

МЕТОДИ БАГАТОСТАНЦІЙНОГО ДОСТУПУ

Досягнуто збільшення зони обслуговування, пропускної здатності і більш високу якість передачі даних. Таким чином, необхідне більш ефективніше використання наданого радіочастотного спектру. За допомогою запропонованих методів збільшено пропускну здатність радіосистеми, особливо при повторному використанні частот з високими коефіцієнтами повторення. Чим менше стільник, тим більш ефективно використовується радіочастотний спектр.

Ключові слова: багатостанційний доступ, пропускна здатність, спектр, частота.

A.A. YAREMENKO, I.V. TROTSYSHYN

Odessa National Academy of Telecommunications n.a. O.S. Popov

METHODS OF MULTISTATIONAL ACCESS

An increase in the coverage area, bandwidth and higher quality data transfer was achieved by the authors. So we need more efficient use of radio frequency spectrum. With the help of the proposed methods bandwidth of radio system was increased, especially during re-use of frequencies with high rates of recurrence. The smaller the cell is, the more effectively the radio frequency spectrum is used.

Key words: multistational accession, bandwidth, spectrum, frequency.

Вступ. З ростом збільшення попиту на мобільний зв'язок, виникає необхідність у збільшенні зони обслуговування, пропускної здатності і більш високій якості передачі даних. Таким чином, необхідно більш ефективніше використання наданого радіочастотного спектру.

Постановка задачі. У зв'язку зі збільшенням служб та абонентів, рішення проблеми пропускної здатності завжди стоїть гостро. З самого початку розвитку мобільних систем розробники знали, що проблема пропускної здатності залежить від кількості виділених каналів або частот. Отже, для надання послуг великій кількості абонентів було потрібне використання стільникової мережі. Кожний стільник має свою власну базову станцію, забезпечуючи своєю пропускною здатністю необхідну кількість абонентів, з використанням малопотужних сигналів. Побудова мережі за стільниковим принципом збільшує пропускну здатність радіосистеми, особливо при повторному використанні частот з високими коефіцієнтами повторення. Чим менше стільник, тим більш ефективно використовується радіочастотний спектр, але, відповідно, збільшується вартість системи, так як необхідна більша кількість базових станцій.

Основна ідея стільникової мережі полягала у подоланні обмежень пропускної здатності, але цей принцип не допомагає зняти обмеження всередині кожного стільника при одночасних викликах. Тому для рішення проблеми розподілу радіочастотного ресурсу в одному стільнику були розроблені методи багатостанційного доступу [2]. Розрізняють декілька основних методів багатостанційного доступу:

- FDMA (Frequency Code Division Multiple Access) — багатостанційний доступ з частотним поділом каналів (термін "багатостанційний доступ", "множинний доступ", "multiple access" позначає такий режим роботи базової станції, який дозволяє декільком мобільним станціям одночасно взаємодіяти з нею — "отримувати до неї доступ"). Всі перші аналогові стільникові стандарти (покоління 1G) базувалися на методі FDMA, найбільш поширені з них AMPS (ширина каналу 30 кГц) і NMT-450 (ширина каналу 25/20 кГц). Після встановлення з'єднання вся відповідна каналу смуга частот використовується тільки для обслуговування одного з'єднання. Будь-яке спільне застосування однієї смуги частот одночасно неможливо. Іншими словами, система використовує тільки фізичні канали і не утворює логічних каналів. Ємність стільника в даному випадку визначається тим, скільки частотних каналів (радіотракт) буде розміщено в частотній смузі, виділеній цьому стільнику. Слід також зазначити, що як базові, так і мобільні станції FDMA-систем хоча і працюють з повністю аналоговим розмовним сигналом на всіх етапах його передачі та обробки, мають цифрове управління і обмінюються службовою інформацією по керуючому каналу в цифровому вигляді. Тому апаратуру стільникового мобільного зв'язку першого покоління іноді називають аналогово-цифровою за аналогією з апаратурою аналогово-цифрових транкінгових мереж.

- TDMA (Time Division Multiple Access) — багатостанційний доступ з часовим поділом каналів. Весь діапазон частот, виділений для даного стільника, спочатку підрозділяється на певну кількість несучих частот (радіотракт, частотних каналів), після чого кожна з несучих розбивається на кілька часових логічних каналів або таймслотів (у стандарті GSM 900 — 8 таймслотів). Один з цих таймслотів є службовим (сигнальним, керуючим), а решта використовуються для передачі голосової інформації. Іншими словами, сеанс зв'язку для кожного абонента розбивається на безліч невеликих тимчасових інтервалів, які і передаються по черзі на одній частоті. Мова оцифровується і розбивається на окремі пакети, система передає на одній частоті частину розмови (пакет) одного абонента, потім — частину розмови іншого і так далі. Передавши частину розмови останнього абонента з числа працюючих на даній частоті, система повертається до першого абоненту і весь цикл повторюється. За рахунок того, що передача відбувається в оцифрованому вигляді з компресією, а перемикання каналів відбувається дуже швидко, на прийнятному кінці при перекладі сигналу з цифрової в аналогову форму мову можливо відновити з окремих пакетів в

режимі реального часу, при цьому абонент нічого не помічає.

Системи, що працюють за методом TDMA, є повністю цифровими, як в частині обробки і передачі сигналу, так і в частині управління.

- CDMA (Code Division Multiple Access) — багатостанційний доступ з кодовим поділом каналів. Як і метод TDMA, CDMA узаві обробку та передачу голосової інформації тільки в цифровому вигляді. В основі методу лежить давно застосовуваний у військовій радіозв'язку метод модуляції з використанням шумоподібного або широкосмугового сигналу (spread spectrum — розмитий спектр). Корисний сигнал як би розмивається по частотному діапазону, істотно більш широкого, ніж при традиційних способах модуляції. Здійснюється це шляхом перемноження послідовності корисних бітів інформації на псевдовипадкову послідовність більш коротких імпульсів. В результаті виходить так званий псевдошумовий сигнал, який займає більший частотний спектр і має значно меншу інтенсивність, ніж при вузькосмугової модуляції. Всі псевдошумові сигнали випромінюються в одному і тому ж широкосмуговому частотному каналі. Прийняти інформацію можливо тільки в тому випадку, якщо відома послідовність, на яку був помножити корисний сигнал при передачі, інакше він буде сприйматися як шум. Таким чином, якщо кілька мобільних станцій в межах одного стільника працюють на загальній частоті, але з різними кодовими послідовностями, ці сигнали практично не створюватимуть перешкод один одному. Крім того, сторонні шуми, що наводяться в даному частотному каналі (завади різного походження), якщо тільки їх потужність не перевищуватиме потужності корисного сигналу, теж ніяк не впливатимуть на умови передачі. Отже, різко підвищується завадостійкість системи (широкосмуговий сигнал завжди дуже стійкий до вузькосмугових завад) і забезпечує значну перевагу в частині забезпечення секретності передачі.

Технологія CDMA 2000 використовує смугу частот в 1,25 МГц, що значно ширше, ніж при використанні методів FDMA і TDMA. Інформація кодується і розподіляється по всій смузі 1,25 МГц, яка може використовуватися як в суміжних стільниках, так і у всіх секторах кожного стільника. Код, присвоєний кожному виклику, дозволяє використовувати схему повторного використання частоти $N = 1$, забезпечуючи тим самим підвищену гнучкість при додаванні нових стільників по мірі зростання мережі без необхідності складного перепланування розподілу частот. Ці відмінності у використанні спектру дають технології CDMA величезну перевагу щодо пропускної здатності.

До переваг методу CDMA можна віднести і ще кілька його властивостей. Поширюючись на ділянці базової мобільної станції, радіосигнал багаторазово перевідбивається від перешкод і в результаті інтерференції сигналів, що пройшли різні шляхи, інтенсивність прийнятого сигналу постійно змінюється. Це явище носить назву федінга (fading). Всі системи мобільного зв'язку, засновані на інших методах, для забезпечення безперервного з'єднання в умовах федінга підтримують дещо завищений, ніж це необхідно, рівень потужності передачі (дане твердження справедливо відносно як мобільного, так і базової станції). Такий підхід дозволяє уникнути обриву з'єднання в моменти, коли мобільна станція відчуває миттєві падіння співвідношення "сигнал/шум". У результаті загальний завищений рівень потужності підвищує рівень шуму в системі і непродуктивно витрачається частина енергії батареї мобільної станції. Під час переходу мобільної станції із зони покриття одного стільника в інший методи FDMA і TDMA припускають її естафетну передачу з так званим жорстким перемиканням (hard handoff або break before make), при якому спочатку розривається зв'язок з попереднього стільника, і тільки після цього встановлюється зв'язок з новим. Технологія CDMA в даному випадку за рахунок використання в сусідніх стільниках однієї і тієї ж несучої частоти дозволяє виконувати естафетну передачу з м'яким перемиканням (soft handoff або make before break). Мобільна станція CDMA спочатку встановлює зв'язок з базовою станцією, в зону дії якої вона входить, і тільки після цього звільняє канал у залишаемому стільнику. Якщо при жорсткому перемиканні зв'язок на мить пропадає (при несприятливих умовах вона навіть може бути перерваний), то при м'якому перемиканні абонент просто нічого не помічає. При русі в автомобілі з досить великою швидкістю в умовах великого міста (тобто при частому перетині кордонів стільників) вже одне це значно підвищує якість зв'язку.

- SDMA (Space Division Multiple Access) — багатостанційний доступ з просторовим розділенням каналів [3]. SDMA доступ використовує напрямок (кут) в якості просторового виміру в сигнальному просторі, яке може бути розподілено на канали і розподілено між різними користувачами. Зазвичай це реалізується за допомогою багатоелементних антен (рис. 1.1). Ортогональні канали утворюються тільки у тому разі, якщо кутове рознесення між абонентами перевищує кутову розрешення спрямованої антени. Якщо спрямованість досягається за допомогою антенної решітки, то для точного

кутового розрешення необхідна велика решітка, що може бути не практичним для використання на базових станціях і, тим паче, нездійсненно для мініатюрних терміналів користувачів. На практиці SDMA часто реалізується з використанням секторних антенних решіток. В цих решітках кутовий діапазон в 360 градусів ділиться на N секторів.

При цьому забезпечується високий коефіцієнт спрямованої дії у кожному секторі та незначні завади між секторами. Для розподілення каналів між абонентами всередині сектору використовують TDMA та FDMA. При роботі з мобільними абонентами схема SDMA повинна адаптуватися до зміни кута, під яким ведеться обмін сигналів з абонентами, а якщо спрямованість досягається з допомогою секторних антен, то повинна бути передбачена передача обслуговування з сектора в сектор при переміщенні абонента.

- OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) — базується на використанні OFDM модуляції [4] і представляє собою комбінацію FDMA/TDMA.

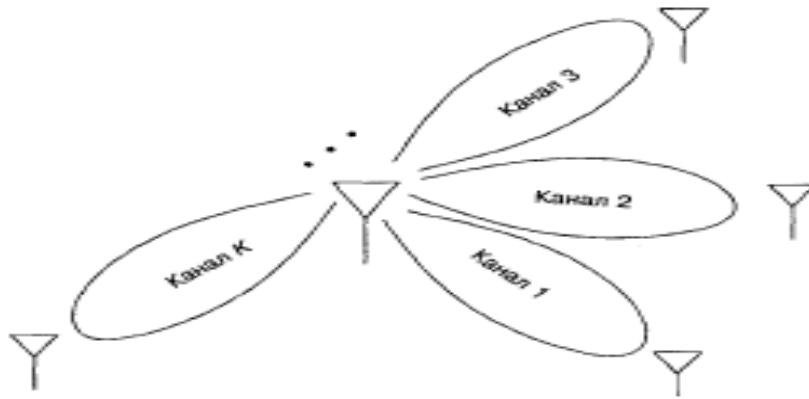


Рис. 1. Принцип розділення каналів SDMA

Користувачам системи для передачі виділяються логічні субканали на ортогональних піднесійних OFDM (рис. 1.2). Кількість піднесійних, яка виділяється на визначений логічний субканал, залежить від необхідної швидкості передачі інформації, характеристик радіоканалу, кількості обслуговуваних системою користувачів та необхідної якості. Для зменшення впливання частотної селективності каналу ці несійні псевдовипадковим чином розподіляються по всій робочій полосі. Користувачу виділяється один або декілька логічних субканалів. З метою адаптації до характеристик радіоканалу та інформаційних потреб користувачів вид модуляції, параметри коректувального кода та потужність передачі в різних субканалах може змінюватися.

Кількість піднесійних при OFDMA може бути як сталою, так і змінною. Наприклад в «фіксованому» WiMAX (IEEE 802.16d) використовується 2048 піднесійних. В мобільній версії 802,16e виконаний варіант OFDMA зі змінною кількістю піднесійних (від 128 до 2048) [4].

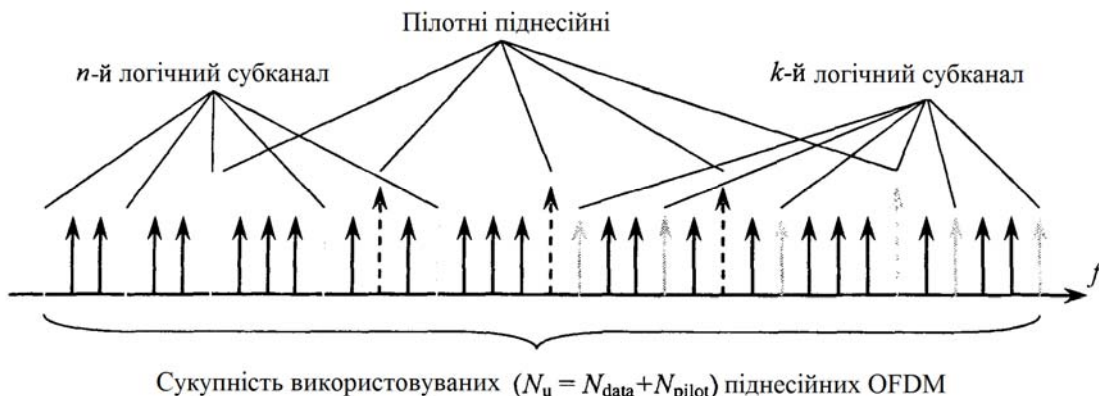


Рис. 2. Частотна структура каналу OFDMA

Розв'язання поставлених задач

Розвиток методів багатостанційного доступу заснований на використанні технологій просторового та поляризаційного рознесення, а також об'єднання традиційних технологій частотного, часового та кодового розділення.

Сучасні методи ефективного використання радіочастотного ресурсу (при збереженні, і навіть збільшенні пропускної спроможності радіоканалу) засновані на використанні антенних решіток, за допомогою яких реалізується як багатостанційний доступ, так і рознесений прийом.

До основних напрямків подальших досліджень можливо віднести:

- аналіз та узагальнення наукових результатів та існуючих напрацювань в області методів формування спрямованого випромінювання, управління характеристиками спрямованості та поляризаційними властивостями антенних решіток;

- вибір та обґрунтування елементу антенної решітки з метою формування оптимальної поляризаційної структури, розрахунок його геометричних та електродинамічних параметрів та характеристик;

- розробка адаптивної антенної решітки та дослідження її характеристик.

Висновки. В низхідному напрямку логічні потоки даних, що трансформуються в субканали, формують єдине вікно швидкого перетворення Фур'є для мультиплексування даних, а в висхідному — з метою організації багатостанційного доступу.

Таким чином, розвиток методів багатостанційного доступу заснований на використанні технологій просторового та поляризаційного рознесення, а також об'єднання традиційних технологій частотного, часового та кодового розділення.

Література

1. Голдсмит А. Беспроводные коммуникации / Голдсмит А. – М. : Техносфера, 2011. – 904 с.
2. Современные беспроводные сети: состояния и перспективы развития / [Гепко И.А., Олейник В.Ф., Чайка Ю.Д., Бондаренко А.В.]. – К. : «ЕКМО», 2009. – 672 с.
3. Определение использования радиочастотного спектра и эффективности радиосистемы : рекомендация МСЭ-R SM.1046-2 / Международный союз электросвязи [Электронный ресурс]. – Женева, 2011. – Режим доступа : <https://www.itu.int/.../itu-r/.../sm/R-REC-SM.1046-2-200605...>
4. Методы разнесения для систем фиксированной беспроводной связи из пункта в пункт : рекомендация МСЭ-R F.752-2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/f/R-REC-F.752-2-200605-I!!PDF-R.pdf
5. Влияние многолучевости распространения радиоволн на проектирование и работу цифровых систем фиксированной беспроводной связи прямой видимости : рекомендация МСЭ-R F.1093-2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/f/R-REC-F.1093-2-200604-I!!PDF-R.pdf
6. General principles and methods for sharing between radio services. Recommendation ITU-R SM.1132. 1995 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.itu.int/rec/R-REC-SM.1132-0-199510-S/en>

Рецензія/Peer review : 17.8.2016 р.

Надрукована/Printed : 26.8.2016 р.

Рецензент: стаття прорецензована редколлегією