

УДК 621.391

О.О. Івасюк

Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації НТУУ „КПІ”, Полтава

ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ РАДІОЗВ'ЯЗКУ У СТІЛЬНИКОВИХ МЕРЕЖАХ, ПОБУДОВАНИХ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ CDMA

В статті досліджуються особливості функціонування радіоінтерфейсу стільникових систем зв'язку, в яких реалізований багатостанційний доступ з кодовим розділенням каналів, та аналізується їхній вплив на топологію системи і якість її роботи. Дослідження проводиться порівняно з системами стандарту GSM.

Ключові слова: стільникові системи зв'язку, частотно-часове розділення каналів GSM, кодове розділення каналів CDMA, soft handoff.

Постановка проблеми

Системи стільникового радіозв'язку стрімко завойовують ринок телекомунікаційних послуг. Не минуло і десяти років, як їхня абонентська база стала нараховувати декілька десятків мільйонів користувачів, а по радіоканалам передаються не тільки розмови, але й великі об'єми мультимедійного трафіку. Як наслідок, гостро постає питання наявності вільного каналу зв'язку (свобідної радіочастоти), що безпосередньо впливає на імовірність відмови. Одним зі шляхів підвищення ефективності використання частотного діапазону, жорстко обмеженого рамками прийнятого стандарту, є впровадження стільникових систем з кодовим розділенням каналів CDMA, а дослідження особливостей цих мереж є актуальним питанням.

На сьогоднішній день у переважній більшості наукових робіт аналіз стільникових систем зв'язку (ССЗ), побудованих на основі кодового розділення каналів, проводиться тільки у якості перерахування характеристик мережі [1 – 3]. Але такий підхід не надає можливості в повній мірі зрозуміти різницю між зазначеними системами та системами, які базуються на основі частотно-часового розділення каналів (GSM).

Метою статті є дослідження особливостей ССЗ, в яких багатостанційний доступ реалізований на основі кодового розділення каналів, а також проведення аналізу впливу даних особливостей на побудову та якість роботи системи.

1. Структура стільникових мереж GSM та CDMA

Стільникова структура побудови радіомережі надає можливості підвищити ефективність використання частотного ресурсу за рахунок повторного використання однієї частоти у різних стільниках [3, 4]. Розподілення частот між стільниками відбувається згідно частотно-територіального плану, а сукупність сусідніх стільників, в яких використовуються різні частоти, мають назву – кластер [3, 4]. Узагальнена схема кластеру наведена на рис. 1.

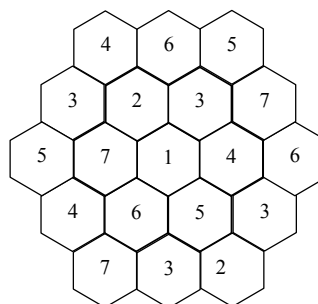


Рис. 1. Стільникова структура системи радіозв'язку з семирозмірним кластером

Кількість дуплексних радіоканалів, наданих одній базовій станції, має назву – частотна група. На рис. 1 стільники мають нумерацію, яка відображає номер наданої їм частотної групи. На даному рисунку наведений кластер розмірністю 7. Для розгортання ССЗ на визначеній території, обраний кластер багато-

кратно дублюють. В ССЗ, які використовують розділення каналів на основі частотно-часового методу (FDMA/TDMA – стандарт GSM) мають використовувати різні частотні групи у сусідніх стільниках [1 – 4]. Тому підвищення коефіцієнту повторного використання для них можливо за рахунок зменшення розміру стільників і розмірності кластера та використання спрямованих антен (рис. 2). Але перші два заходи суттєво погіршують якість роботи системи [3, 4].

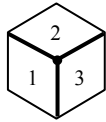


Рис. 2. Стільник з використанням спрямованих антен

У той же час при впровадженні технології CDMA з'являється можливість використовувати у сусідніх стільниках однакові частотні групи (рис. 3).

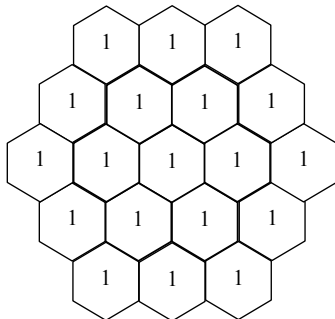


Рис. 3. Стільникова структура системи радіозв'язу на основі використання технології CDMA

В стандарті GSM формується 124 дуплексних радіоканали, на кожному з яких на основі часового

розділення каналів утворюється 8 часових вікон (time slot). Тому ССЗ на основі стандарту GSM має 992 канали. При використанні технології CDMA на одному каналі шириною у 1,23 Мгц можна організувати 55 каналів, а загальна кількість каналів трафіка буде дорівнювати 1100 (стандарт CDMA one) [2 – 4].

Таким чином, ССЗ, побудовані на основі CDMA, краще пристосовані для обслуговування більшої кількості абонентів та передачі великих об'ємів даних, ніж системи з частотним і часовим розділенням каналів.

2. Оцінка ефективності естафетної передачі в мережах CDMA

Під час зв'язку абонент ССЗ може змінювати своє місце перебування. Така зміна має відбуватися без розриву з'єднання і внесення дискомфорту у процес ведення розмови. При використанні CDMA з'являється можливість організації режиму «soft handoff» – м'якої естафетної передачі. Суть цього режиму пояснює рис. 4 [3].

Оскільки чіткої межі між стільниками не існує, то рухомий абонент може опинитись у зоні дії двох різних базових станцій. Транскoder, який входить до складу обладнання ССЗ, виконує оцінку якості прийнятих сигналів від двох базових станцій послідовно кадр за кадром. Цей процес призведе до того, що результуючий кадр формується шляхом безперервної комутації та наступного «склеювання» кадрів, прийнятих від різних базових станцій, що беруть участь в естафетній передачі. Розглянутий режим надає можливості забезпечувати високу якість зв'язку для рухомих кореспондентів [3].

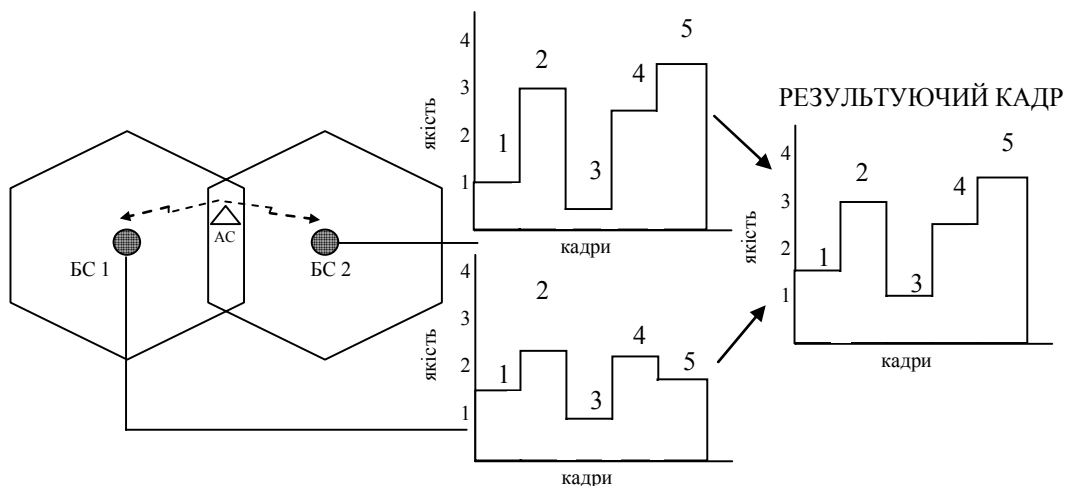


Рис. 4. Спрощена схема реалізації режиму «soft handoff»

Слід зазначити, що в інших ССЗ такий режим неможливо забезпечити, оскільки сусідні стільники працюють на різних частотах.

Для організації режиму «soft handoff» в топологій побудові мережі, на відмінну від інших ССЗ, є елемент SU, який розміщується між базовою стан-

цією і контролером базових станцій та на який покладена функція формування результуючого кадру. Також характерною рисою у топології ССЗ на основі CDMA є наявність двосторонніх зв'язків, окремо тільки між SU та окремо між контролерами базових станцій [3].

Але, така стільникова побудова окрім переваг несе в собі також і недоліки. По-перше, це завади, які утворюються на вході приймача абонента за рахунок випромінювання сусідніх базових станцій [2 – 4]. По-друге, це взаємні завади, які утворюють кореспонденти під час одночасної роботи в одному частотному діапазоні [3, 5, 6]. Одним зі шляхів зменшення негативного впливу завад від інших базових станцій є використання спрямованих антен та робота мережі у режимі відсутності м'якої естафетної передачі – «no soft handoff» в районах з великою щільністю кореспондентів [3]. Для зменшення рівня взаємних завад намагаються використовувати взаємноортогональні послідовності розширення спектру, наприклад коди Уолша, а, також використовують систему контролю за потужності абонентських станцій [3, 5, 6]. Співвідношення сигнал/завада на вході приймача базової станції можна представити наступним виразом [3]:

$$\frac{P_0}{P_{\text{ш}}} = \frac{P_0}{[K-1]P_0 + P_{\text{ш}}},$$

де K – кількість активних абонентів; P_0 – чутливість приймача базової станції; $P_{\text{ш}}$ – рівень фоновому шуму; $[K-1]P_0$ – рівень сигналів від інших абонентських станцій.

Відношення енергії біта (E_0) інформаційного сигналу до спектральної потужності шуму (N_0) має такий аналітичний вигляд [3]:

$$\frac{E_0}{N_0} = \frac{\frac{P_0/C}{[(K-1)P_0 + P_{\text{ш}}]/F}}{\frac{F/C}{(K-1) + \frac{P_{\text{ш}}}{P_0}}} = \frac{F/C}{(K-1) + \frac{P_{\text{ш}}}{P_0}}, \quad (1)$$

де F – робоча смуга частот; $F/C = B$ – база сигналу.

Якщо прийняти, що $P_{\text{ш}}/P_0 \ll 1$, то вираз (1) можна записати наступним чином [3]:

$$\frac{E_0}{N_0} \approx \frac{B}{(K-1)}. \quad (2)$$

Аналіз формули (2) свідчить про те, що чим більше активних абонентів, тим менше якість зв'язку. Тому до системи контролю потужності, яку випромінюють абонентські термінали, висуваються суворі вимоги. Так, в стандарті CDMA оне вона має забезпечувати регулювання потужності у динамічному діапазоні розміром 80 Дб, з кроком у 1 Дб [3].

Висновки

ССЗ, в яких реалізована технологія CDMA, мають наступні переваги:

- більшу кількість каналів зв'язку;
- ефективне використання частотного ресурсу, що стає особливо актуальним при зростанні кількості абонентів і об'єму мультимедійного трафіку;
- організація режиму «soft handoff», який істотно впливає на якість зв'язку рухомих кореспондентів. Для організації даного режиму до структури ССЗ входить елемент SU і мають бути організовані внутрішні зв'язки окремо між SU, і окремо між контролерами базових станцій.

До недоліків слід віднести наступне:

- наявність завад на вході абонентського приймача, які утворюють сусідні базові станції. Для боротьби з ними необхідно переходити до режиму «no soft handoff» у районах з великою щільністю кореспондентів та варіювати взаємною орієнтацією антен;
- взаємна завада на вході приймача базової станції, яка викликана одночасною роботою абонентів в однаковій смузі частот. Вона впливає на максимальну кількість одночасно працюючих абонентів та обумовлює суворі вимоги до системи контролю за потужністю.

Список літератури

1. Склад Б. Цифровая радиосвязь. Теоретические основы и практическое применение. – М.: Вильямс, 2003. – 1104 с.
2. Бабков В.Ю., Вознюк М.А., Никитин А.Н., Сиверес М.А. Системы связи с кодовым разделением каналов. – СПб.: СПбГУТ, 1999. – 120 с.
3. Громаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи. – М.: Эко – Трендз, 1997. – 380 с.
4. Ратынский М.В. Основы сотовой связи. – М.: Радио и связь, 2000. – 274 с.
5. Столингс В. Беспроводные линии связи и сети. – М.: Вильямс, 2003. – 640 с.
6. Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. – М.: Радио и связь, 1985. – 384 с.

Надійшла до редколегії 16.07.2008

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.С. Харченко, Харківський національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського «ХАІ», Харків.

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ РАДИОСВЯЗИ В СЕТЯХ, ПОСТРОЕННЫХ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ CDMA

А.О. Ивасюк

В статье исследуются особенности функционирования радиоинтерфейса сотовых систем связи, в которых реализован многостанционный доступ с кодовым разделением каналов, и анализируется их влияние на топологию системы и качество ее работы. Исследование проводится в сравнении с системами стандарта GSM.

Ключевые слова: сотовые системы связи, частотно часовое разделение каналов GSM, CDMA, soft handoff.

FEATURES OF A RADIO COMMUNICATION ORGANISATION IN THE CELLULAR NETWORKS, CONSTRUCTED ON THE BASIS OF TECHNOLOGY CDMA

A.O. Ivasjuk

In article features of performance of an air-interface of cellular communication systems in which the multiple access with a code channel separation is realised are investigated, and their influence on topology of system and quality of its work is analyzed. Probing is spent in comparison with systems of standard GSM.

Keywords: cellular communication networks, frequency sentinel division of channels of GSM, CDMA, soft handoff.