УДК 004.052:004.738.2 (045)

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ *Mobile WiMAX 2.0* ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ШВИДКОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ В МЕРЕЖАХ ЗВ'ЯЗКУ

Дрововозов В.І., Бригинець О.М., Толстікова О.В., Гребініченко К.С.
Київський національний авіаційний університет
e-mail: accidental899@mail.ru

Анотація

Дрововозов В.І., Бригинець О.М., Толстікова О.В., Гребініченко К.С. Застосування технології Mobile WiMAX 2.0 для підвищення швидкості та надійності передачі даних в мережах зв'язку. *Розглядається новий реліз технології Mobile WiMAX, основаної на стандарті 802.16m, з метою застосування для підвищення швидкості та надійності передачі даних в бездротових мережах зв'язку. Проаналізовані методи та алгоритми стандарту, що дозволяють розширити технологічні можливості сучасних мобільних пристроїв у передачі великих об'ємів мультимедійної інформації*

Загальна постановка проблеми

Актуальною проблемою сучасного інформаційного суспільства являється підвищення швидкості та надійності передачі великих об'ємів мультимедійної інформації в бездротових мережах зв'язку. З розвитком мобільних пристроїв виникає потреба у розширенні технологічних можливостей систем зв'язку третього покоління (*3G*), які не здатні задовольнити сучасні вимоги мультимедійного обслуговування. Тому необхідним вважається впровадження нових проектів систем мобільного зв'язку четвертого покоління (*4G*), що за допомогою пакетної передачі даних мають забезпечити надійну та високошвидкісну передачу інформації в бездротових мережах.

Цілі

Метою є розглянути та проаналізувати методики нового релізу мобільної технології *Mobile WiMAX 2.0*, основаних на стандарті *IEEE 802.16m*, що підвищують швидкість та надійність передачі великих об'ємів мультимедійних даних у бездротових мережах зв'язку.

Шляхи вирішення проблеми

До проектів мобільного зв'язку четвертого покоління відноситься технологія широкосмугового абонентського бездротового доступу *WiMAX 2.0* (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) для надання універсального мобільного зв'язку на великі відстані. Мобільний *WiMAX 2.0* побудований на базі всесвітніх стандартів розгорнення фіксованих, портативних і мобільних відкритих мереж, що дозволяють використовувати відкриту технологію Інтернету на відміну від закритих систем попередніх поколінь *3G*. У 2010 році відбулися перші вдалі спроби застосування нового релізу технології *WiMAX 2.0*, що надав можливості досягти швидкості передачі даних в мобільних бездротових мережах до 330 Мбт/с. Таких результатів ще не було досягнуто жодною іншою сучасною мобільною технологією як третього, так і четвертого покоління. Крім цього, *IP*-архітектура і зворотна сумісність зі стільниковими мережами *3G* роблять *WiMAX* більш дешевим і зручним бездротовим рішенням у використанні [2].

У системах *WiMAX 2.0,* основаних на новому стандарті *IEEE 802.16m,* об'єднуються нові й уже існуючі методики для підвищення швидкості та надійності передачі великих об'ємів мультимедійних даних у мобільних мережах:

- ефективна підтримка кількох одночасно працюючих користувачів у мережі технологією *OFDMA;*

- висока пропускна здатність: використання системи *MIMO*, кодування та модуляції дозволяє технології *Mobile WiMAX* підтримувати високу швидкість та надійність передачі даних;
- якість обслуговування: підвищення якості сервісу досягається за рахунок високої пропускної здатності та гнучкої диспетчеризації;
- масштабованість: незважаючи на глобалізацію економіки, регулювання ресурсів діапазону частот у світі часто виявляється «не синхронізованим», а методики мобільного *WiMAX* розроблені таким чином, щоб вони могли функціонувати в діапазоні від 1.25 до 20Мгц. Таке рішення дозволить забезпечити доступ до Інтернету в передмістях [1];
- покращення каналу управління та бюджету каналу за рахунок використання різних схем передачі й більш надійного формату кадрів.

Однією з основних особливостей стандарту *802.16m* – зміна структури кадрів. Стандарт розглядає режим *OFDMA* (*Orthogonal Frequency-Division Multiple Access*) – метод множинного доступу за рахунок розділення ортогональних несучих, що використовується для забезпечення передачі інформації багатьом користувачам одного радіоспектра на основі технології *OFDM*. Один логічний *OFDMA*-канал утворений фіксованим набором несучих, як правило, розподілених по всьому доступному діапазоні частот фізичного каналу, що дає можливість підвищити швидкість передачі даних [4].

У стандарті *802.16m* введений новий елемент – суперкадр тривалістю 20мс (максимально допустимий час кадру попереднього стандарту *802.16e*). А кадр являє собою послідовність *OFDMA*-символів, які в свою чергу включають набір підканалів. Тому пакети даних можуть передаватися одночасно на різних *OFDMA*-каналах. Суперкадр (рис. 1) ділиться на чотири кадри тривалістю по 5мс. Якщо ширина кадру складає 5, 10 чи 20 Мгц, то кожен кадр містить вісім субкадрів [3].

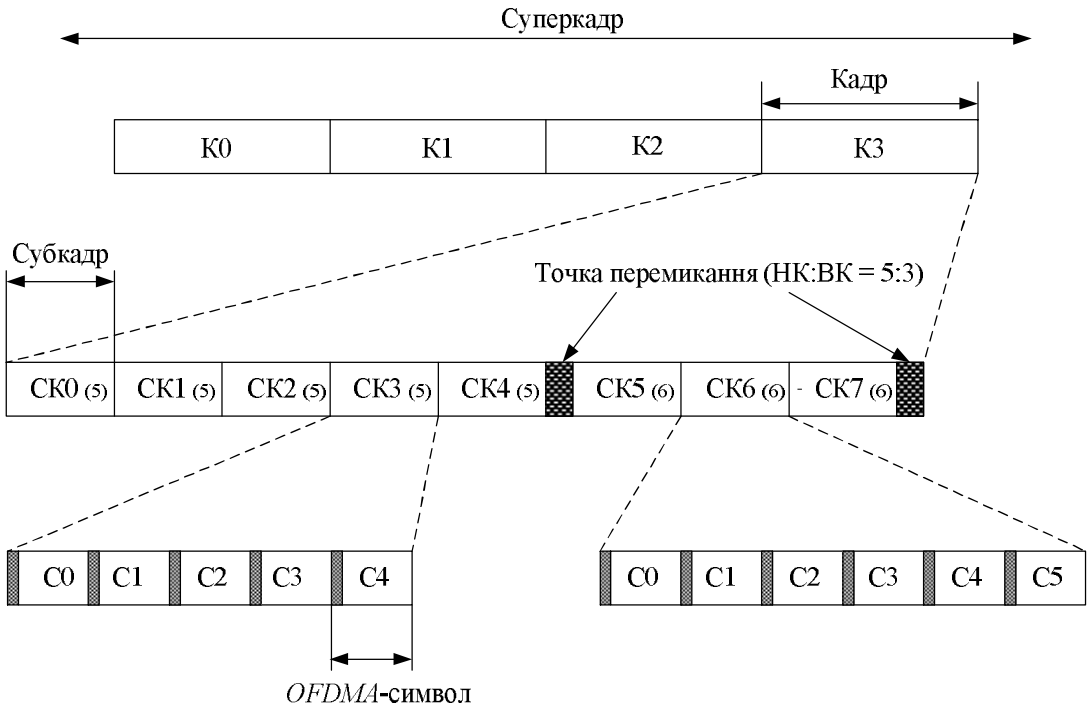

Рис.1. Структура кадрів у стандарті *IEEE 802.16m*

Субкадр може бути присвоєний висхідному чи низхідному каналу. При зміні направлення передачі (перехід від низхідного до висхідного каналу і навпаки) між субкадрами протилежних направлень додається інтервал (точка) перемикання. У кожному

кадрі режиму часового дуплексування може бути дві або чотири точки перемикання. Субкадри бувають трьох типів – ті, що містять шість, сім або п'ять *OFDMA*-символів. Формування модуляційних символів аналогічне методу *OFDM*. Символ включає в себе зону передачі даних і попередній йому захисний інтервал (повтор початкового фрагменту символу), що призначений для запобігання міжсимвольної інтерференції. А сам символ – це сукупність модульованих ортогональних несучих.

Стандарт *IEEE 802.16m* дозволяє працювати з широкими каналами – 20 Мгц. Такі канали являють собою сукупність кількох стандартних каналів (рис.2). При цьому відпадає необхідність у захищених частотних інтервалах між каналами, що збільшує ширину можливої смуги пропускання, а цим самим збільшує швидкість передачі даних. Гнучке регулювання структури кадру дозволяє забезпечити сумісність з традиційними пристроями *IEEE 802.16* [3].

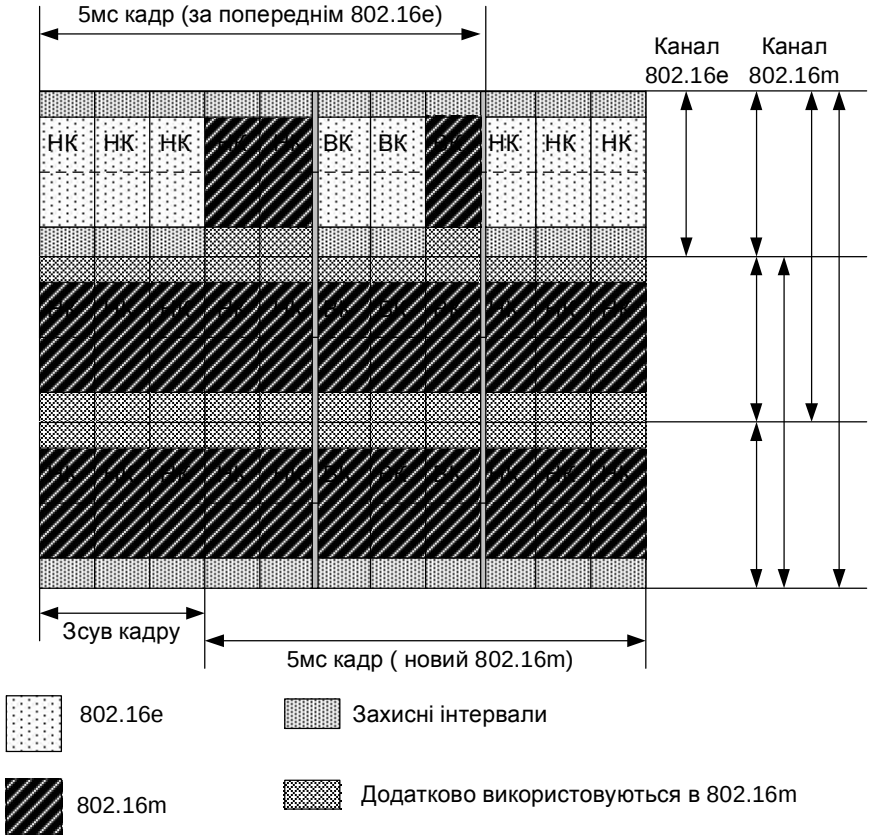

Рис.2. Об'єднання кількох стандартних каналів у однин канал стандарту *IEEE 802.16m*

Технологія *HARQ.* Для підвищення надійності передачі мультимедійної інформації в мережах *WiMAX* та ефективності використання радіоканалу в стандарті *IEEE 802.16m* використовується система з гібридним автоматичним запитом на повторне передавання пакету *HARQ (Hybrid-Automatic Repeat Request)*. Технологія *HARQ* є варіацією методу *ARQ*, де додаткові біти виявлення помилок додаються до переданих даних. Метод гібридного автоматичного запиту на повторну передачу утворився шляхом поєднання прямої корекції помилок та *ARQ*. У таких системах приймач посилає повідомлення підтвердження *ACK (Acknowledge)* на успішне прийняття пакету мобільною станцією. Приймаючи пакети, станція перевіряє їх на наявність помилок, декодуючи контрольну суму *CRC (Cyclic Redundancy Check, Checksum)*, що посилається разом з даними [7]. У випадку, якщо *Checksum* відрізняється від обчисленої приймачем суми, то передавачу посилається повідомлення

NACK (Negative Acknowledgment), після прийняття якого виконується повторна передача прийнятого пакету.

Загалом технологія *HARQ* використовує два методи, що дозволяють підвищити ймовірність виправлення помилок: *Incremental Redundancy* (*IR* – інкрементна зростаюча надлишковість) та *Soft Combining* (*SC* – програмне сполучення). Але в мобільному *WiMAX 2.0* використовується тільки метод *Incremental Redundancy*. Він полягає в наступному: кожен пакет, що передається повторно, кодується по-різному; при новому кодуванні в процесі перфорації відкидаються інші біти, що відмінні від попереднього передавання. Це покращує процес декодування, адже декодер отримує додаткову інформацію.

Передача пакету за технологією *HARQ* виконується до ти пір, поки дані не будуть прийняті без помилок або максимально допустиме число повторних передавань не буде перевищене, а отже, покращується надійність передачі мультимедійної інформації.

Системи *MIMO* (*Multiple Input Multiple Output* – передача даних за допомогою кількох антен прийому-передачі). Для підвищення швидкості передачі інформації використовуються декілька антен прийому-передачі. Впровадження такої системи дозволяє:

- рознесення сигналу для боротьби із затуханням;
- формування діаграми направленості для покращення відношення сигнал/шум;
- просторове мультиплексування (*MIMO*) для збільшення пікової швидкості передачі даних [5].

Стандарт *802.16m* підтримує розширену та покращену багатоантенну технологію, що включає одно і багатокористувацьку систему *MIMO* (просторове рознесене мультиплексування), має наявність різноманітних схем передачі.

Вводиться режим багатокористувацького *MIMO*, відповідно до якого одночасно і на одних тих самих частотах можлива трансляція інформації різним користувачам. Переваги такого режиму:

- з'являється можливість збільшення пропускної здатності за рахунок просторового розділення користувачів, коли кілька абонентський станцій використовують один і той самий фізичний канал для зв'язку з БС;
- багатокористувацький канал *MIMO* має відносно низьку кореляцію між просторовими підканалами за рахунок того, що вони належать різним абонентським терміналам [6].

Мінімальна конфігурація у низхідному каналі передбачає дві антени-передавачі на базовій станції (БС) і дві приймальні на мобільній станції (МС). Всього можливо до восьми таких антен-приймачів. У висхідному каналі на БС повинно бути не менше двох антен-приймачів, а на МС – одна, дві чи чотири антени-передавачі.

У низхідному направленні (від МС до БС) користувачі передають свою інформацію одночасно на одній і тій самій частоті. Базовій станції виявляється складно розділити сигнали від різних абонентів. Одним з можливих способів боротьби з цією проблемою є спосіб лінійної обробки (*linear processing*), який передбачає попереднє кодування переданого сигналу. Вихідний сигнал при цьому перемножується з матрицею, яка складається з коефіцієнтів, що відображають інтерференційний вплив від інших абонентів. Матриця складається відповідно до поточного стану радіоефіру: числа абонентів, швидкостей передачі і т.п. Отже, сигнал піддається спотворенню оберненому тому, яке він зустріне під час передачі в радіоефірі [3].

У низхідному направлення (від БС до МС) базова станція одночасно передає сигнали по одному каналу відразу декільком абонентам. Це призводить до того, що сигнал, який передається для одного абонента, впливає на прийом усіх інших сигналів, тобто виникає інтерференція. Можливими варіантами боротьби з цією проблемою є застосування технології кодування *dirty paper* («брудний папір»). Принцип дії *dirty paper* заснований на аналізі поточного стану радіоефіру і числа активних абонентів. Єдиний (перший) абонент

передає свої дані до БС без зміни своїх даних (кодування) тому, що інтерференції від інших абонентів немає. Другий абонент буде кодувати, тобто змінювати енергію свого сигналу так, щоб не перешкодити першому і не піддати свій сигнал впливу від нього. Наступні абоненти, що додаються в систему, також будуть дотримуватися цього принципу і спиратися на число активних абонентів з їхніми переданими сигналами [3].

Технологія *Mobile WiMAX 2.0* підтримує кілька рівнів *QoS*. Існує чотири основні механізми, що визначені для різних рівнів обслуговування у висхідному потоці: незатребуваний рівень обслуговування (*unsolicited grant service*), розширений сервіс із опитуванням у режимі реального часу (*extended real-time polling service*), опитування в режимі реального часу (*real-time polling service*) та опитування із затримкою (*non-real-time polling service)* [5].

У мобільному *WiMAX* застосовуються схеми модуляції вищого рівня в порівнянні з технологіями третього покоління, що дозволяє підвищити швидкість передачі мультимедійної інформації. Стандарт використовує квадратурну амплітудну модуляцію *16-QAM* (*Quadrature Amplitude Modulation*) у висхідному каналі та *64-QAM* у низхідному каналі. При передачі сигнал кодується одночасними змінами амплітуди синфазного (*I*) та квадратурного (*Q*) компоненту несучого гармонічного коливання, що зсунуті по фазі один відносно одного. При цьому використовується один і той самий крок зміни амплітуди.

Висновок

Технологія покоління *4G WIMAX 2.0* має набагато кращі характеристики, ніж технології третього покоління. Таким чином, застосування *WIMAX 2.0*, основаної на стандарті *IEEE 802.16m,* дає можливість підвищити швидкість та надійність передачі великих об'ємів мультимедійних даних в мережах зв'язку. Технологія *WIMAX 2.0* завдяки використанню покращених методик та алгоритмів (гібридний зворотній зв'язок, адаптивна модуляція, технологія *MIMO*, зміни в структурі кадру, система *OFDMA*) має можливість задовольнити потреби сучасного інформаційного суспільства, яке вимагає високої швидкості та надійності передачі об'ємної мультимедійної інформації (потокового аудіо, відео) в мобільних мережах.

Література

1. Мобильный WiMAX и 3G: кто победит? // Компьютерра-онлайн . – 2007 [Electronic resourse] / Інтернет-ресурс. - Режим доступу: www/ URL: http://old.cio-world.ru/it-market/community/323870/index.html - Загол. з екрану.
2. Мобильная технология WiMAX [Electronic resourse] / Інтернет-ресурс. - Режим доступу: www/URL: http:// .www.intel.com/cd/corporate/techtrends/emea/rus/wimax/ mobile/ 416779.htm - Загол. з екрану.
3. Шахнович И.В. WiMAX – путь к 4G Проекты IEEE 802.16 j и m. Первая миля, 2009, №3, с.4-6.
4. Шахнович И.В. Стандарт широкополосного мобильного доступа IEEE 802.16-2004. – Электроника : НТБ, 2005, №2, с.47-48.
5. Леонид Бараш. HSPA vs. WiMAX – особенности конкурирующих беспроводных технологий доступа // Компьютерное Обозрение, №3(700). – 2009 [Electronic resourse] / Інтернет-ресурс. - Режим доступу: www/URL :http://ko.com.ua/node/45254 - Загол. з екрану.
6. Способ передачи-приема сигнала в многопользовательской системе радиосвязи с множеством передающих и множеством приемных антенн [Electronic resourse] / Інтернет-ресурс. - Режим доступу: www/URL: http://bd.patent.su/2398000-2398999/pat/servl/ servlet77c3.html - Загол. з екрану.
7. Бителева А. Технологии мобильного телевидения: 1-я часть. Сотовая телефония // Теле-Спутник. – 2006. – №5(127)