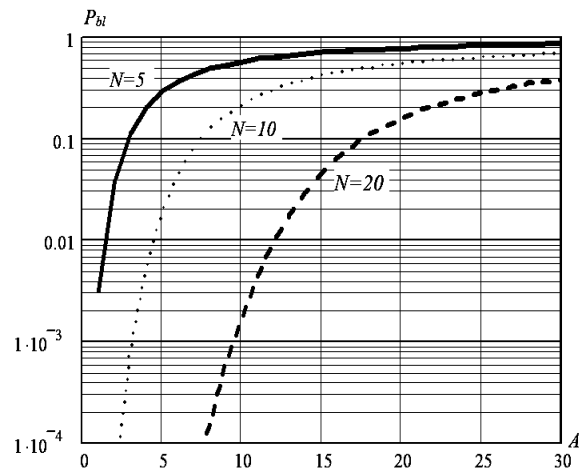


Рис. 1. Залежність ймовірності блокування від кількості просторових каналів

Висновок

Підвищення пропускної спроможності мереж радіодоступу можливо досягнути при використанні комбінованих методів множинного доступу до просторових каналів обслуговування .

Список літератури

1. Григорьев В.А. Сети и системы радиодоступа / В.А. Григорьев, О.И. Лагутенко, Ю.А. Распаев. – М.: ЭкоТрендз, 2005. – 384 с.
2. Шахнович И.В. Современные технологии беспроводной связи: изд. второе, исправленное и дополненное / И.В. Шахнович. – М.: Техносфера, 2006. – 288 с.
3. Пат. на корисну модель № 70174 Україна, МПК G01S13/00. Спосіб передачі інформації / Обод І.І., Нікітіна Л.О., Нікітін С.О., Свид І.В. від 12.12.2011.
4. Пат. на корисну модель № 70955 Україна, МПК G01S13/00. Спосіб передачі інформації / Обод І.І., Нікітіна Л.О., Нікітін С.О., Свид І.В. від 03.01.2012.

Надійшла до редколегії 19.01.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.А. Серков, Національний технічний університет «ХП», Харків.