

УДК 004.05:004.738.2 (045)

## ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НЕОБХІДНОГО РІВНЯ ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ *QoS* В БЕЗДРОТОВИХ МЕРЕЖАХ СИСТЕМ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ

**Дрововозов В.І., Бригинець О.М.**

Київський національний авіаційний університет

Кафедра комп'ютерних систем та мереж

E-mail: accidental899@mail.ru

### *Анотація*

*Дрововозов В.І., Бригинець О.М. Забезпечення необхідного рівня якості обслуговування QoS в бездротових мережах систем реального часу. Сучасна WiMAX-мережа розглядається як мережа в системі реального часу, на основі стандарту 802.16m, для вирішення актуальної проблеми забезпечення необхідного рівня якості обслуговування різних видів мультимедійного трафіка в бездротових мережах систем реального часу.*

### **Загальна постановка проблеми**

Однією з важливих актуальних проблем функціонування систем реального часу являється забезпечення необхідного рівня якості обслуговування різних видів мультимедійного трафіка.

Система називається системою реального часу (СРЧ), якщо правильність її функціонування залежить не тільки від логічної коректності обчислень, але і від часу, за який ці обчислення проводяться. [1] Для СРЧ характерними є гарантований час реакції на зовнішні події, жорстка підсистема планування процесів та підвищені вимоги до часу реакції на зовнішні події. Головною особливістю роботи СРЧ є своєчасна реакція на всі події, навіть при максимальному завантаженні. Тому мережа зв'язку реального часу (МЗРЧ) як складова частина СРЧ повинна забезпечувати визначений рівень затримки в обміні інформацією (а особливо передачі мультимедійних даних) між підсистемами.

Передача даних в системах реального часу може бути реалізована на основі бездротових мереж зв'язку, при побудові яких потрібно забезпечити високу якість переданої інформації між територіально розподіленими пристроями системи. Таке мережне бездротове середовище відноситься до систем реального часу з м'якими вимогами. Порушення цілісності даних при передачі між станціями з певною імовірністю може не призвести до збою системи, але в СРЧ може призвести до тайм-ауту на передавальній стороні й повторній посилці інформації. У такому випадку продуктивність мережі знижується, а це в свою чергу погіршує якість переданої інформації.

При передачі інформації в мережах зв'язку між підсистемами СРЧ велику частку трафіка складають мультимедійні дані. Вони пред'являють жорсткі вимоги щодо якості обслуговування (*Quality of Service – QoS*) транспортної мережі. Тому мультимедійна інформація, передачу якої забезпечує МЗРЧ, можна називати трафіком реального часу (ТРЧ), для якого необхідним є надання гарантованої смуги пропускання із заздалегідь визначеним рівнем затримки переданих пакетів.

Бездротові мережі зв'язку реального часу вимагають таких технологій передачі інформації та організаційних прийомів для побудови й обслуговування своєї мережної інфраструктури, які дозволяють гарантувати високий рівень якості обслуговування та надання високошвидкісних мультимедійних послуг нового покоління незалежно від місця розташування підсистем СРЧ.

Через підвищені вимоги мультимедійних даних, чутливих до відхилень параметрів

бездротового середовища передачі даних, актуальною є проблема забезпечення необхідного рівня якості обслуговування для різного типу трафіка реального часу.

### Цілі

Аналіз застосування технології покоління *3.5G* широкосмугового абонентського бездротового доступу *WiMAX* (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*), основаної на стандарті *IEEE 802.16* із вбудованими механізмами *QoS*, з метою забезпечення необхідного рівня якості обслуговування в бездротових мережах реального часу. Механізми дозволяють управляти якістю обслуговування в МЗРЧ і визначають можливість одночасного виконання визначеної підмножини із набору вимог для трафіка реального часу, який потребує гарантованої високої швидкості та якості передачі інформації.

### Шляхи вирішення проблеми

Робота системи в режимі реального часу не означає збільшення її швидкодії, а перш за все - виконання задачі в заданий проміжок часу. Мережа реального часу має гарантувати доставку кожного пакета даних від відправника до отримувача в чітко визначений період часу [2]. Відповідальним за виконання такої задачі є технологія передачі даних, що реалізована в МЗРЧ.

Мережі *WiMAX*, завдяки реалізації нових типів *QoS* за стандартом *IEEE 802.16*, здатні забезпечити необхідні параметри передачі для всіх видів трафіка реального часу незалежно від завантаження каналів зв'язку. У порівнянні з бездротовими технологіями попереднього покоління для вирішення проблеми забезпечення необхідного рівня якості обслуговування в бездротових мережах реального часу технологія *WiMAX* має наступні переваги:

- високу пропускну здатність мережі за рахунок високої спектральної ефективності обладнання *WiMAX*;
- високу дальність зв'язку за рахунок високих енергетичних параметрів *WiMAX* каналу зв'язку;
- можливість стабільної роботи в умовах відсутності прямої видимості, що обумовлено стійкістю *WiMAX OFDM* - сигналу до інтерференції;
- велика кількість одночасно обслуговуваних абонентських станцій за рахунок використання ефективної технології *TDMA* множинного доступу та *MIMO*;
- можливість роботи в умовах сильної інтерференції (перешкод) завдяки застосуванню адаптивної модуляції і застосування механізмів *H-ARQ* повторної передачі пакетів при втратах;
- надання диференційованого сервісу користувачам мережі із забезпеченням якості обслуговування *Quality of Service (QoS)*. [3]

Система *WiMAX* на відміну від технологій попереднього покоління використовує механізм встановлення з'єднання між базовою станцією та пристроєм користувача, що базується на спеціальному алгоритмі планування, який може гарантувати однаковий параметр *QoS* при кожному з'єднанні для трафіка реального часу. Інші ж технології використовують механізм *QoS* подібний тому, що використовується в *Ethernet*, при якому пакети отримують різний пріоритет. Такий підхід не гарантує однаковий *QoS* для кожного з'єднання. [4] Тому використання бездротових мереж зв'язку реального часу, побудованих на основі технологій *WiMAX*, дає можливість забезпечити необхідний рівень якості обслуговування в СРЧ.

### Параметри *QoS* в мережах реального часу

Визначення терміну від *Cisco* "*QoS - QoS refers to the ability of a network to provide better service to selected network traffic over various underlying technologies ...*" означає здатність мережі забезпечити необхідний сервіс заданого трафіка (служби реального часу) в певних технологічних рамках.

Найважливіші параметри якості обслуговування, якими описується сервіс в мережах *WiMAX* є наступні:

- *Bandwidth (BW)* - смуга пропускання, описує номінальну пропускну здатність середовища передачі інформації, визначає ширину каналу. Вимірюється в *bit/s (bps)*, *kbit/s (kbps)*, *mbit/s (mbps)*;
- *Delay* - затримка при передачі пакета;
- *Jitter* - коливання (варіація) затримки при передачі пакетів;
- *Packet Loss* - втрати пакетів. Визначає кількість пакетів, що відкидаються мережею під час передачі; [5]
- *Minimum Reserved Rate* - мінімальна гарантована швидкість передачі даних;
- *Maximum Sustained Rate* - максимальна підтримувана швидкість передачі даних;
- *Maximum Latency Tolerance* - максимальне значення часу обробки базовою станцією пакетів даних;
- *Traffic Priority* - рівень пріоритету трафіку.

### Сервісні потоки для трафіка реального часу в WiMAX-мережах

Для диференціації сервісу і підтримки високого рівня якості обслуговування при передачі трафіка реального часу сучасна система WiMAX на відміну від інших попередніх технологій має спеціальний механізм – підрівень конвергенції *Convergent Sublayer (CS)*. Підрівень конвергенції WiMAX являє собою програмний інтерфейс канального рівня до мережного. Робота підрівня заснована на фільтрації за спеціальними ідентифікаторами (класифікаторами *Classifier*) сервісних потоків *Service Flow (SF)* для трафіка реального часу, що обслуговують роботу того чи іншого додатку і/або користувача, з наданням кожному виділеному SF на канальному MAC рівні мережі певного типу класу обслуговування *QoS* з необхідними параметрами по швидкості передачі даних, затримки, коливання затримки (рис.1).

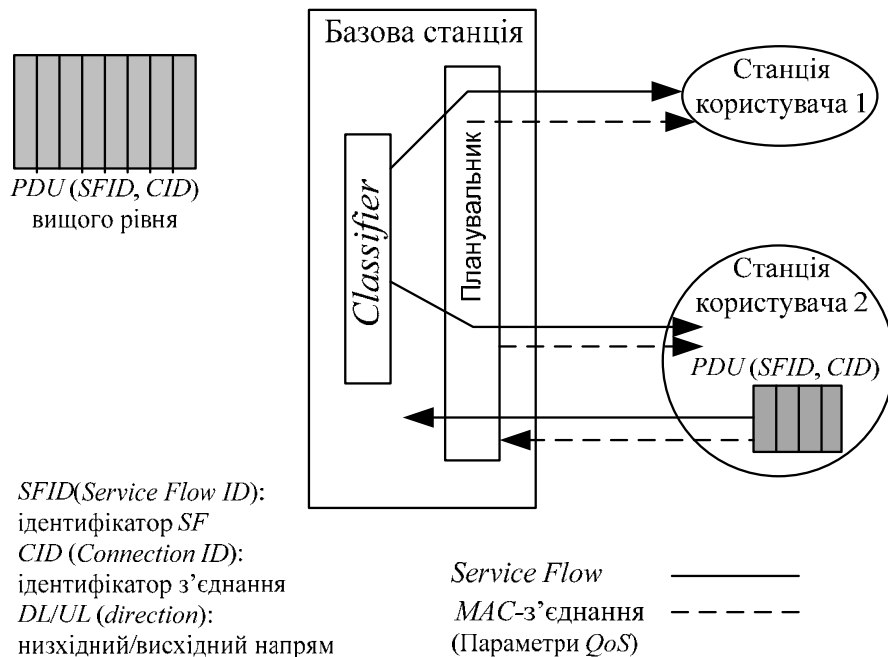


Рисунок 1 - Підтримка *QoS* в мережі WiMAX

Сервісні потоки проводять диференціацію типів трафіка реального часу, додатків, користувачів і мережних пристроїв по:

- MAC адресам джерела і одержувача пакетів даних *Ethernet*;
- типу *Ethernet* пакетів;
- ідентифікаторів віртуальних локальних мереж *VLAN* за стандартом *IEEE 802.11q*;

- типу сервісу на *IP* рівні мережі *IP Type of Service*;
- *IP*-адресами джерела і одержувача *IP*-пакета даних;
- типу протоколу, типу порту джерела і одержувача даних (*TCP, UDP, FTP, mail, HTTP* та ін).

В залежності від реалізації *SF* може містити в якості атрибута посилання на тип використовуваного *QoS* і значення його параметрів можуть задаватися безпосередньо в якості атрибутів.

Служби потоків існують у висхідному і низхідному каналах, і вони визначаються за 32-бітним *SFID*-ідентифікатором, який є унікальним між базовою станцією і станцією користувача. *SF* може бути передбаченим, загально визначеним, або активованим. Передбачені *SF* забезпечуються через систему управління мережею, але ресурси не захищені чи виділені. Загально визначені тоді, коли базова станція і станція користувача резервує ресурси, але *SF* у такому випадку не використовуються для доставки трафіка. Тільки активований *SF* може пересилати кадр, використовуючи виділені ресурси.

Отже, використання спеціального механізму підрівня конвергенції на основі спеціальних сервісних потоків дає можливість забезпечити високий рівень підтримки *QoS* із заданими параметрами по швидкості передачі та затримки інформації для трафіка реального часу. [6-9]

#### Класи якості обслуговування в мережах реального часу

*WiMAX*-архітектура бездротових МЗРЧ на відміну від інших мереж зв'язку забезпечує п'ять класів підтримки *QoS* для різних типів трафіка реального часу. (рис.2).

Клас	Опис	<i>Minimum Rate</i>	<i>Maximum Rate</i>	<i>Latency</i>	<i>Jitter</i>	<i>Priority</i>
<i>Unsolicited Grant Service</i>	VOIP, E1; fixed-size packets on periodic basis		●	●	●	
<i>Real-time Polling Service</i>	Streaming audio/video	●	●	●		●
<i>Extended Real-time Polling Service</i>	VOIP with activity detection	●	●	●	●	●
<i>Non-real-time Polling</i>	FTP	●	●			●
<i>Best Effort</i>	Data transfer, Web browsing..		●			●
● - параметри QoS						

Рисунок 2 - Класи *QoS* для ТРЧ

Клас *Unsolicited Grant Service* (*UGS* - послуга постійної швидкості передачі) визначає параметри каналу зв'язку - постійну швидкість передачі даних *Constant Bit Rate* (*CBR*) із коливанням затримки не вище заданого рівня. Розроблений для підтримки трафіка з постійною швидкістю передачі. У *UGS* зазначено, що значення мінімальної гарантованої швидкості передачі даних та максимальної підтримуваної швидкості передачі збігаються.

Клас *Real-time Polling Service* (*rtPS* - служба реального часу із запитом на передачу) визначає параметри каналу зв'язку - мінімальну гарантовану швидкість передачі даних та максимальну підтримувану швидкість передачі, максимальне значення часу обробки базовою станцією пакетів даних та задається рівень пріоритету трафіка. Розроблена для

підтримки трафіка зі змінною швидкістю передачі в реальному часі.

Клас *Extended Real-time Polling Service (ertPS* – розширена служба реального часу із запитом на передачу) визначає аналогічні *UGS* параметри каналу зв'язку та рівень пріоритету, але для трафіка з пакетами змінної довжини, наприклад, *VoIP*.

Клас *Non-real-time Polling (nrtPS* - служба нереального часу із запитом на передачу ) визначає параметри каналу зв'язку: мінімальної та максимальної гарантованої швидкості передачі для даної групи користувачів і/або мережних пристроїв і пріоритет трафіка. Розроблений для підтримки трафіка зі змінною швидкістю передачі, що не пред'являє жорстких вимог до значень параметрів *QoS*, наприклад, трафік *FTP*.

Клас *Best Effort (BE* - послуга найкращої спроби) - розроблена для підтримки звичайного трафіка Інтернет. [6-9]

Надання диференційованого *QoS* сервісу в мережі *WiMAX* забезпечує високу продуктивність мережі системи реального часу, що надає гарантовану швидкість та якість передачі даних в заздалегідь обмежені часові рамки.

### Висновок

Застосування технології покоління *3.5G* широкосмугового абонентського бездротового доступу *WiMAX*, основаної на стандарті *IEEE 802.16*, забезпечує необхідні параметри якості обслуговування *QoS* для різних типів трафіка реального часу, забезпечує підтримку роботи різних додатків систем реального часу, критичних до якості каналу зв'язку, а цим самим підвищує продуктивність МЗРЧ. Визначені класи якості обслуговування в мережах реального часу *WiMAX* дозволяють забезпечити необхідний рівень якості обслуговування при наданні сервісів *IP*-телефонії, передачі об'ємних мультимедійних даних та доступу до мережі Інтернет з високою швидкістю, надійністю, без втрат даних і в заздалегідь обмежені часові рамки.

### Список літератури

1. С.Сорокин Системы реального времени // Журнал Обзор: Программное обеспечение. 1997. – №2 – С.22.
2. И. Лопухов Сети Real-Time Ethernet: от теории к практической реализации // СТА-Пресс. – 2010. – №3. С.8-9.
3. В.Г. Васильев Предоставление дифференцированного QoS сервиса в сетях WiMAX фиксированного широкополосного беспроводного доступа [Электронный ресурс] // Сети WiMAX [сайт] / unidata.com.ua. – Режим доступа: <http://www.unidata.com.ua/index.php?pg=76>. – Загл. с экрана.
4. WiMAX [Электронный ресурс] // Системы передачи данных [сайт] / [www.umobtel.com.ua](http://www.umobtel.com.ua). – Режим доступа: [http://www.umobtel.com.ua/index.php?page=tech\\_wimax](http://www.umobtel.com.ua/index.php?page=tech_wimax). – Загл. с экрана.
5. Э. Афонцев Cisco QoS для начинающих [Электронный ресурс] // Работа в сети [сайт] / [network.xsp.ru](http://network.xsp.ru). – Режим доступа: [http://network.xsp.ru/3\\_11.php](http://network.xsp.ru/3_11.php) – Загл. с экрана.
6. В.Г. Васильев Технология фиксированного широкополосного беспроводного доступа WiMAX стандарта IEEE 802.16-2004 [сайт] / unidata.com.ua. С.42
7. Е.А. Кучерявый, Д.А. Молчанов Сети WiMAX, их характеристики и перспективы внедрения. – С.5.
8. Theoretical Research about: WiMAX & QoS // ECOM 5301 Senior I – 2007. – С.16
9. *Mohammad Abdul Awal, Lila Boukhatem WiMAX and End-to-End QoS Support // Univ. of Paris-Sud 11, CNRS Bat 490, 91405 Orsay Cedex. – С.11.*