

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
На конкурс студентських наукових робіт з розділу
“ Телекомунікаційні системи та мережі ”

СТУДЕНТСЬКА НАУКОВА РОБОТА

на тему:

« Дослідження особливостей забезпечення показників якості в
мультисервісних мережах при впровадженні
нових сервісів в стандарті GSM »

Шифр «VoWi-Fi_NGN_QoS»

2009

Зміст

Вступ

1. Аналіз об'єкту дослідження. Постановка задачі.
 - 1.1 Концепція побудови конвергентної мережі
 - 1.2 Забезпечення QoS параметрів для різних типів трафіку
2. Розрахунок параметрів точок доступу для пріоритетної передачі даних
3. Фрактальні процеси при прогнозуванні трафіку
4. Експериментальне дослідження конвергентної Wi-Fi/GSM мережі

Висновки

Перелік використаної літератури

ВСТУП

Телекомунікаційні мережі, що використовують радіоканал як засіб доступу кінцевого користувача до послуг мережі переживають в даний час етап бурхливого розвитку і широкого впровадження. Цей процес не може бути простим і однозначним, оскільки повинен відбуватися в умовах перебудови існуючих мереж і технологій, що часто вимагають корінних змін для інтеграції в NGN-структури. В той самий час, перебудова, що забезпечує підвищення ефективності роботи мережі в найближчому майбутньому, не повинна негативно позначитись на конкурентоспроможності оператора мережі в сьогоденні, а, скоріше, навпаки – сприяти розширенню ринку користувачів вже в процесі модернізації мережі.

У реальності, для мобільного оператора завдання побудови і вдосконалення конвергентної мережі ускладнюється обмеженістю ресурсів існуючої GSM мережі, зниженням надійності надання послуг в умовах перевантаження радіоканалів, слабкою пристосованістю GSM-технології для передачі даних. Поява і розвиток нових технологій, зокрема Wi-Fi, що потенційно можуть надати більшу кількість послуг, загрожує відтоком «традиційних» GSM-користувачів до Wi-Fi-операторів.

Інтерес операторів мобільного зв'язку до сегмента бездротового широкосмугового доступу проявився досить давно й спочатку був пов'язаний скоріше з наданням послуг доступу в Інтернет за технологією Wi-Fi, ніж з повноцінним впровадженням концепції NGN.

Спільне використання можливостей мереж NGN і мереж мобільного зв'язку, повноцінна їх конвергенція здатна забезпечити абонентів унікальним набором можливостей і послуг. Якщо ж надання конвергентних послуг забезпечується оператором мобільного зв'язку "з одних рук" - різко підвищується привабливість такої мережі для клієнтів, отже оператор отримує конкурентні переваги. Рішення виявляється безумовно ефективним і з економічної точки зору.

1 АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Питання конвергенції та забезпечення якості обслуговування вже аналізувались фахівцями України та Росії, зокрема надання абоненту послуг з заявленими параметрами якості та побудова моделей забезпечення гнучкого управління мережею розглядалися Семеновим Ю.А., В.Вишневським, Оліфер Н.Г., питання конвергенції неодноразово були присвячені праці Б.С. і А.Б. Гольдштейнів.

Провідні дослідницькі лабораторії відомих компаній CISCO Systems, Motorola, Siemens, Huawei Technologies, NetCentrex, Strom telecom, Access Networks та інші є передовими з точки зору впровадження механізмів регулювання якості послуг QoS до мережевих рішень. На вітчизняному просторі – це компанії Tario.Net, НТЦ "Протей".

Серед іноземних дослідників слід відзначити роботи з питань забезпечення якості в мультисервісних мережах П. Фергюсона, Д. Хеймана, В. Іверсена, Л. Клейнрока.

Для надання мультимедійної послуги в реальному часі з гарантованою якістю, необхідно класифікувати трафік за класами обслуговування. Більшість досліджень по забезпеченню якості прийшли до того, що усе покладено безпосередньо на мережу оператора. Однак це не дозволило повністю забезпечити QoS між кінцевими користувачами. Це питання дотепер залишається відкритим і вимагає подальшого дослідження. У ряді публікацій пропонується платформа, що підтримує обслуговування мультимедійного трафіку в реальному часі між кінцевими користувачами. Для гарантування QoS використовуються технології SDP/SIP, RSVP-TE і CAC. SDP/SIP встановлює безперервне з'єднання, що гарантує QoS. Технології RSVP-TE і CAC встановлюють QoS-гарантований шлях між вузлами мережі для встановленого сеансу SDP/SIP. Дана платформа може використатися як на існуючих IP мережах, так і бездротових конвергентних мережах майбутнього.

Актуальність даної теми впливає з того, що конвергенція дає можливість ефективного використання існуючих ресурсів (канальна ємність). Вартість

смуги Wi-Fi дешевше, ніж смуги мережі GSM/3G, що знижує для оператора собівартість послуг зв'язку, що надаються клієнтам.

Об'єктом дослідження – є телекомунікаційна мережа мобільного оператора зв'язку.

Предмет дослідження – параметри якості обслуговування, що характерні для різних типів трафіку.

Надання послуги абоненту у будь-який час у будь-якому місці, стало гаслом більшості операторів мобільного зв'язку. Конвергенція з Wi-Fi де використовується пакетна IP-комутація, що не має досконалих можливостей надання якісних послуг, стає проблемою для розв'язання якої необхідно: визначити майбутні сервіси конвергентної Wi-Fi/GSM мережі, параметри класів забезпечення якості, та варіанти пріоритезації трафіку; дослідити механізм надання абоненту доступу до середовища передачі; проаналізувати імовірнісні характеристики щодо налаштування точок доступу та робочих станцій для підвищення якості покриття.

1.1 КОНЦЕПЦІЯ ПОБУДОВИ КОНВЕРГЕНТНОЇ МЕРЕЖІ

З появою концепції NGN мереж з'явилася можливість конвергенції існуючих мереж з комутацією каналів з мережами з комутацією пакетів. У відповідь на це у квітні 2005 року союзом 3GPP була прийнята специфікація (шостий реліз) технології UMA, що, в свою чергу, стало поштовхом для стрімкого впровадження нового стандарту операторами усього світу (Orange, T-mobile, British Telecom) [1].

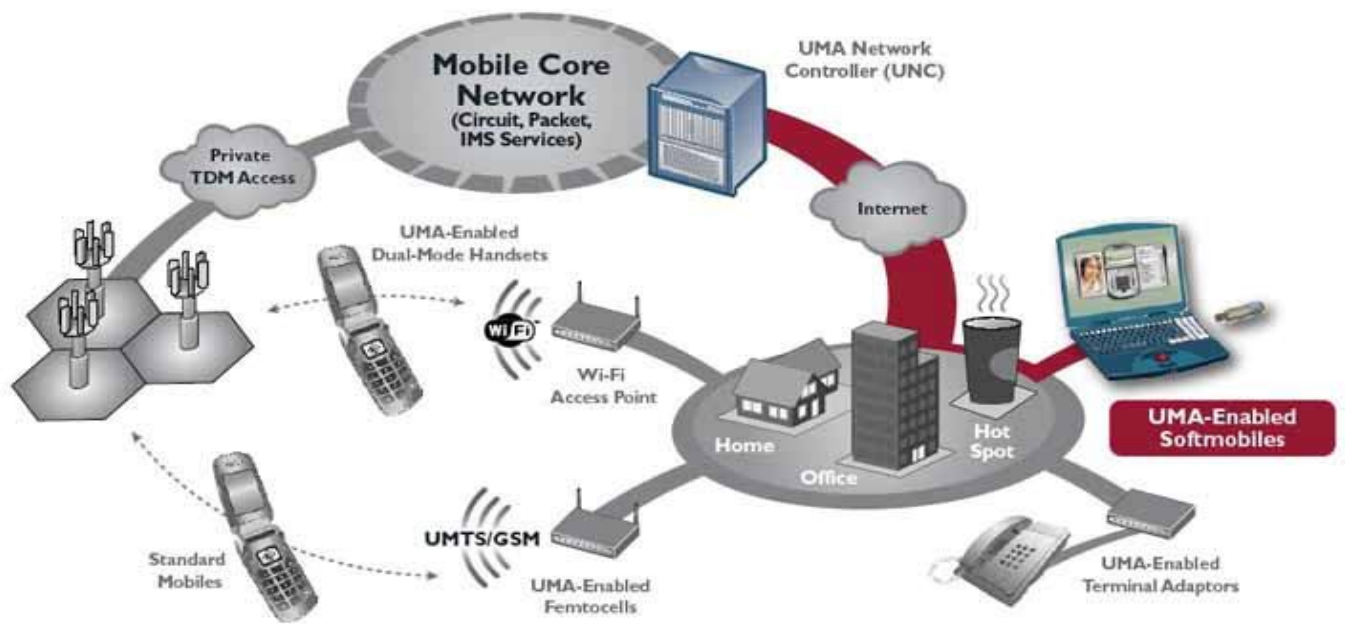


Рисунок 1.1 – Реалізація технології UMA у конвергентній мережі

Технологія UMA (рис. 1.1) дає можливість використання широкосмугового бездротового Інтернет з'єднання (Wi-Fi) для мобільного телефонного зв'язку [2]. Це стосується голосових викликів, мобільного Інтернету, електронної пошти, MMS, SMS та будь-яких інших мобільних послуг, для яких необхідне увімкнення до існуючих мобільних мереж.

Дворежимний абонентський термінал сам визначає можливість отримання послуг через одну з мереж (GSM/Wi-Fi), при цьому пріоритет надається саме Wi-Fi мережі [3]. Абоненти, що не мають дворежимних слухавок, будуть підключені до класичної GSM мережі. Wi-Fi точки доступу ввімкнені до існуючої транспортної IP-мережі, що використовується для транспортування пакетів EDGE. Ця IP-мережа під'єднується до UMA Network Controller (UNC), що у свою чергу ввімкнений у класичний MSC. Шлюзування між MSC та UNC відбувається через шлюзи Wireless Media Gateway (WMG) – для підтримки голосової несучої UMA, та Security Gateway (SeGW) – шлюз безпеки – для захисту UMA. На UNC відбувається пакетування та кодування голосу при роумінгу Wi-Fi/GSM, та розпакування і декодування при зворотній передачі.

Робота такої конвергентної GSM/Wi-Fi мережі та аспекти її побудови зображено на рис. 1.2.

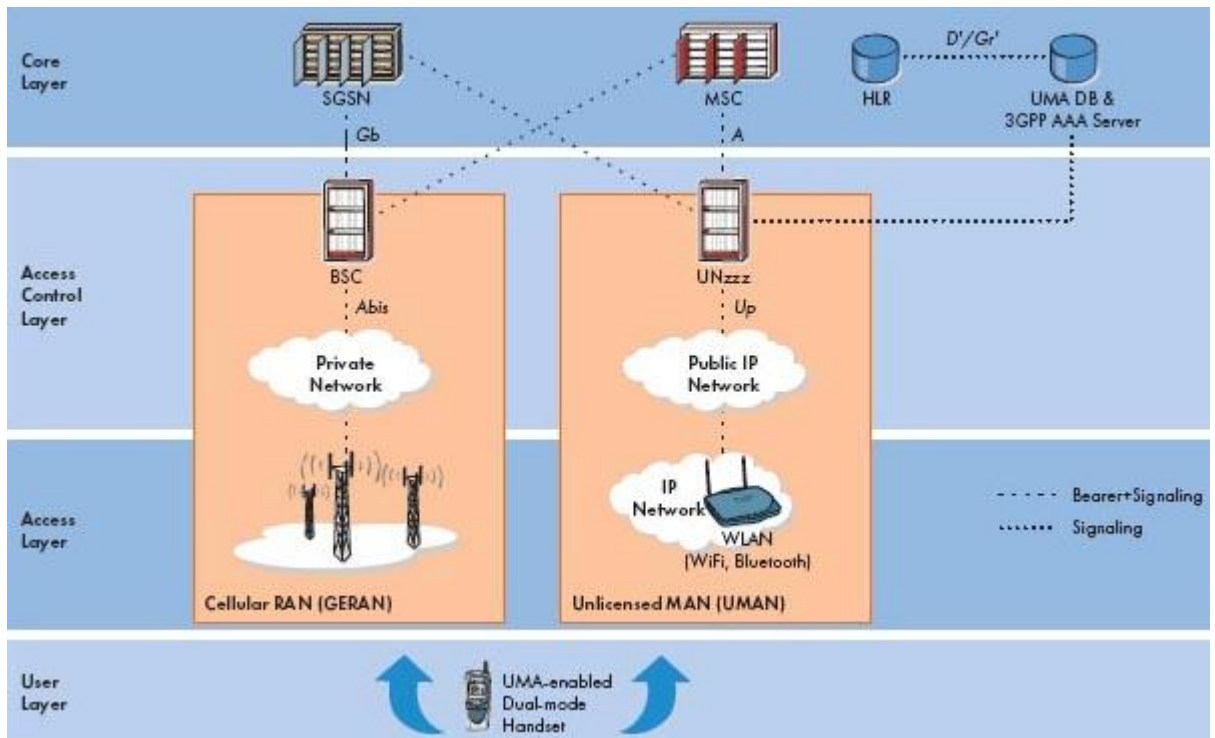


Рисунок 1.2 – Архітектура UMA

Слід також зазначити, що при дзвінках всередині Wi-Fi пакети не залишають IP-мережі, а при викликах у межах GSM в якості транспортної використовується існуюча транспортна мережа оператора.

Механізм хендоверу дозволяє підтримати з'єднання під час переходу з однієї зони обслуговування в іншу, та не принесе абоненту жодних труднощів.

Для вирішення проблеми перевантаження GSM мереж, що пов'язані зі збільшенням численних абонентів на обмеженій території варіант конвергенції UMA технології є більш ефективним порівняно з використанням мікросітьників, оскільки, по-перше, не вимагає від оператора перегляду існуючого частотного планування, а по-друге, є у декілька разів дешевшим за встановлення базової станції. У тому числі значно дешевше коштує ліцензування частот під Wi-Fi, порівняно з критично обмеженим діапазоном під GSM.

Технологія UMA дозволить збільшити кількість абонентів за рахунок залучення існуючих і потенційних користувачів стаціонарних мереж. Якщо

абонент має домашню Wi-Fi мережу, то завдяки UMA він зможе здійснювати дзвінки через неї, використовуючи свій мобільний телефон. Таке рішення можна запропонувати і корпоративним клієнтам. Також можна зазначити переваги єдиного номеру абонента, нижчої вартості дзвінків в межах єдиної IP – мережі. Крім того, UMA сервісами зможуть користуватись відвідувачі кафе, ресторанів, готелів, де вже встановлено Wi-Fi точки доступу (Hot Spot).

1.2 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ QoS ПАРАМЕТРІВ ДЛЯ РІЗНИХ ТИПІВ ТРАФІКУ

Крім стандартного набору послуг, що надаються мобільними операторами, можна виділити наступні сервіси, які з'являться в мережі IP:

- передача голосу (VoWi-Fi);
- відео дзвінки;
- відео конференція;
- передача даних;
- Інтернет серфінг;
- передача голосу (VoIP) для корпоративних абонентів;
- розгортання фемтосот для корпоративних абонентів;

Успіх або провал конвергенції залежить від того, наскільки складною виявиться реалізація гарантованих рівнів якості сервісу (QoS) у середовищі IP.

Визначенням терміна QoS може стати наступне : "QoS - QoS refers to the ability of a network to provide better service to selected network traffic over various underlying technologies...", що можна перекласти як: "QoS - здатність мережі забезпечити необхідний сервіс заданому трафіку в певних технологічних рамках".

QoS має на увазі рішення наступних задач:

- визначення пріоритетів і диференціювання трафіку;
- забезпечення інформаційних потоків необхідними мережними ресурсами;
- підвищення надійності передачі;
- запобігання мережних перевантажень;

- формування мережного трафіку для згладжування й створення більше рівномірного потоку.

Сутність гарантованої якості обслуговування, полягає в тому, що він реалізує верховенство вимог користувача відносно якості послуг: користувач видає службі заявку на послуги необхідного йому якості, а служба виконує цю заявку або повідомляє користувачеві про неможливість її реалізації. Останній варіант розглядається як надзвичайна ситуація.

Результат функціонування системи керування в системах з QoS проявляється в тому, що користувачеві гарантується замовлена їм якість послуг, незалежно не тільки від його трафіку, але й від трафіків інших користувачів. Природно, що цей ефект у ряді випадків може супроводжуватися деяким зниженням якості послуг у користувачів, що володіють більше низьким пріоритетом.

Виділимо головні параметри якості, які є чільними й базовими при наданні послуги абонентові:

- затримка при передачі інформації - час, що потрібен для передачі інформації від джерела до одержувача;

- варіація затримки - різниця між абсолютною затримкою пакета й нормованою;

- час відповіді на запит - для мережних баз даних і CAD-систем;

- відсоток загублених пакетів - відношення загублених пакетів до загальної кількості переданих;

- ємність каналу зв'язку - реальна кількість ресурсів, достатніх користувачеві на певному шляху передачі даних;

- пропускна здатність - максимальна швидкість каналу на ділянці.

Що стосується параметрів затримок, відсотка втрати пакетів, наведених у таблиці 1.1 звернемося до рекомендацій ITU-T Y.1540 [3] .

Таблиця 1.1. Параметри IP QoS класів.

Параметр	Класи QoS					
	Клас 0	Клас 1	Клас 2	Клас 3	Клас 4	Клас 5
Затримка	100 мс	400 мс	100 мс	400 мс	1з	-
Варіація затримки	50мс	50мс	-	-	-	-
Відсоток втрачених пакетів	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	-

Базові функції QoS полягають у забезпеченні необхідних параметрів сервісу й визначаються стосовно трафіку як:

- класифікація - співвіднесення пакета до певного класу трафіку;
- розмітка - призначення відповідного пріоритету (мітки);
- керування перевантаженнями - використання механізму черг;
- запобігання перевантажень - використання механізмів RED (відкидання пакетів з потужних потоків) і ECN (повідомлення про зниження інтенсивності);
- регулювання;

Вище згадувалося про співвіднесення пакета до певного класу трафіку. Згідно рекомендацій ITU-T Y.1541 [3] варто виділяти 6 класів трафіку, які наведені в таблиці 1.2, для забезпечення механізмів QoS.

Таблиця 1.2. QoS класи для IP мереж

Клас QoS	Приклад додатків	Механізми у вузлі	Мережні прийоми
0	Трафік реального часу, інтерактивний, чутливий до джитеру	Окремі черги із пріоритетом обслуговування, упорядкування трафіку	Примусова маршрутизація й відстань
1	Трафік реального часу, інтерактивний, чутливий до джитеру		Менш примусова маршрутизація й відстань
2	Передача даних, дуже інтерактивний трафік (сигнальна інформація)	Окремі черги, пріоритет відбросу пакетів	Примусова маршрутизація й відстань
3	Передача даних, інтерактивний Трафік		Менш примусова маршрутизація й відстань
4	Трафік з низькими втратами (дрібні пересилання, великий трафік, відео потоки)	Довгі черги, пріоритет відбросу пакетів	Будь-яка маршрутизація або шлях
5	Традиційні додатки IP мереж	Окремі черги (фоновий пріоритет)	Будь-яка маршрутизація або шлях

Отже, ми визначили необхідні умови для забезпечення якості в IP мережі, але слід зазначити, що мова йшла про ділянку мережі - IP- транспорт. Питання по забезпеченню якості обслуговування на ділянці радіодоступу Wi-Fi залишаються відкритими.

Стандарт 802.11e, а також специфікація Wi-Fi Multimedia розроблена Wi-Fi альянсом, до деякої міри регулює питання QoS у бездротових IP мережах.

WMM виділяє наступні класи трафіку бездротової мережі:

- голосовий зв'язок, IP-телефонія (найвищий);
- відео;
- звичайний;
- фоновий (нижчий).

Для реалізації QoS потрібно, щоб всі проміжні й кінцеві станції, які беруть участь у передачі відповідного трафіку, повинні підтримувати 802.11e.

2. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ТОЧОК ДОСТУПУ ДЛЯ ПРІОРИТЕТНОЇ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ

У мережах 802.11 [4] рівень MAC забезпечує 2 режими доступу до середовища. У режимі DCF реалізований метод множинного доступу з контролем несучої й запобіганням колізій. У тому випадку, коли в мережі є станція, що виконує функції точки доступу, може застосовуватися централізований режим доступу PCF, що забезпечує пріоритетне обслуговування трафіку.

802.11e розширює DCF (Distributed Coordination Function) і PCF (Point Coordination Function), двома новими функціями координації: Enhanced DCF (EDCF) і Hybrid Coordination Function (HCF). І EDCF, і HCF визначають Traffic Classes (TC). Наприклад, електронні листи можуть бути віднесені до трафіку з низьким пріоритетом, а Voice over Wireless IP (VoWIP) до високого.

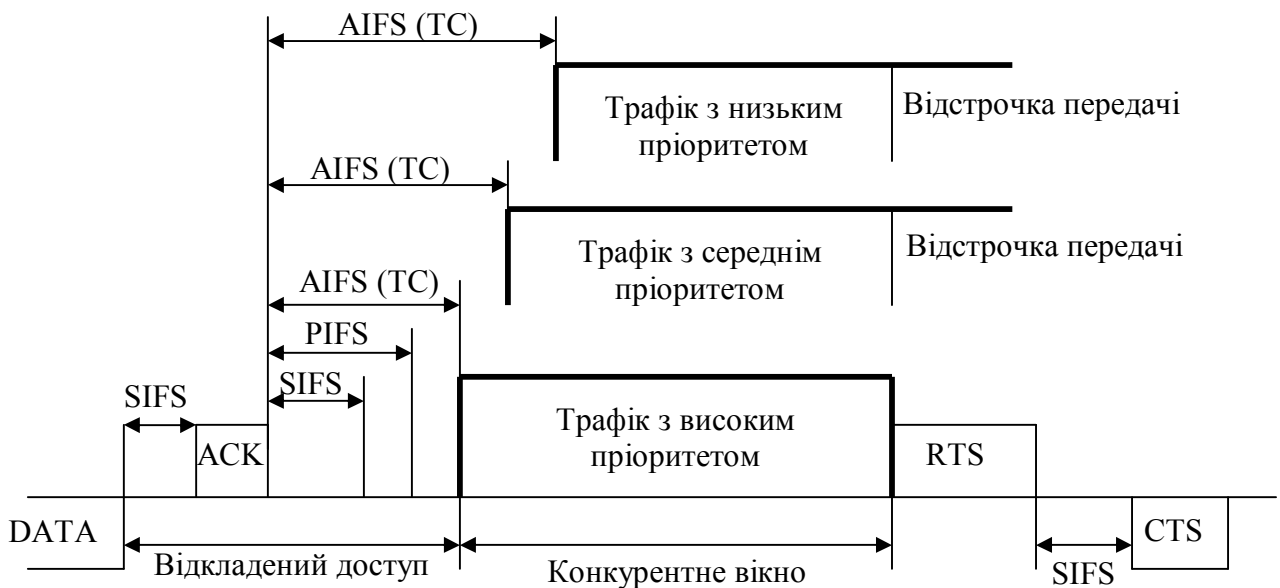


Рисунок 2.1 – Схема доступу трафіка з різним пріоритетом до середовища передачі

3 EDCF трафік з високим пріоритетом має більший шанс бути відправленим, чим трафік з більше низьким. У середньому, станція з трафіком більш високого пріоритету чекає менше перед відправленням пакета, ніж станція з трафіком меншого пріоритету.

У стандарті 802.11e HCF багато в чому схоже з PCF: інтервали між сигнальними фреймами діляться на два періоди, CFP і CP. Під час CFP, Hybrid Coordinator (HC) контролює доступ в ефір. А під час CP, всі станції

функціонують по EDCF. Головне розходження від PCF полягає в тім, що присутні класи трафіку. На рисунку 2.1 показана схема доступу трафіка з різним пріоритетом до середи передачі. Також НС може координувати трафік будь-яким обраним їм способом (а не тільки циклічно). Крім того станції подають інформацію про довжину їхніх черг для кожного із класів трафіку. НС може використати цю інформацію для того, щоб дати однієї станції більший пріоритет. Інша відмінність полягає в тім, що станціям дається Transmit Opportunity (ТХОР): вони можуть посилати кілька пакетів один за одним, у виділений їм період часу обраний НС.

Для розрахунку часу ТХОР слід використовувати наступну формулу:

$$TXOP_i = \max\left(\frac{N_i \times L_i}{R_i} + O, \frac{M}{R_i} + O\right), \text{ де} \quad (2.1)$$

N_i - кількість MAC-кадрів, що були прийняті на середній швидкості передачі за сервісний інтервал;

L_i - номінальний розмір MAC-кадра;

R_i - фізична швидкість передачі;

M - максимальний розмір MAC-кадра (2304 байт);

O - перевантаження за ділянку часу.

$$N_i = \frac{SI \times \rho_i}{L_i}, \text{ де} \quad (2.2)$$

SI - сервісний інтервал;

ρ_i - середня швидкість передачі.

Отже, час ТХОР визначається, як максимальний, між часом, що потрібен для передачі N_i кадрів зі швидкістю R_i , та часом, що потрібен для передачі MAC-кадра максимального розміру зі швидкістю R_i . Слід також відзначити, що до параметру O слід відносити кадри підтвердження та кадри про подовження контролю над ефіром. На рисунку 2.2 показан розклад часу ТХОР для кількох потоків.

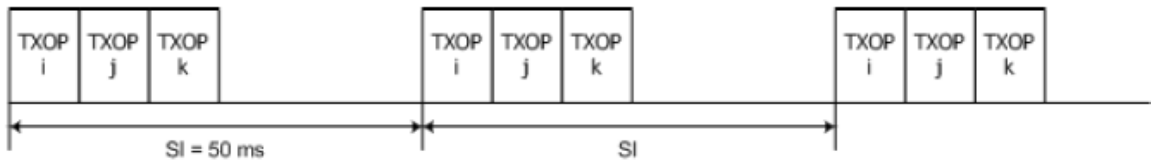


Рисунок 2.2 – Розклад часу TXOP для потоків робочих станцій.

Якщо додається новий потік з максимальним сервісним інтервалом, меншим ніж існуючий, то потрібно змінити існуючий сервісний інтервал до максимального, що приніс новий потік.

В разі закриття одного з потоків, час що звільнився надається потоку, що

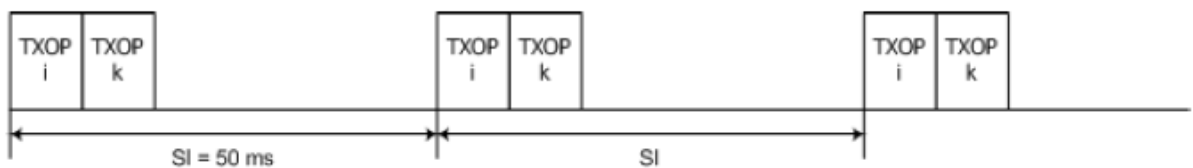


Рисунок 2.3 – Зміна розкладу часу TXOP при закритті одного з потоків

був наступний у розкладі. Новий розклад створюється для всіх станцій, як показано на рисунку 2.3.

Коли новий потік надає запит на обслуговування, надання контролю доступу до середовища виконується у наступному порядку:

- обчислюється кількість MAC-кадрів, що надійшли з середньою швидкістю передачі за сервісний інтервал, що вже встановлено за формулою (2.2);

- обчислюється час TXOP, що потрібно надати для нового потоку за формулою (2.1);

- новому потоку надається контролю доступу до середовища при умові виконання наступної умови:

$$\frac{TXOP_{k+1}}{SI} + \sum_{i=1}^k \frac{TXOP_i}{SI} \leq \frac{T - T_{CP}}{T}, \text{ де} \quad (2.3)$$

k - кількість існуючих потоків;

$k + 1$ - індекс для нового потоку;

T - інтервал надсилання маячка (beacon);

T_{CP} - час, що надається для EDCF трафіку.

Проаналізувавши наведену модель, можна побачити, що оскільки до уваги береться кожна станція, гарантований доступ до середовища передачі отримує кожен абонент.

Процес передачі бікона є розподіленим, тобто в ньому беруть участь всі станції. Станція, що організує мережу, задає серію моментів часу - очікуваним часом передачі бікона (Target Beacon Transmission Time, TBTT). [4,5] Процес передачі й успішної доставки біконів принципово важливий для роботи мережі, тому розглянемо аналітичну модель процесу передачі біконів.

У рамках даної моделі всі точки доступу - синхронні й всі вони можуть одержувати бікони один від одного. Зона покриття пристрою тим ширше, чим нижче швидкість передачі даних. Тому бікони передаються на найменшій базовій швидкості, а дані - на найбільшій можливій. Тому правомірно припустити, що всі точки можуть одержувати бікони один від одного.

Процес передачі біконів представлений як послідовність віртуальних слотів (змінної довжини), що починається в кожний момент TBTT. Ця послідовність включає максимум K слотів, а загальна довжина всіх віртуальних слотів не може перевищувати розмір АТІМ-вікна.

Якщо протягом віртуального слота жодна із крапок не починає передачу бікона, то довжина цього віртуального слота t_s дорівнює тривалості одного слота. Якщо рівно одна точка починає передачу бікона на початку віртуального слота, то довжина цього віртуального слота дорівнює часу передачі бікона плюс DIFS. Якщо кілька крапок починають передачі своїх біконів на початку віртуального слота, то відбувається колізія біконов, і довжина віртуального слота t_s дорівнює часу передачі бікона плюс EIFS.

Аналітична модель дозволяє розрахувати середнє число біконов, успішно переданих за бікон-інтервал $B = (N, K, M)$, де N - число точок доступу в мережі, K - максимальне число віртуальних слотів в АТІМ-вікні, M - розмір АТІМ вікна в слотах.

Очевидно, що $B = (1, K, M) = 1$ для всіх $M \geq K \geq 1$, і $B = (N, 1, M) = 0$, якщо $N > 1$ і $M \geq 1$. Імовірність того, що конкретний пристрій успішно передасть свій бікон протягом бікон-інтервалу, може бути обчислена як $P = B(N, K, M) / N$.

Опишемо процес передачі біконів, розглядаючи послідовно кожний віртуальний слот і перевіряючи число пристроїв, що починають у ньому передачу бікона. Імовірність того, що рівно j з n пристроїв почнуть передачу свого бікона в поточному віртуальному слоті

$$P(j, n, k) = C_j^n \cdot k^j \cdot (1 - 1/k)^{n-j}, \text{ де} \quad (2.4)$$

$C_j^n = \frac{n!}{j!(n-j)!}$ - число варіантів вибору j з n пристроїв;

n - кількість пристроїв, що не передали свої бікони

k - кількість нерозглянутих віртуальних слотів

j - кількість пристроїв, що почнуть передачу свого бікона

Бікон вважається переданим успішно тоді, коли рівно одна точка почала передачу бікона в поточному віртуальному слоті. Імовірність цієї події $P(1, n, k)$. Імовірність того, що жодна із точок не планує передачу свого бікона в поточному віртуальному слоті - $P(0, n, k)$. Розглядаючи послідовно K віртуальних слотів один за іншим, можна обчислити кількість успішно переданих біконів $B(N, K, M)$ рекурсивно:

$$B(N, K, M) = P(0, n, k) \cdot 1(k > 1 \& m > 1) \cdot B(n, k-1, m-1) + P(1, n, k) \cdot \{1 + 1(m > t_s \& k > 1) \cdot B(n-1, k-1, m-t_s)\} + \sum_{j=2}^n P(j, n, k) [1(m > t_c \& k > 1) \cdot B(n-j, k-1, m-t_c)] \quad (2.5)$$

де 1 - функція-індикатор, що приймає значення 1 , якщо істинно, і 0 у протилежному випадку.

У цій формулі перше із трьох доданків відповідає випадку, коли поточний віртуальний слот порожній. Якщо існує принаймні ще один нерозглянутий віртуальний слот ($k > 1$) і ще хоча б один слот у що залишилася частини АТІМ-вікна ($m > 1$), з імовірністю $p(0, n, k)$ до B додається середнє число успішно переданих біконів у частині АТІМ-вікна, що залишилася,

Другий доданок відповідає випадку, коли рівно один з пристроїв передає свій бікон у поточному віртуальному слоті (з імовірністю $P(1, n, k)$). Далі до B додається ще один успішно переданий бікон, перевіряється, що кінець АТІМ-вікна не досягнуть ($m > t_s$) і що хоча б один віртуальний слот ще не розглянутий ($k > 1$), число пристроїв n зменшується на 1, а залишок АТІМ-вікна – на t_s .

Останній доданок відповідає випадку колізії біконів, коли $j = \{2, \dots, n\}$

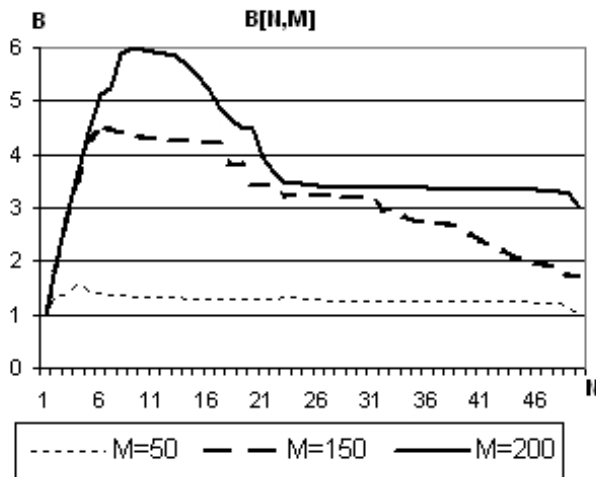


Рисунок 2.4 - Середня кількість успішних передач біконів за бікон-інтервал в залежності від кількості пристроїв в мережі N при розмірі АТІМ-вікна M

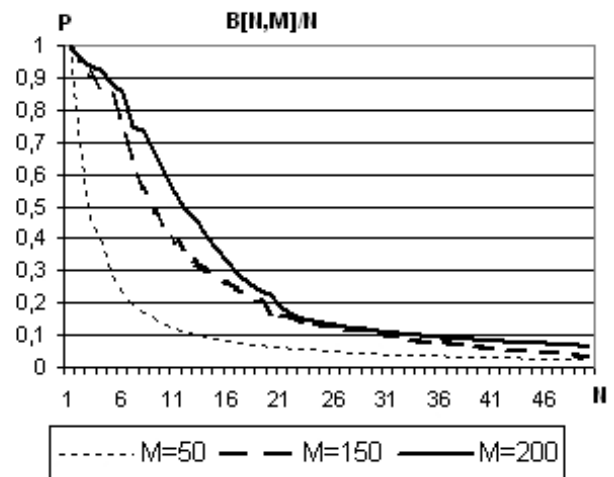


Рисунок 2.5 - Імовірність вдалої передачі бікону конкретним пристроєм в залежності від кількості пристроїв в мережі N при розмірі АТІМ-вікна M

пристроїв передають свої бікони в поточному віртуальному слоті. Імовірність цієї події $P(1, n, k)$.

Рекурсія завершується, коли АТІМ-вікно закінчується або всі віртуальні слоти виявляються розглянутими.

Результати показують, що число успішних передач біконів росте, поки число пристроїв не занадто велике й точці вдається передати свій бікон майже в кожному бікон-інтервалі (рисунок 2.4). Однак кількість пристроїв у мережі досягає певного значення, що залежить від розміру АТІМ-вікна, число успішних передач знижується, тому що ймовірність колізії біконів різко зростає. Коли в мережі перебуває N пристроїв, залежність числа успішних передач від розміру АТІМ-вікна росте з характерною періодичністю. Причому цей період приблизно дорівнює часу передачі бікона. Тобто збільшення розміру АТІМ-вікна на довільну величину, меншу якоїсь граничної, може не збільшити успішність передачі біконів. Імовірність успішної передачі бікона конкретним

пристроєм залежно від числа пристроїв у мережі й розміру АТІМ-вікна (рисунок 2.5). Причому імовірність успішної передачі бікона падає повільно до певного числа пристроїв у мережі, тому що імовірність колізії біконов невелика. При фіксованому числі пристроїв у мережі імовірність колізії біконів залежить від числа віртуальних слотів, що росте зі збільшенням АТІМ-вікна. Оскільки число віртуальних слотів не може перевищувати $K = 1 + 2 \cdot aCW_{\min}$, з певної точки імовірність вдалої передачі стрімко падає, оскільки кількість колізій біконів стрімко зростає.

Як вже було відзначено, в АТІМ-окні заперечена передача кадрів даних,

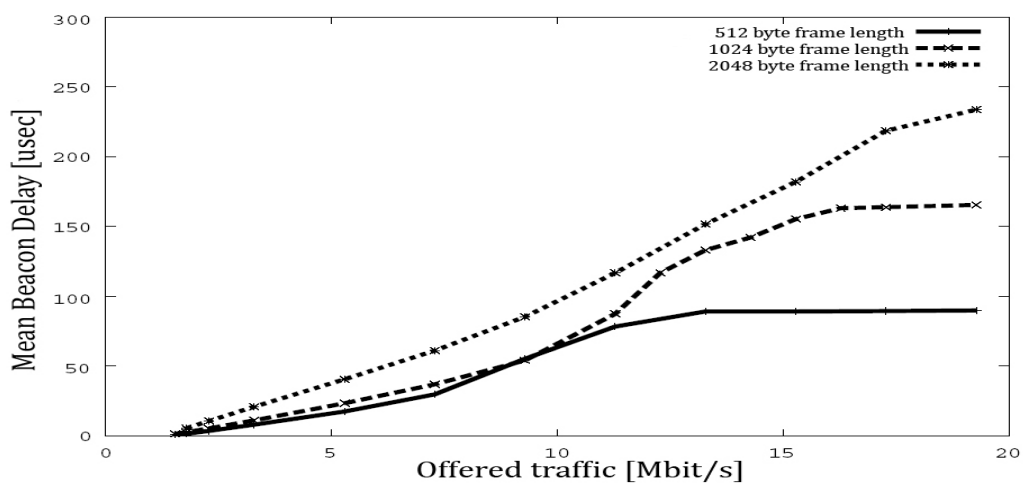


Рисунок 2.6 - Залежність затримки бікону від швидкості передачі та розміру фрейма

тому воно повинне бути як можна коротше. З іншого боку, у короткому вікні ймовірність колізії біконів вище. З огляду на наведену методику, можна підібрати розмір АТІМ-вікна залежно від числа точок доступу у мережі так, що імовірність успішної передачі бікона для обраної точки не перевищує заздалегідь заданої величини, і розмір АТІМ-вікна при цьому мінімальний.

Дослідження, що були проведені [4], з питання затримки бікону мають наступні результати. У найгіршому випадку у протоколі 802.11a максимальна затримка бікону складає 4.9 мс. Опитним шляхом було доведено (рисунок 2.6), що при часі SFP, коли контролер контролю доступ до середовища затримка бікона складає 250 мкс при довжині фрейму 2048 байт. Отже регулювання довжини фреймів є ще одним з механізмів управління якістю в мережі Wi-Fi/GSM.

3. ФРАКТАЛЬНІ ПРОЦЕСИ ПРИ ПРОГНОЗУВАННІ ТРАФІКУ

Експериментальні дослідження й аналіз численних вимірів інформаційних потоків на пакетному рівні вказує на специфічну природу процесів у телекомунікаційних мережах, що не укладається в традиційні рамки відомих випадкових моделей [8].

Характерним для опису процесів передачі даних пакетним трафіком є виявлені на практиці властивості самоподоби або масштабної інваріантності статистичних характеристик. У сучасній науковій літературі ці властивості зв'язують із особливим класом фізичних процесів – фрактальні процеси.

У теорії систем існує співвідношення, що зв'язує вихідний процес системи із вхідним (інтеграл згортки)

$$u(t) = \int_0^t h(t-\tau)f(\tau)d\tau \quad (3.1)$$

де імпульсна перехідна характеристика $h(t)$ визначає повну пам'ять систем, тобто на стани $u(t)$ у момент часу t впливають всі попередні значення $f(\tau)$, $0 \leq \tau < t$.

Однак, існують системи з неповною пам'яттю. Процеси в них займають проміжне положення й значення. У ході функціонування цих систем при формуванні вихідного процесу беруть участь не всі стани системи: система як би неповоротно губить частину своїх станів на деяких інтервалах часу. Тому цілком логічним є використання для опису функціонування таких систем канторівської множини.

Для прикладу розглянемо канал зв'язку, що володіє фрактальними властивостями. Для побудови канторовської множини є прямокутник із площею, рівної розміру файлу $X=\lambda t$ – кількість посланих за час t даних. Йому

відповідає результат інтегрування $\varphi(t) = \int_0^t f(\tau)d\tau$, при $f(\tau)=\lambda$. На першому етапі

розбивки при $\xi=1/3$ кількість переданих даних $2\xi\lambda t$, загублених – $\xi\lambda t$. На n -м етапі розбивки $(2\xi)^{n\lambda t}$ і $\lambda t[1-(2\xi)^n]$. Після граничного переходу $n \rightarrow \infty$ кількість

переданих даних обчислюється з вираження $\varphi(t) = \int_0^t B_\xi ((\beta - 1)!)^{-1} (t - \tau)^{\beta-1} f(\tau)d\tau$, яке

після заміни змінних $t-\tau=y$ і $f(\tau)=\lambda$ буде мати вигляд $\lambda t^\beta \int_0^t K_0 y^{\beta-1} dy$. Даний інтеграл нормований на одиницю, тому число переданих пакетів λt^β виявляється менше числа посланих – λt , у той час як інформація передана в повному обсязі. Це є визначальним чинником, оскільки подібне застосування фрактальних властивостей трафіку приносить великий вигравш.

Технологія передачі інформації передбачає, що потік байтів розбивається на окремі серії фіксованої довжини й інформація передається по дуплексному каналу зв'язку.

Оскільки трафік формується випадковим образом, це стаціонарний процес, що протікає в часі, у нього інтервали між точками – незалежні випадкові величини, що мають однакову щільність розподілу. Розглянемо моделювання трафіку шляхом режиму «ON/OFF»[6,7]. ON – інтервал часу, протягом якого здійснюється передача даних, OFF – відсутність подібної передачі. Тривалість проміжків випадкова, і закінчення режиму ON є собою початок режиму OFF. При аналізі роботи даного режиму слід приділити особливу увагу на «важкий» розподіл, що характеризує той факт, що імовірності ON/OFF інтервалів порядку T (довгих серій передачі даних і межсерійних інтервалів) можуть бути значними: $P(T > t) \approx t^{-\beta}, t \rightarrow \infty, 0 < \beta < 1$. Дисперсії цих інтервалів виявляються великими.

Таким чином, трафік має своєрідну поведінку, яка не укладається в рамки поведінки відомих моделей. Вище було відзначено, що разом із протяжною залежністю властивість самоподоби визначають фрактальний характер процесів. Протяжна залежність припускає наявність самоподоби й навпаки. Стосовно до статистик другого порядку (кореляційна функція, спектральна щільність, дисперсія) самоподоба розуміється у асимптотичному змісті, тобто при інтервалах спостереження більше певного граничного значення (фрактальний час установки) і при суперпозиції потоку даних, припускає введення масштабних параметрів.

4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ КОНВЕРГЕНТНОЇ Wi-Fi/GSM МЕРЕЖІ

Постанова задачі та метод її розв'язання.

Задачею моделювання є оцінка наступних параметрів:

- Визначення максимальної кількості абонентів, що можуть бути обслуговані однією точкою доступу;
- затримка при передачі даних користувачем;
- джитер при передачі даних
- втрати пакетів;
- перевантаження буферів маршрутизаторів;
- навантаження на канали зв'язку;
- затримки та втрати при різних політиках керування чергами.

Оцінка параметрів, що наведені вище, буде здійснюватися для частини мережі. Оскільки ця частина досліджується для години найбільшого навантаження, результати можуть бути використані і для налаштування інших об'єктів.

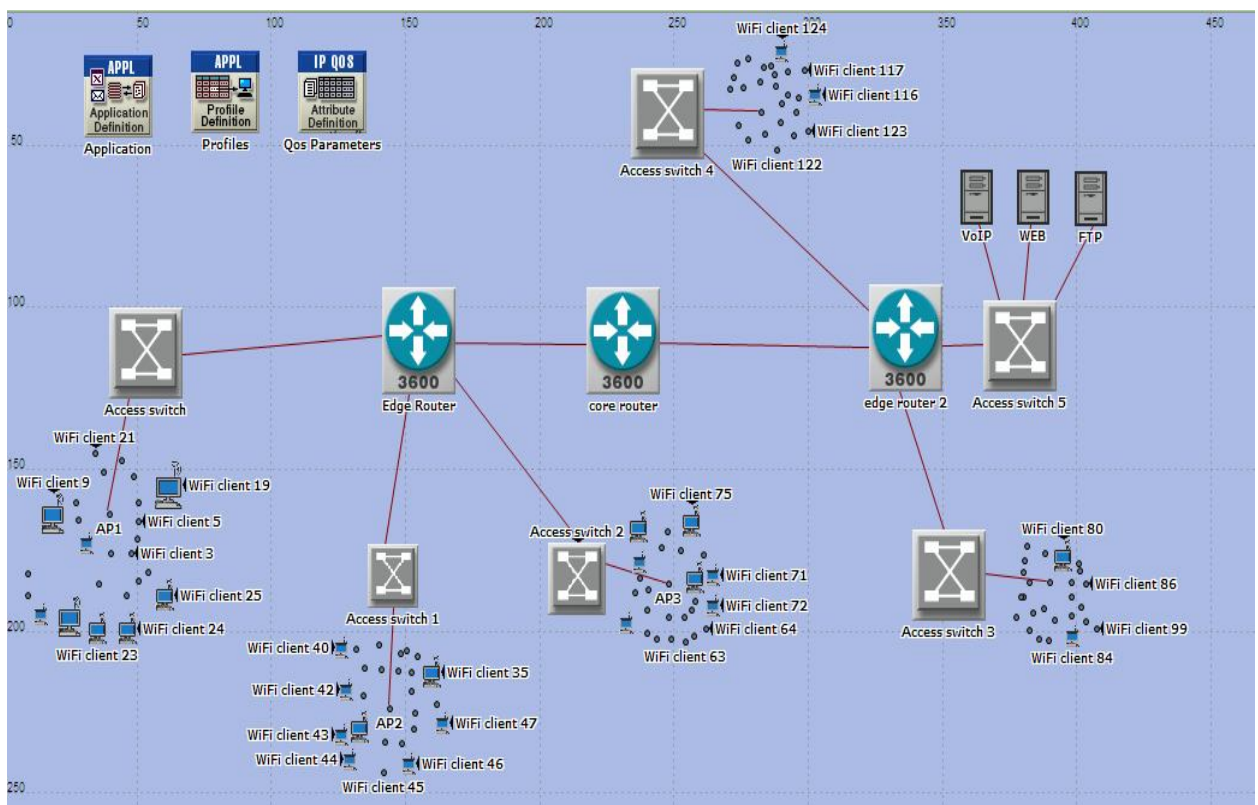


Рисунок 4.1 Топологія мережі, що досліджується.

Модель мережі виконана за трирівневою архітектурою, тобто має маршрутизатор ядра, який може об'єднувати цю частину мережі з загальною мережею оператора. Маршрутизатори рівня розподілу виконують функції агрегації трафіку від комутаторів доступу та визначають маршрути пересування трафіку в мережі. Точки доступу під'єднуються до комутаторів доступу, забезпечуючи таким чином можливість бездротовим абонентам дістатися до ресурсів мережі.

Серед сервісів, що надаються в мережі та доступні для бездротових абонентів можна назвати: VoIP – передача голосу, WEB серфінг, FTP додатки. Передача голосу, згідно рекомендацій ITU-T відноситься до 1 класу трафіку Interactive Voice та має вимоги до забезпечення якості, такі як: кінцева затримка між двома абонентами складає 400 мс, варіація затримки – не більше ніж 50 мс та процент втрачених пакетів – 0.001.

Сервіс FTP додатків відноситься до 4 класу обслуговування – Excellent Effort та має наступні вимоги – кінцева затримка – 1с, процент втрачених пакетів – 0.001. Сервіс WEB ссерфінгу може обслуговуватися за останнім класом та не має жодних обмежень щодо якості.

Для врахування параметрів, що наведені вище необхідно додатково корегувати імітаційну модель та встановлювати параметри QoS (Quality of Service) для кожного з виду сервісів.

Оцінка параметрів має проводитися в годину найбільшого навантаження, вся система в цілому моделюватися не буде. Таке моделювання має надвисоку складність та вимагає надзвичайно високих ресурсів ПК для здійснення. Моделювання однієї години роботи моделі може зайняти декілька діб реального часу.

Вимоги до моделювання:

- моделювання здійснюється від бездротового абонента до серверу з сервісом, який цей абонент вимагає;
- параметри якості надання послуг мають бути оцінені для бездротових клієнтів;

- має враховуватися трафік в інших канал зв'язку у випадку ГНН;
- У моделі присутній лише трафік сервісів, будь-який сервісний або фоновий трафік не враховується.

На лаштування моделі здійснюється наступним чином:

- створення топології з використанням обладнання так каналів зв'язку;
- створення профілів користувача, які сервіси можна використовувати тому чи іншому абоненту;
- налаштування профілів системи, які сервіси існують в мережі, та які параметри цих сервісів;
- налаштування показників забезпечення якості в мережі за допомогою поля ToS у IP пакеті.

При моделюванні використовувалися механізми побудови черг WFQ Class Based, Priority Queuing, Custom Queuing. Черги формуються на точках доступу, та маршрутизаторах мережі. Результати моделювання наведені на рисунку 4.2

Як бачимо з рисунка 4.2 використання черг для корегування роботи мережі в години перевантаження мають гарний ефект. Так, використання політики WFQ Class Based (класових черг) дозволяє зменшити затримки медіа додатків майже в 2.5 рази, тепер затримки задовольняють вимоги QoS.

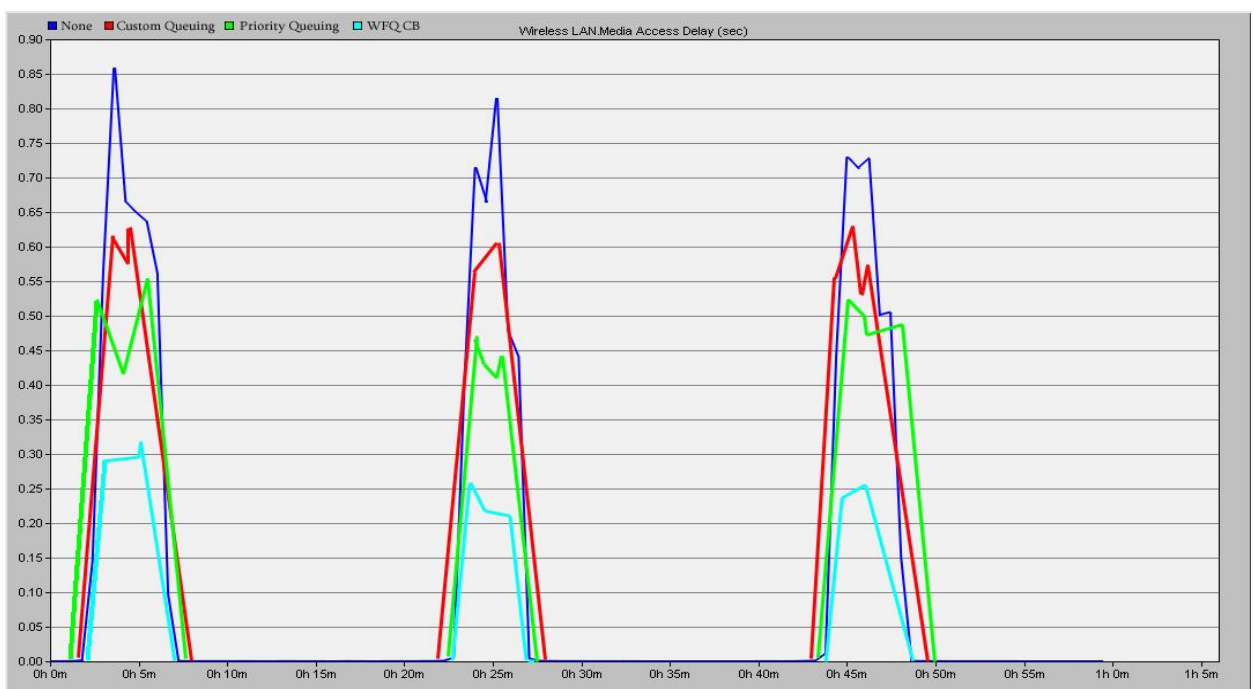


Рисунок 4.2 Затримки у Wi-Fi мережі при різних механізмах побудови черг

Порівняльна характеристика затримок медіа додатків та передачі даних і WEB виглядає наступним чином:

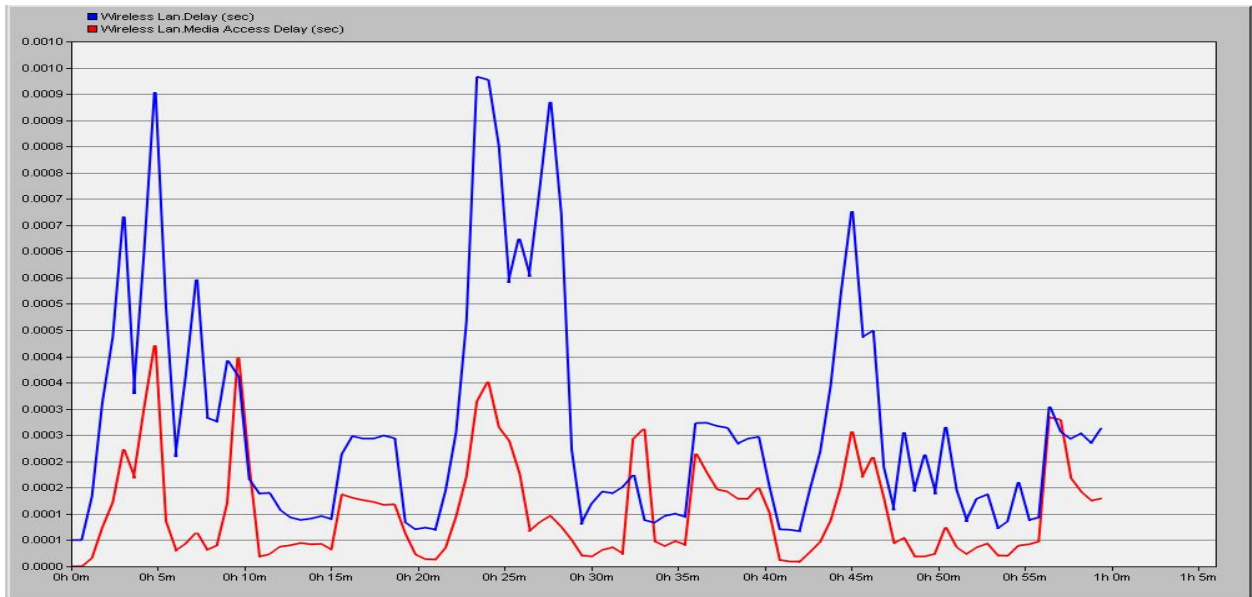


Рисунок 4.3 Затримки медіа додатків, та інших

За рахунок використання черг для додатків у мережі, медіа затримки зменшуються за рахунок звичайним додатків. Таким чином при передачі голосу якість сполучення набагато краще, та перевантаження мережі не виникає.

Кінцева затримка при передачі голосу також зменшилася, при використанні черг.

Як бачимо, класова черга дозволяє зменшити затримки при передачі

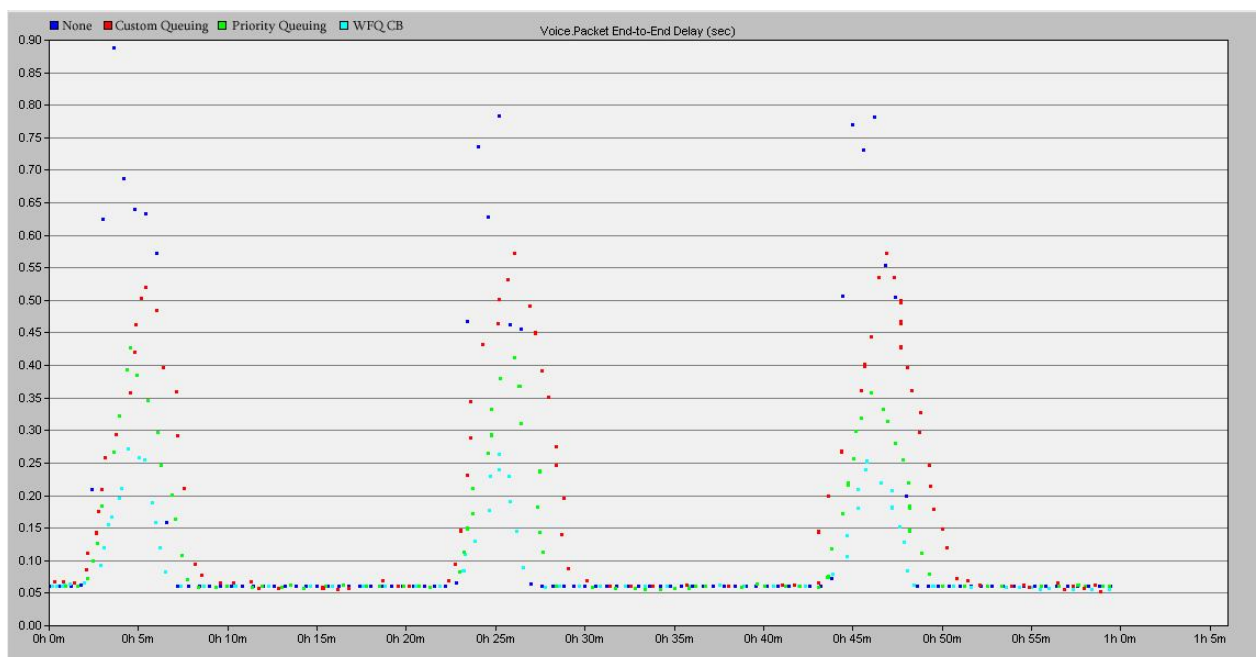


Рисунок 4.4 Кінцева затримка при використанні черг

медіа інформації від абонента до абонента в 3 рази в пікових відрізках часу.

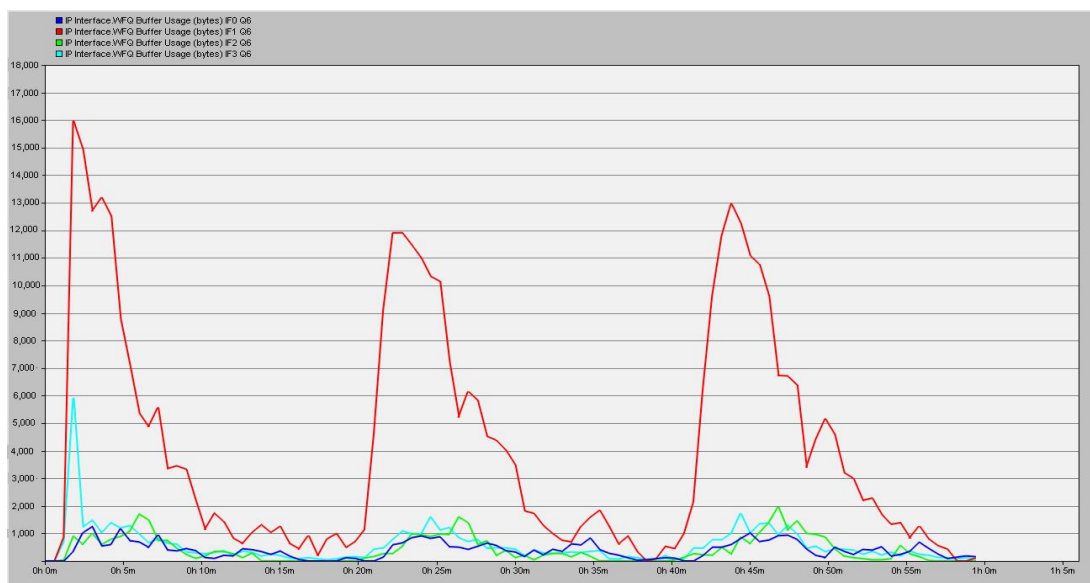


Рисунок 4.5 Навантаження буфера черги WFQ на граничному маршрутизаторі

На рисунку 4.5 показано навантаження буфера черги на граничному маршрутизаторі по інтерфейсах. Найбільше навантаження йде на інтерфейс, що виконує роль шлюзу для серверів з сервісами. Завантаження до 16 кбайт не є дуже великим, отож не викликає великої кінцевої затримки між абонентами при з'єднанні.

Таблиця 4.1 Порівняльна характеристика різних видів формування черг

Механізм	Кінцева затримка, мс	Джитер, мс	Затримка у Wi-Fi мережі, мс	MOS	Частка втрачених пакетів
Без черги	900	0,025	15	2.5	0.1
WFQ CB	300	0,0001	0,3	3.9	0.0
Custom Queuing	520	0,001	0,5	3.5	0.02
Priority Queuing	430	0,006	0,6	3.4	0.0015

У таблиці 4.2 наведені основні параметри, які впливатимуть на визначення оптимального механізму побудови черг. Серед них кінцева затримка, джитер, затримки у бездротовій мережі, частка втрачених пакетів, якість з'єднання.

Практичний аналіз та дослідження довели, що керування мережею за допомогою формування черг WFQ CB на основі пріоритетизації трафіку

дозволяють зменшити затримки в мережі в годину найбільшого навантаження до трьох разів, та задовольняють вимоги забезпечення якості QoS.

Таблиця 4.2 – Результати аналізу потоків даних

Напрямок	Розмір потоку, б/с	Середня затримка в каналі зв'язку, мс	Кількість хопів	Частка втрачених пакетів, %
Client1 → VoIP	64,000	0,007	6	0,0
Client1 → WEB	128,000	0,031	6	0,0
Client1 → FTP	64,000	0,024	6	0,0
Edge Router → Core Router	19,200,000	0,081	1	0,0
Access SW5 → Edge Router 2	32,000,000	0,135	1	0,0
VoIP → Edge Router 2	8,000,000	0,061	2	0,0
FTP → Edge Router 2	16,000,000	0,067	2	0,0
WEB → Edge Router 2	8,000,000	0,048	2	0,0

Найбільші затримки у каналі зв'язку можна спостерігати на ділянці Access Switch 5 to Edge Router 2. Це пояснюється тим, що весь трафік, що надходить до серверів йде через один інтерфейс граничного маршрутизатору. Тому на цьому інтерфейсі спостерігаються найбільші черги, розмір потоку, та середні затримки.

Таблиця 4.3 – Рівень затримок в каналах рівня доступу зв'язку та частка втрачених пакетів

Ділянка	Затримка до QoS, мс	Затримка після QoS, мс	Варіація затримки, мс	Частка втрачених пакетів
Затримка на ділянці від абонента до точки доступу	800	310	10	0,0
Затримка на ділянці від точки доступу до комутатора доступу	15	8	5	0,0
Затримка на ділянці від абонента до сервера	880	320	25	0,0
Затримка відповіді від сервера до абонента	0,07	0,07	0,008	0,0

Затримки, що є критичним параметром для передачі голосових даних, були зменшені за рахунок використання черг для різних типів трафіку. Так кінцева затримка для голосового профілю складає 320 мс, що задовольняє вимоги QoS.

Таблиця 4.4 - Рівень затримок в системі при користуванні кожним з сервісів

Назва сервісу	Рівень затримок до керування, мс	Рівень затримок після керування, мс
IP-телефонія	900	320
FTP обмін даними	1500	390
WEB-серфінг	1000	900

Для всіх додатків, що надаються в мережі, параметри якості задовольняють вимоги QoS.

ВИСНОВКИ

Використання технології UMA дозволить звільнити частину радіоканальних ресурсів у місцях, де спостерігаються перевантаження.

Перехід до пакетної передачі даних дозволить впровадити нові абонентські сервіси з мінімальними витратами.

Встановлені наступні види тарифіку для конвергентної WiFi/GSM мережі, такі як передача голосу (VoWi-Fi), відео дзвінки, відео конференція, передача даних, Інтернет серфінг, передача голосу (VoIP) для корпоративних абонентів, розгортання фемтосот для корпоративних абонентів, та визначено 6 класів пріоритетності трафіку.

Режим Hybrid Coordination Function (HCF) є найбільш прийнятним з точки зору надання доступу до середовища пріоритетного трафік, таким чином забезпечуючи QoS для різноманітних служб.

Імовірність успішної передачі бікона падає повільно до певного числа пристроїв у мережі, тому що імовірність колізії біконів невелика. При фіксованому числі пристроїв у мережі імовірність колізії біконів залежить від числа віртуальних слотів, що росте зі збільшенням АТІМ-вікна.

Прогнозування із застосуванням фрактальних властивостей буде більш чітким й імовірним, оскільки більшість параметрів системи, такі як кореляційна функція, дисперсія будуть статичними, і лише частина - динамічними - час, кількість переданих даних.

Використання класових черг WFQ Class Based дозволяє динамічно регулювати навантаження мережі та задовольняти вимоги забезпечення якості QoS.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ

1. Alex Shneyderman, Alessio Casati. Fixed Mobile Convergence. – McGraw-Hill Osborne Media.-2008.–272 p.
2. [The Role of UMA in Mobile Networks Evolution.–Kineto Wireless inc.–2007.](http://www.kineto.com/products/downloads/kineto_wp_UMA_MNE_2007.pdf)
(http://www.kineto.com/products/downloads/kineto_wp_UMA_MNE_2007.pdf)
3. Praphul Chandra, David Lide. Wi-Fi Telephony: Challenges and Solutions for Voice over WLANs. – Newnes. – 2006. – 286 p.
4. [ITU-T Recommendation Y.1540/Y.1541. Network performance objectives for IP-based services. Geneva: International Telecommunication Union. – 2006.](http://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-Y.1541-200602-I!!PDF-E&type=items)
(http://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-Y.1541-200602-I!!PDF-E&type=items)
5. IEEE 802.11e: Medium Access Control (MAC) Quality of Service Enhancements, NY – 2005.
6. Соловьёв М.С. Механізми забезпечення якості в конвергентних Wi-Fi/ GSM мережах. Проблеми Телекомунікацій – 2009 / Матеріали III міжнародної науково-технічної конференції. – Київ, КПІ – 2009, с.57.
7. ITU-T Recommendation G.1010 Quality of Service and performance. Geneva: International Telecommunication Union. – 2006.
8. Соловьёв М.С., Воропаева В.Я. Прогноз трафіка GSM мереж з урахуванням властивостей фрактальності. Проблеми Телекомунікацій – 2008 / Матеріали II міжнародної науково-технічної конференції. – Київ, КПІ – 2008, с.99-101.
9. В.Вишневіський, Д.Лаконцев, А.Сафонов, С.Шпилев: QoS в мережах Wi-Fi, зв'язь і телекомунікації – 2008.
10. А.Я. Городецький, В.С. Заборовський Фрактальні процеси в комп'ютерних мережах. СПб: 2000.

Додаток 1

АНОТАЦІЯ

Наукової роботи під шифром “VoWi-Fi_NGN_QoS”

Наукова робота: стор.30, рис.14, табл. 6, джерел 10.

Актуальність даної теми впливає з того, що конвергенція дає можливість ефективного використання існуючих ресурсів (канальна ємність). Вартість смуги Wi-Fi дешевше, ніж смуги мережі GSM/3G, що знижує для оператора собівартість послуг зв'язку, що надаються клієнтам.

Об'єктом дослідження – є телекомунікаційна мережа мобільного оператора зв'язку.

Предмет дослідження – параметри якості обслуговування, що характерні для різних типів трафіку.

При виконанні наукової роботи була досліджена концепція побудови конвергентної мережі, визначені основні напрямки розвитку та впровадження.

Сформовані сервіси, що надаватимуться у мережі, та параметри забезпечення якості.

Досліджена поведінка мережі в годину найбільшого навантаження та механізми керування мережею під час перевантаження. Надані рекомендації щодо проектування та налаштування мережі.

МУЛЬТИСЕРВІСНА МЕРЕЖА, Wi-Fi, ТРАФІК, НАВАНТАЖЕННЯ, АПАРАТУРА,
МОБІЛЬНИЙ ЗВ'ЯЗОК, ПЕРЕДАЧА ДАНИХ, ФРАКТАЛЬНІ ПРОЦЕСИ, ПАРАМЕТРИ
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ, ЧЕРГИ

ВІДОМОСТІ

про автора та наукового керівника
конкурсної роботи під шифром “ _____ ”

АВТОР

1. Прізвище Соловйов
2. Ім'я (повністю) Максим
3. По батькові (повністю) Сергійович
4. Повна назва та адреса вищого навчального закладу, у якому навчається автор
Донецький Національний Технічний Університет

5. Факультет КІТА
6. Курс (рік навчання) _____
7. Результати роботи опубліковано

(рік, місце, назва видання)
8. Результати роботи впроваджено

(рік, місце, форма впровадження)
9. Домашня адреса, тел., e-mail

Науковий керівник

Автор роботи

НАУКОВИЙ КЕРІВНИК

1. Прізвище Воропаєва
2. Ім'я (повністю) Вікторія
3. По батькові (повністю) Яківна
4. Місце роботи, тел., e-mail _____
Донецький національний технічний університет, кафедра Автоматики і телекомунікацій
062-334-11-72, voropayeva@donntu.edu.ua
5. Посада доцент каф.АТ
6. Науковий ступінь к.т.н.
7. Вчене звання доцент
8. Домашня адреса, тел., м. Донецьк-52,
пр.Ілліча, 76/21 0622-94-14-73

(підпис)

(підпис)

Рішенням конкурсної комісії Донецький національний технічний університет
(назва вищого навчального закладу)

студент(ка) _____ рекомендується для участі у II турі
(прізвище, ініціали)

Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з

(назва галузі науки)

Голова конкурсної комісії
вищого навчального закладу _____

М.П. (підпис)

(посада, прізвище, ініціали)

“ _____ ” _____ 20 __ р.