

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОБУДОВИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕСУРСІВ У КОНВЕРГЕНТНІЙ МЕРЕЖІ НА БАЗІ МОБІЛЬНОГО ОПЕРАТОРА ДЛЯ НАДАННЯ ПОСЛУГИ TRIPLE PLAY

© Климаш М.М., Корецький О.В., Бешлей М.І., Янишин В.Б., 2011

Запропоновано новий спосіб надання послуги Triple Play абонентам мережі мобільного оператора, який полягає в заміні сегменту доступу. Вдосконалено структуру фемтосоти, як основного конвергентного пристрою на рівні доступу. Розроблено методику планування конвергентних мереж. Запропоновано спосіб підвищення ефективності використання магістральних каналів між базовими станціями та контролером в мережі мобільного оператора. Набули подальшого розвитку методи імітаційного статичного моделювання мультисервісного трафіку.

Ключові слова: мультисервісна мережа, фемтосота, мультимедійна підсистема.

A new mode of providing such a service as Triple Play was offered the consumers of the net of mobile operator, which leads to the commutation of the access segment. The femtosota framework was improved as the main converged device on the access level. It was exploited the framework of converged net planning. It was offered the way of increasing the effectiveness of using the long-distance channels between base stages and the control in the net of mobile operator. The methods of modeling the multiservice traffic were greatly developed.

Key words: multiservice net, femtosota, IP Multimedia Subsystem.

Вступ

Поява та швидкий розвиток комунікаційних послуг, таких, як: телефонія, телебачення, мобільний зв'язок, глобальна мережа Інтернет, вплинули на розвиток інформаційних технологій протягом минулих років, що почало просувати на арену телекомунікаційних послуг проекти зі створення єдиної технологічної платформи і мережі із спільною базою, що змогла б забезпечити ці послуги. Тому сьогодні відбувається процес перегляду і зміни базових моделей телекомунікації для створення і розвитку нової мережі із конвергенцією інформаційних і телекомунікаційних технологій.

Надаючи послуги Triple Play, на базі мобільного оператора абоненти отримують різноманітні послуги, для доступу до яких буде достатньо одного багатофункціонального пристрою. Перехід у концепції послуг від вертикальної до горизонтальної моделі організації й об'єднання різних послуг на рівні транспорту й доступу являють собою істотний крок по шляху конвергенції мережі на рівні послуг. Виходячи з будинку, можна дивитися телепередачі і фільми, говорити по телефону, здійснювати покупки, розмовляти по відеотелефону, здійснювати платежі, проводити наради зі співробітниками, мати доступ до глобальної мережі Інтернет. Простіше кажучи, оператори змагаються у швидкості і мобільності. І той оператор, хто зможе швидше приборкати чотири стихії (телефон фіксований, телефон мобільний, телебачення, Інтернет) та впроваджувати конкурентоспроможні послуги, отримуватиме найбільший прибуток.

Мета роботи – розроблення методики моделювання мультисервісного трафіку з врахуванням якісного аспекту надання послуги Triple Play відповідно до вимог користувачів для планування технологічних ресурсів доступу та керування мережею оператора мобільного зв'язку.

Перехід від вертикальної до горизонтально-вертикальної структури мережі

Внаслідок переходу від структури наявної мережі до структури мультисервісної мережі NGN IMS ми здійснюємо перехід від вертикальної схеми мережі до вертикально-горизонтальної, що зображено на рис. 1.

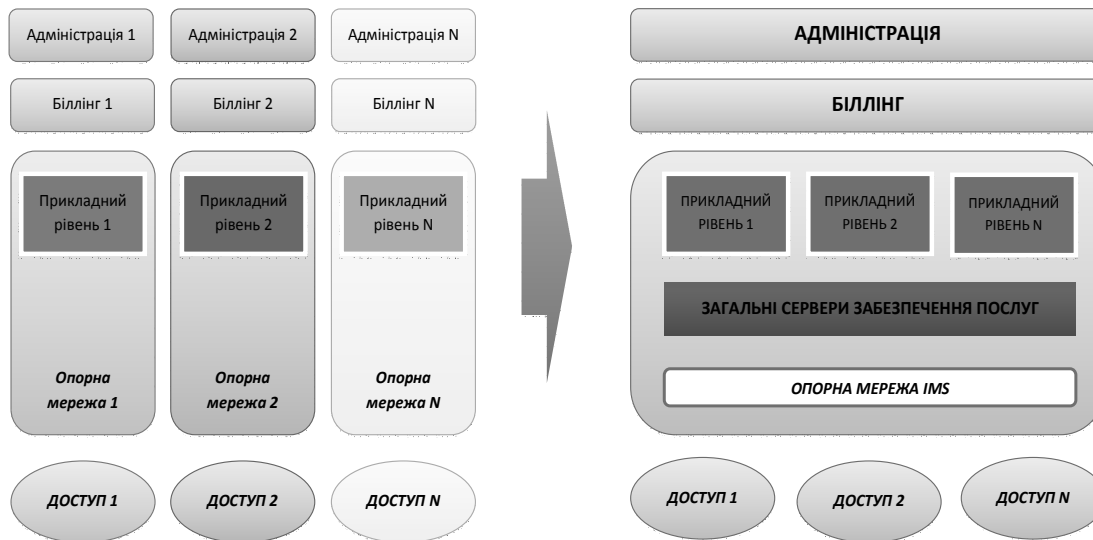


Рис. 1. Перехід від вертикальної до вертикально-горизонтальної структури

Структура мережі IMS логічно поділяється на три рівні: рівень управління, прикладний рівень, транспортний рівень.

На рис. 2 наведено покращену структуру мультисервісної мережі з сегментом мобільного доступу, що розділена на площину послуг, управління, транспортну та площину доступу. Для цієї мережі найвужчим місцем, що є в зоні відповідальності оператора мобільного зв'язку, є взаємозв'язок площини доступу і транспортної площини. Тому, щоб його уникнути, введено нові елементи, такі, як фемтосота – конвергентний пристрій на рівні доступу та E-Abis – удосконалений інтерфейс каналу Abis між BTS і BSC.

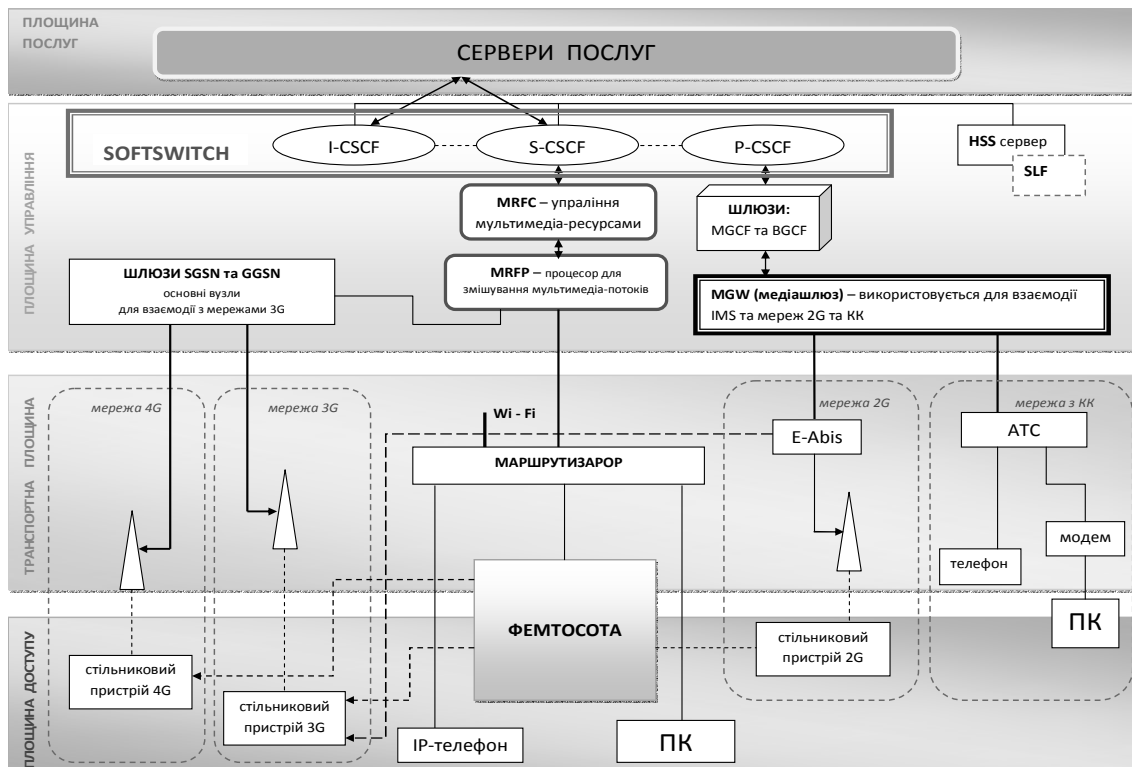


Рис. 2. Удосконалена структурна схема мережі побудована на основі моделі IMS

Підвищення ефективності використання магістральних каналів між базовими станціями та контролером у мережі мобільного оператора (E-ABIS)

Abis-інтерфейс слугує для зв'язку між BSC з BTS. Відомо декілька шляхів удосконалення технології для оптимізації трафіку між BSC та BTS, а саме – модернізації інтерфейсу Abis за рахунок використання механізму SPD та ФАПЧ.

Удосконалена ФАПЧ вирішує проблему нестійкості синхросигналів. Висока точність ФАПЧ допомагає вирішувати проблеми появи джитера синхронізації і втрату синхросигналів. Удосконалення відбувається за рахунок комплексного використання з адаптивним фільтром (для зменшення фазових завад) та атенюатором джитера (для зменшення тремтіння фронту імпульсу). ФАПЧ зіставляє вхідний сигнал із синхросигналом, що створюється генератором VCO. Отже, виконується автопідстроювання частоти. Адаптивний фільтр та атенюатор джитера дозволяє зменшити рівень спотворень вхідного сигналу, який вноситься джитером, що дає змогу підвищити ефективність використання магістрального каналу у два рази. Адаптивний фільтр встановлюють на виході генератора з ФАПЧ, а атенюатор джитера на вході.

На рис. 3 показано удосконалену схему фазового автопідстроювання частоти.

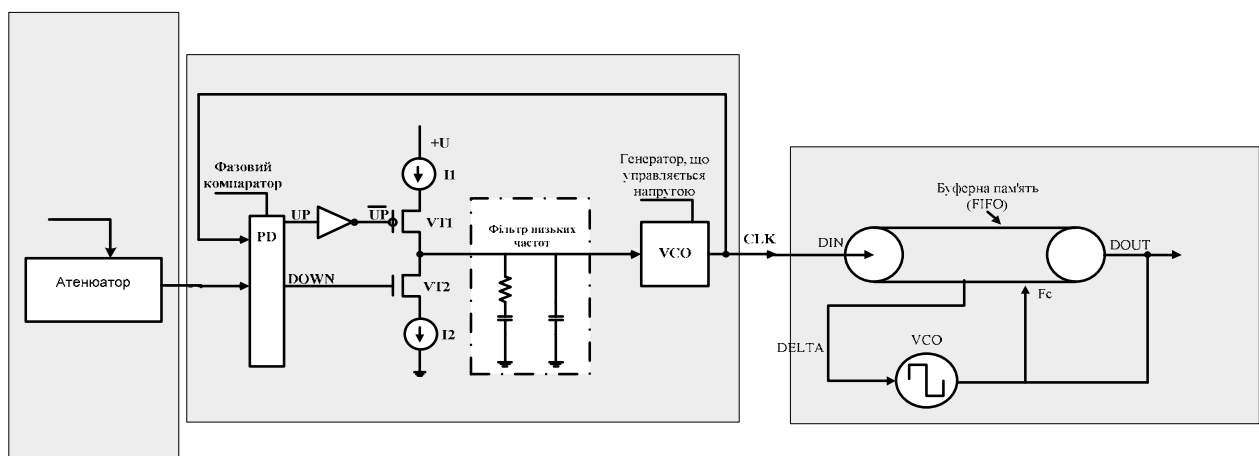


Рис. 3. Удосконалення ФАПЧ

У межах механізму SPD, використовують три схеми відкидання пакетів:

- Partial Packet Discard (PPD) – якщо один пакет з повідомлення відкидається, то всі наступні пакети цього повідомлення відкидаються і ці пакети тепер не мають значення в системі.
- Early Packet Discard (EPD) – всі пакети, які становлять нове повідомлення відкидаються, коли очікується скупчення, що визначається, якщо кількість зайятих місць в буфері перевищує встановлений поріг.
- Preemptive Partial Packet Discard (pPPD) – пакети відкидаються на основі пріоритету повідомлень, частини пакетів яких вже були прийняті і перебувають у буфері. Коли буфер повний, всі пакети від нових повідомлень відкидаються з буфера, щоб звільнити місце для вхідних пакетів від старших повідомлень.

Фемтосота

Основним приладом, що повинен об'єднувати мережу фіксованого та мобільного зв'язку, провідне та безпроводне передавання даних вибрано фемтосоту [6] – це мініатюрна базова станція, призначена для домашнього або офісного використання.

- Радіомодулі 2G, 3G, 4G – для технологій GSM, CDMA, OFDM.
- Радіомодуль X – резервний модуль для перспективної технології майбутнього.
- Радіоконтролер – мікроконтролер, що забезпечує вибір активного радіомодуля (2G,3G,4G,X) для під'єднання кінцевого пристрою (мобільного телефону, смартфона) до фемтосоти, або ж комбінацію цих модулів, якщо до фемтосоти прагнуть одночасно під'єднатися декілька користувачів, що використовують різні стандарти радіозв'язку.

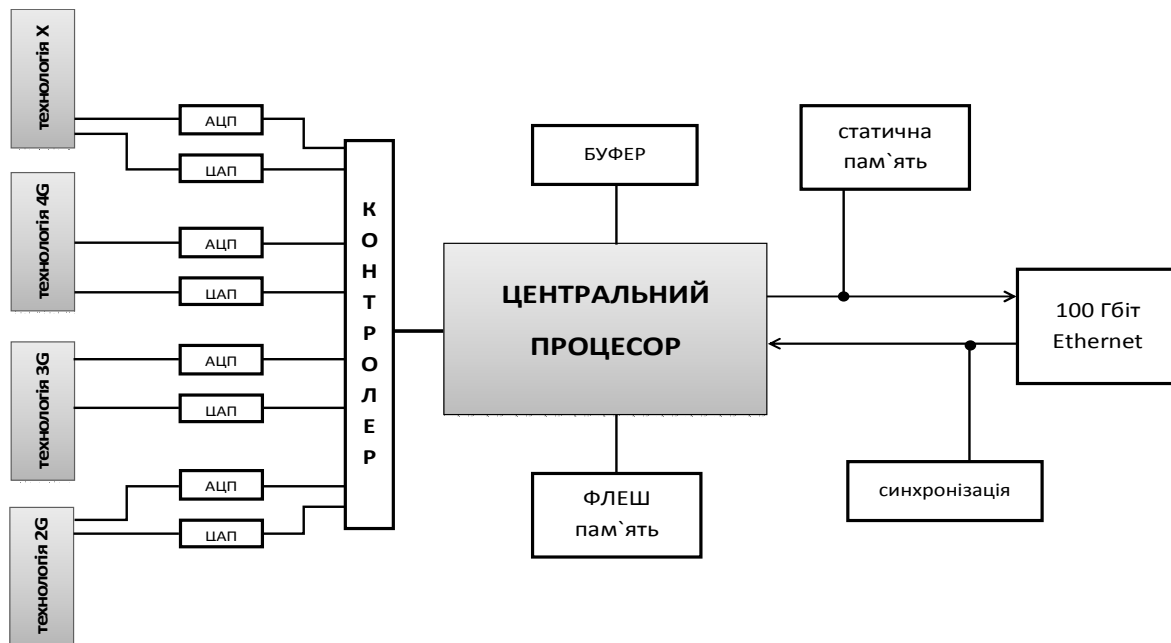


Рис. 4. Структурна схема фемтосоти

- Буфер (SDRAM) – проміжне сховище даних, що надається програмним забезпеченням і призначається для перенесення або копіювання даних між активними програмами або частиною однієї програми. Розробляючи архітектуру фемтосоти, особливу увагу звернуто на розмір буфера, оскільки саме від цього параметра залежатиме кількість та різноплановість користувачів, яким одночасно можливо надати доступ до обслуговування фемтосотою. Структурна схема фемтосоти зображена на рис. 4.

Встановлення з'єднання з використанням програмного комутатора Softswitch

- *Взаємодія між базовими станціями 2G, 3G, 4G через програмний комутатор Softswitch.* Вся взаємодія між мережами відбуватиметься через один спільний елемент – Softswitch (рис. 5).

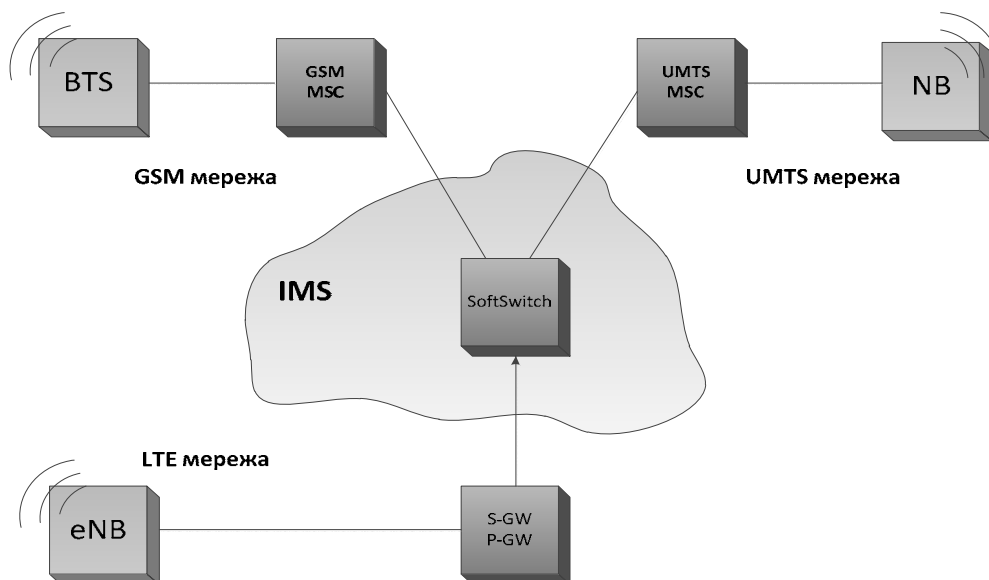


Рис. 5. Організація міжмережевої взаємодії під час конвергенції

Проте під час конвергенції фемтосота має підтримувати функцію розпізнавання моменту необхідності перемикавання в різні режими. Цією ж функцією повинен бути оснащений і абонентський пристрій.

Розроблення методики пріоритезації трафіку для різних класів користувачів

У цій роботі запропоновано методику, що базується на формалізованому критерії визначення відносного пріоритету класів трафіку, який ґрунтується на вимогах QoS [4] і враховує ймовірність використання послуг. Для надання послуги Triple Play було розглянуто 7 класів трафіку (*голос, IPTV, відеоконференції, інтерактивні дані, медіа-за-запитом, Інтернет дані, трафік сигналізації*).

Обслуговування конкретного абонента диференційоване залежно від ймовірності користування послугою. На основі аналізу трафіку сформовано вимоги до структурних параметрів пристрою доступу до послуг за умови під'єднання різних груп абонентів.

Отже, оскільки кожен користувач користується різними послугами в різному обсязі, тому для ширшого охоплення спектра привабливості певних сервісів для абонента вводимо такий параметр, як ймовірність використання певної послуги. Відносно цього параметра розділимо користувачів на три такі групи:

- група домашніх користувачів(Д);
- група офісних користувачів(О);
- група центрів обробки даних(Ц).

Таблиця 1

Вхідні дані та результати методики пріоритезації

Параметри Послуги	Втрати пакетів, P,%	Затримка T,мс	Джитер J,мс	Пропускна здатність C,кбі/с	Ймовірність використання послуг P _{викор}			Відносний пріоритет P _{vpr}			Абсл. пріор.		
					Д	О	Ц	Д	О	Ц	Д	О	Ц
Голосові дані	0.1	150	10	64	0.25	0.15	0.02	0.297	0.195	0.036	2	2	4
Відео-конференція	0.8	100	20	2048	0.1	0.12	0.01	0.103	0.135	0.015	3	3	5
IPTV	1.5	1000	50	4096	0.04	0.03	0.05	0.012	0.008	0.002	4	7	7
Інтернет дані	0.1	1000	1000	2048	0.08	0.01	0.3	0.008	0.016	0.043	5	4	2
Інтерактивні дані	0.1	400	500	256	0.02	0.08	0.15	0.004	0.012	0.041	7	5	3
Медіа-запитом	0.05	500	30	10240	0.01	0.02	0.005	0.007	0.01	0.005	6	6	6
Сигналізація	0.01	100	1000	64	0.5	0.5	0.5	0.57	0.624	0.858	1	1	1

Відносний пріоритет для кожної категорії послуг розраховано за формулою (1):

$$P_{vpr_i} = \frac{(p_i \cdot Vp_i \cdot Pp + t_i \cdot Bt_i \cdot Pt + j_i \cdot Bj_i \cdot Pj + c_i \cdot Bc_i \cdot Pc) P_{викор_i}}{\sum_i (p_i \cdot Vp_i \cdot Pp + t_i \cdot Bt_i \cdot Pt + j_i \cdot Bj_i \cdot Pj + c_i \cdot Bc_i \cdot Pc) P_{викор_i}}, \quad (1)$$

де $P_{викор}$ – ймовірність використання послуги; Vp , Bt , Bj та Bc – коефіцієнти значимості послуг; Pp , Pt , Pj , Pc – відносні коефіцієнти значимості параметрів; j , t , c , p – відносно узагальнювальні коефіцієнти послуг.

Коефіцієнти Vp , Bt , Bj та Bc , що можуть приймати значення від 1 до 3, де вище значення означає більшу значимість певного параметра якості обслуговування для конкретної категорії сервісу.

Прогнозування розміру буфера та аналіз результатів моделювання

У роботі запропоновано використати метод імітаційного статистичного моделювання для генерації трафіку, характерного для мультисервісних мереж.

Вхідні умови: кількість генерованих пакетів 50 000, генерація тривалості пакетів визначалася з рекомендованих їх фіксованих розмірів для певної послуги (від 64 до 1500 байтів) із врахуванням ймовірності використання цієї послуги, яка визначена в методиці пріоритезації трафіку. Інтервали між пакетами задані випадково (розподілені за бронуівським законом з параметром Херста $H=0,7$)[2].

За кожний період 1 мс визначається інтенсивність надходження пакетів $\lambda = K_{\text{пак}}/1 \cdot 10^{-3}$. Як результат, отримуємо випадковий процес інтенсивності надходження пакетів у часі. За один крок моделювання в буфер надходить K пакетів. Інтенсивність обслуговування μ цих пакетів встановлено не меншою, ніж середня інтенсивність надходження пакетів за спостережуваний період часу. Відповідно в моменти коли інтенсивність надходження пакетів є більшою за інтенсивність обслуговування, то частина пакетів заноситиметься в буфер та обслуговуватиметься в порядку, визначеному за методикою пріоритетизації. Тривалість періоду спостереження визначається на основі визначення коефіцієнтів варіації та застосування методу автозупинки.

Коефіцієнт варіації першого порядку визначається як відношення середнього квадратичного відхилення інтенсивності надходження пакетів до математичного очікування цієї ж величини:

$$K_v^I = \frac{S_\lambda}{M_\lambda}, \quad (2)$$

У роботі запропоновано використовувати коефіцієнт варіації другого порядку, який характеризує осциляцію залежності коефіцієнта варіації першого порядку від тривалості моделювання. Цей коефіцієнт характеризує точність статистичного моделювання і достатність кількості проведених експериментів:

$$K_v^{II} = \frac{S_{K_v^I}}{M_{K_v^I}}, \quad (3)$$

У разі досягнення коефіцієнтом варіації другого порядку значення, близького до 1 %, вважають, що проведено достатню кількість експериментів для визначення розміру буфера системи розподілу мультисервісного трафіку з точністю, яка відповідає коефіцієнту варіації першого порядку.

На рис. 6–8 показано результати моделювання для трьох груп користувачів, особливу увагу потрібно звернути на гістограму розподілу пакетів, з якої бачимо, що кількість пакетів, що надійшли, залежить від потреб користувача. Для домашніх користувачів такими є (голос, IPTV, інтернет дані), офісних (голос, відео конференція, інтернет дані) та для групи центрів обробки даних (інтернет дані, інтерактивні дані, голос).

Таблиця 2

Результати моделювання

Група користувачів	Середня довжина пакету $L_{\text{ср}}$	Середня інтенсивність надходження λ	Інтенсивність обслуговування μ	Кількість пакетів в буфері N	Похибка буфера,	Об'єм буфера, що виділяється на 1 абонента b
	байт	пак/с	пак/с	пакети	%	кбайт
Група домашніх користувачів	230	11900	13000	92	36,5	21,16
Група офісних користувачів	250	11070	13000	53	35,1	13,25
Група центри обробки даних	210	12550	13000	275	25,2	57,75

Оскільки розмір оперативної пам'яті фемтосоти є фіксований і становить 64 Мбайти, то за рахунок заповнення її службовою інформацією та програмами керування, на буфер виділяється близько 50 % розміру оперативної пам'яті (32 Мбайти).

Група домашніх користувачів

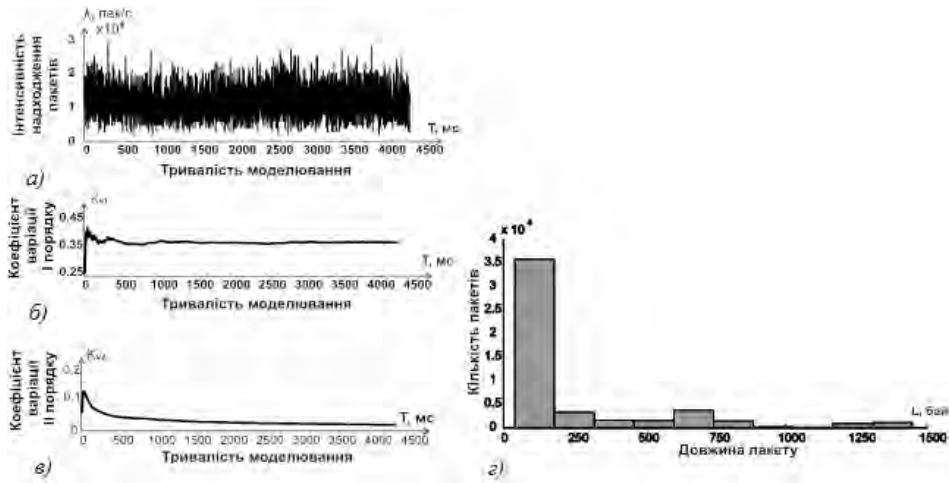


Рис.6. Профіль трафіку (а), коефіцієнт варіації першого порядку (б), коефіцієнт варіації другого порядку (в) та гістограма розподілу довжин (г)

Група офісних користувачів

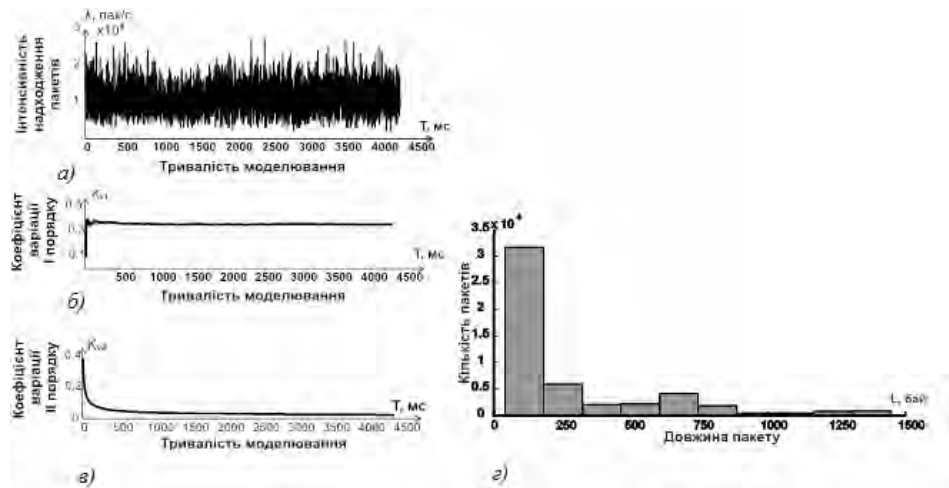


Рис.7. Профіль трафіку (а), коефіцієнт варіації першого порядку (б), коефіцієнт варіації другого порядку (в) та гістограма розподілу довжин (г)

Група центрів обробки даних

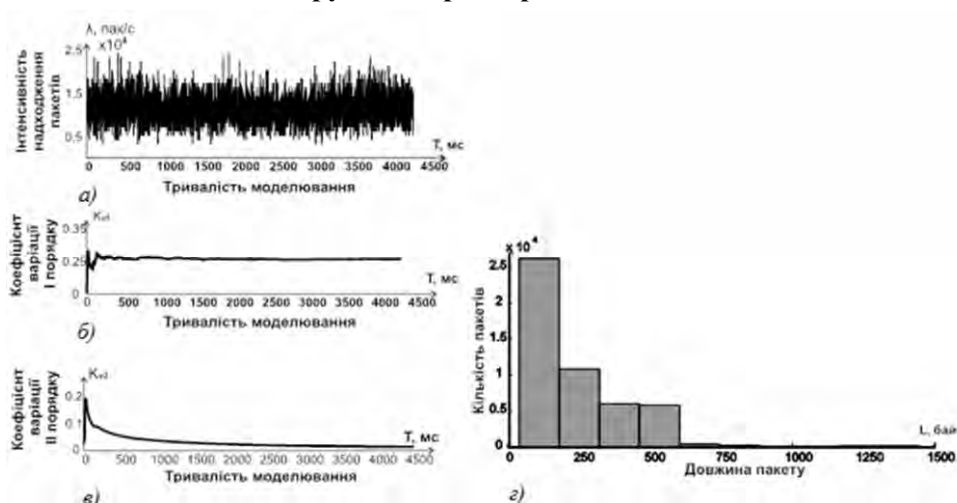


Рис.8. Профіль трафіку (а), коефіцієнт варіації першого порядку (б), коефіцієнт варіації другого порядку (в) та гістограма розподілу довжин (г)

Кількість пакетів в буфері визначається за формулою Полачека-Хінчина:

$$N = \frac{\lambda}{\mu} \cdot \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{\frac{H-0,5}{1-H}}}{\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)^{\frac{H}{1-H}}}, \quad (4)$$

Обсяг пам'яті буфера, що виділяється для одного абонента, визначається за формулою

$$b_i = Lc p_i \cdot N_i, \quad (5)$$

Кількість абонентів, що обслуговуватимуться фемтосотою,

$$K_{аб} = \frac{x_1 \cdot B}{b_1} + \frac{x_2 \cdot B}{b_2} + \frac{x_3 \cdot B}{b_3}, \quad (6)$$

де x_i – вагові коефіцієнти абонента i -ї групи; b_i – об'єм буфера, що виділяється на одного абонента; B – загальний розмір буфера.

Таблиця 3

Максимальна кількість абонентів, які можна обслужити фемтосотою

Група користувачів	Д* (100% пам'яті)	О* (100% пам'яті)	Ц* (100%)	Д+О* (по 50% пам'яті)	Д+Ц* (по 50% пам'яті)	О+Ц* (по 50% пам'яті)	Д+О+Ц* (по 33% пам'яті)
Максимальна кількість абонентів	1512	2415	554	756+1207	756+277	1207+277	504+805+184

* – за умови, що пам'ять буфера рівномірно розподіляється між групами користувачів

Висновки

Створення мультисервісної мережі на основі платформи IMS дасть змогу уніфікувати доступ для користувачів різних видів зв'язку. Удосконалено структуру фемтосоти як основного конвергентного пристрою для забезпечення послуги Triple Play. З використанням E-Abis (удосконалений Abis) досягається зменшення завантаженості магістрального каналу між BTS та BSC у шість разів за рахунок використання механізмів вибіркового відкидання пакетів (SPD) та технології ФАПЧ. Вдосконалено методику пріоритезації з урахуванням імовірності використання послуг пріоритетів для визначення порядку оброблення пакетів, що перебувають у загальній черзі. Розроблено імітаційну статистичну модель мультисервісного трафіку для планування технологічних ресурсів на рівні доступу конвергентної мережі та оцінки кількості одночасно під'єднаних абонентів до фемтосоти.

1. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания. – М.: Машиностроение, 1979. – 425 с.
2. Vegesna S. IP Quality of Service / Srinivas Vegesna. – Cisco Press. – 2001. – 368 с.
3. Крылов В.В., Самохвалова С.С. Теория телетрафика и ее приложения. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 288 с.
4. ITU-T Recommendation Y.1540/Y.1541. Network performance objectives for IP-based services. Geneva: International Telecommunication Union. [Електронний ресурс] – 2006. – Режим доступу: <http://www.itu.int/rec/dologin~type=items>.