

УДК 621.391

# ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ В КОНВЕРГЕНТНИХ МОБІЛЬНИХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВІ ПЛАТФОРМИ UMA-A



[М.М. КЛИМАШ](#), [М.І. БЕШЛЕЙ](#), [Б.М. СТРИХАЛЮК](#),  
[О.А. ЛАВРІВ](#), [Г.В. ХОЛЯВКА](#)

Національний університет  
«Львівська політехніка»

**Abstract** – In this paper the possibility of increasing quality of service for mobile operator based on using of Unlicensed Mobile Access – Advanced (UMA-A) technology has been substantiated. It has been proposed a new way of increasing the efficiency of resources allocation of convergent network. The use of UMA-A allows releasing part of the radio channel resources in the places where overloads are observed. It has been developed an original software product which allows optimization of network infrastructure of mobile operator by redistribution of network resources when implementing and developing in it elements of NGN technologies for common deployment of infocommunication network. Also it has been increased quality of service for mobile users by distributed services in mobile systems of second, third and fourth generation using the proposed method of evaluation of the Wi-Fi channel load and dynamic reservation of throughput capacity for end users in the process of networks integration.

**Анотація** – Обґрунтовано можливість підвищення якості надання послуг мобільного оператора за рахунок використання технології Unlicensed Mobile Access – Advanced (UMA-A). Запропоновано новий спосіб підвищення ефективності розподілу ресурсів конвергентної мережі. Використання технології UMA-A дозволяє звільнити частину радіоканальних ресурсів у місцях, де спостерігаються перевантаження. Розроблено оригінальний програмний продукт, який дозволяє здійснити оптимізацію мережної інфраструктури мобільного оператора, шляхом перерозподілу мережних ресурсів при впровадженні і розвитку в ній елементів NGN-технологій для спільного розгортання інфокомунікаційної мережі. А також підвищено якість обслуговування мобільних абонентів розподіленими сервісами в системах мобільного зв'язку другого, третього та четвертого поколінь із застосуванням запропонованого методу оцінки завантаженості Wi-Fi каналу та динамічного резервування пропускної здатності для кінцевих користувачів у процесі інтеграції мереж.

**Аннотация** – Обоснована возможность повышения качества предоставления услуг мобильного оператора за счет использования технологии Unlicensed Mobile Access – Advanced (UMA-A). Предложен новый способ повышения эффективности распределения ресурсов конвергентной сети. Использование технологии UMA -A позволит освободить часть радиоканальных ресурсов в местах, где наблюдаются перегрузки. Разработан оригинальный программный продукт, который позволяет осуществить оптимизацию сетевой инфраструктуры мобильного оператора, путем перераспределения сетевых ресурсов при внедрении и развитии в ней элементов NGN - технологий для совместного развертывания инфокоммуникационной сети. А также повышено качество обслуживания мобильных абонентов распределенными сервисами в системах мобильной связи второго, третьего и четвертого поколений с применением предложенного метода оценки загрузки каналов Wi-Fi канала и динамического резервирования пропускной способности для конечных пользователей в процессе интеграции сетей.

## Вступ

Процес конвергенції телекомунікаційних мереж формує потребу у наданні інфокомунікаційних послуг незалежно від способів абонентського доступу. Обмежені можливості мереж доступу GSM є стримуючим чинником на шляху впровадження нових сервісів. З іншого боку, нарощування масової частки інфокомунікаційних послуг може негативно позначитися на показниках якості обслуговування запитів базових служб існуючих мереж зв'язку. Перераховані чинники обумовлюють необхідність врахування впливу інфокомунікаційних послуг у процесі планування напрямів модернізації телекомунікаційних мереж (ТКМ).

ТКМ, що використовують радіоканал як засіб доступу кінцевого користувача до послуг мережі, переживають етап бурхливого розвитку і широкого застосування. Напрямок розвитку, що намітився, отримав назву NGN-технології [1]. Вона має всі ознаки уніфікації методів і засобів, що існують, і тих, що створюються, в єдину інтегровану структуру. 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. Конвергентний шлях розвитку телекомунікаційних мереж вважається єдиним прагматично обґрунтованим напрямом для операторів, які мають сформований ринок користувачів. Проте він вимагає зважених рішень з тим, щоб набуваючи нових можливостей за рахунок перетворень, не нашкодити існуючому ринку.

Для надання мультимедійної послуги в реальному часі з гарантованою якістю необхідно згрупувати 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 досі залишається відкритим і вимагає подальшого дослідження. У ряді публікацій [1] пропонується платформа, що підтримує обслуговування мультимедійного трафіка в реальному часі між кінцевими користувачами. Для гарантування QoS встановлюють QoS-гарантований шлях між вузлами мережі для встановленого сеансу SDP/SIP. Дана платформа може використатися як на існуючих IP мережах, так і в безпроводових конвергентних мережах майбутнього.

Актуальність проблематики впливає з того, що конвергенція дає можливість ефективного використання існуючих каналних ресурсів. Вартість частотного каналу Wi-Fi нижча, ніж ресурсів мережі GSM/WCDMA/LTE, тому використання цієї технології у поєднанні з комірковими мережами дає змогу знизити собівартість послуг зв'язку, які надаються клієнтові оператора телекомунікацій.

Завдання побудови і вдосконалення конвергентної мережі в реальних умовах ускладнюється обмеженістю ресурсів GSM, зниженням надійності надання послуг в умовах перевантаження радіоканалів, слабкою пристосованістю GSM-технології для передавання 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 безпроводового широкосмугового доступу проявився доволі 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 здатні 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.

Все вищевикладене визначає актуальність теми запропонованого дослідження та його мету – оптимізацію мережної інфраструктури мобільного оператора GSM шляхом перерозподілу мережних ресурсів у процесі впровадження і розвитку в ній елементів NGN-технологій для спільного розгортання інфокомунікаційної мережі.

Однією з основних тенденцій, яка у світовому масштабі впливає на всі інформаційні та комунікаційні інститути, є перехід до використання cloud-технологій [2], які передбачають використання розподіленої системи пристроїв та обчислювальних ресурсів як пулу для надання сервісу багатьом користувачам одночасно. Така cloud-система має потужну обчислювальну інфраструктуру, в основі якої лежить надшвидкісна мережа. Завдяки динамічному середовищу cloud-системи, спільне використання ресурсів стало зручним та економічно вигідним. Cloud-системи використовуються як платформи для створення будь-якого сервісу. При використанні Cloud технологій кінцевому користувачу не потрібно турбуватися про апаратне та програмне середовище для надання необхідних ресурсів мережі або певних Cloud сервісів (паралельні обчислення, зберігання даних), йому достатньо тільки мати підключення до Інтернету із кінцевого терміналу (планшет, смартфон, ноутбук).

З появою інформаційних систем на основі сервісно-орієнтованої архітектури та концепції cloud виникла велика кількість нових сервісів. Кожен сервіс генерує потоки даних з особливими параметрами. При цьому кожен сервіс має свої вимоги до якості обслуговування, які диктують мережі, яким чином обслуговувати потоки трафіку того чи іншого додатку [3]. Звідси виникає проблема класифікації трафіка в умовах, коли різноманітність сервісів постійно розширюється. А, отже, управління якістю обслуговування окремого класу трафіка в мережі не може забезпечити належного рівня обслуговування окремого абонента в концепції повсюдного комп'ютингу [4]. Тому впровадження нових методів керування трафіком у телекомунікаційних мережах для динамічного управління якістю потоків даних окремих користувачів з метою надання інфокомунікаційних послуг на базі хмарних обчислень є актуальною науковою задачею.

## **I. Концепція побудови конвергентної телекомунікаційної мережі**

З появою концепції NGN 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. UMA – це розроблений низкою провідних компаній-виробників та операторів стандарт абонентського доступу до сервісів мереж мобільного зв'язку за допомогою різного роду IP-мереж, в тому числі через Інтернет [3]. Спочатку стандарт створювався для підключення до коміркових мереж за допомогою технології Wi-Fi (насамперед, для дво-режимних мобільних терміналів за допомогою Wi-Fi). Тому спочатку абревіатура UMA розшифровувалася як Unlicensed Mobile Access – неліцензований мобільний доступ. Однак, оскільки технологія ця набула більш широкого застосування, в статті запропоновано називати Unlicensed Mobile Access-Advanced – вдосконалений універ-

сальний мобільний доступ за рахунок використання контролера, який здійснюватиме інтеграцію мереж Wi-Fi з різними поколіннями мереж мобільного зв'язку. Технологія UMA дає можливість використання широкосмутового безпроводового Інтернет-з'єднання (Wi-Fi) для мобільного телефонного зв'язку. Це стосується голосових викликів, мобільного Інтернету, електронної пошти, MMS, SMS та будь-яких інших мобільних послуг, для яких необхідне підключення до існуючих мобільних мереж. Дворежимний абонентський термінал сам визначає можливість отримання послуг через одну з мереж (GSM/WCDMA/LTE/Wi-Fi), при цьому пріоритет надається мережі, котра забезпечує вищий рівень якості надання послуг, а її вибір здійснюють контролер у Wi-Fi мережі і контролер базових станцій в оператора мобільного зв'язку. Wi-Fi точки доступу ввімкнені до існуючої транспортної IP-мережі, що використовується для транспортування пакетів EDGE. Ця IP-мережа під'єднується до UMA контролера Network Controller (UNC), який, 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 пакування та кодування голосу при роумінгу Wi-Fi/GSM та розпакування і декодування при зворотній передачі.

Контролер UNC підключається до одного MSC і до вузла SGSN по інтерфейсах A і Gb відповідно. Як показано вище, функції UNC еквівалентні функціям, що виконуються контролером базових станцій мережі коміркового зв'язку. Контролер підключається до точки доступу WLAN через транспортне сполучення IP. З мобільною станцією контролер UNC взаємодіє через інтерфейс Uр, який функціонує через транспортну мережу IP і здійснює перенесення сигналізації GSM/WCDMA/LTE між опорною мережею і мобільною станцією. Протокольні дані мобільних мереж переносяться прозоро між мобільною станцією і MSC. Це забезпечує мобільній станції в мережі WLAN доступ до всіх послуг мережі GSM, які їй можуть бути доступні у підсистемі базових станцій мережі GSM. Функціонування такої конвергентної мережі представлено на рис. 1.

Слід також зазначити, що під час дзвінків всередині Wi-Fi пакети не залишають IP-мережі, а під час викликів у межах GSM/WCDMA/LTE як транспортна використовується існуюча транспортна мережа оператора.

## **II. Реалізація хендовера у процесі інтеграції мереж GSM/WCDMA/LTE і безпроводової Wi-Fi мережі**

Реалізація хендовера у процесі інтеграції мереж GSM/WCDMA/LTE і безпроводової Wi-Fi мережі здійснюється наступним чином:

- мобільний абонент з дворежимним терміналом UMA потрапляє в зону дії мережі неліцензованого безпроводового доступу, з якою цей термінал UMA взаємодіє;

## Архітектура UMA-A

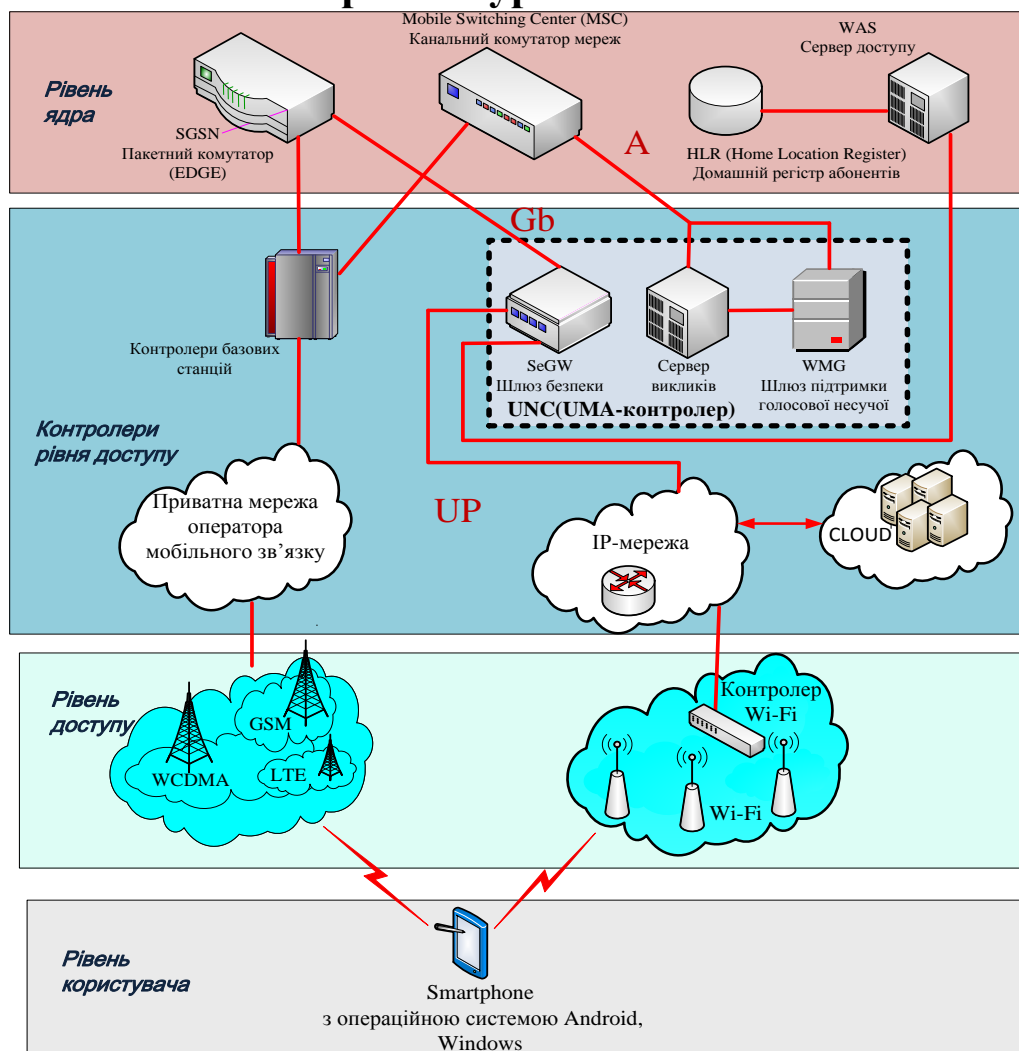


Рис. 1. Архітектура побудованої конвергентної мережі на базі технології UMA-A

- після підключення терміналу UMA до точки доступу він зв'язується з контролером UNC по транспортній IP-мережі загального користування для автентифікації, авторизації і доступу до послуг мобільного зв'язку по безпроводовій мережі нелицензованого доступу;
- у разі успішної авторизації відбувається оновлення інформації про місцезнаходження абонента, яка зберігається в опорній мережі;
- залежно від конфігурації терміналу UMA мобільний зв'язок встановлюється або з нелицензованою мобільною мережею доступу UMA або з мережею GSM /WCDMA/LTE;
- коли абонент UMA виходить із зони покриття мережі нелицензованого безпроводового доступу, до якої він підключений, UNC і термінал UMA забезпечують роумінг з ліцензованою мобільною мережею. Цей процес відбувається автоматично і непомітно для користувача;

• якщо абонент встановив активне з'єднання GSM або LTE і, не перериваючи його, увійшов в зону покриття (або вийшов із зони покриття) неліцензованої безпроводової мережі, поточне з'єднання автоматично перемикається на іншу мережу без переривання послуги. Хендовер відбувається непомітно для користувача.

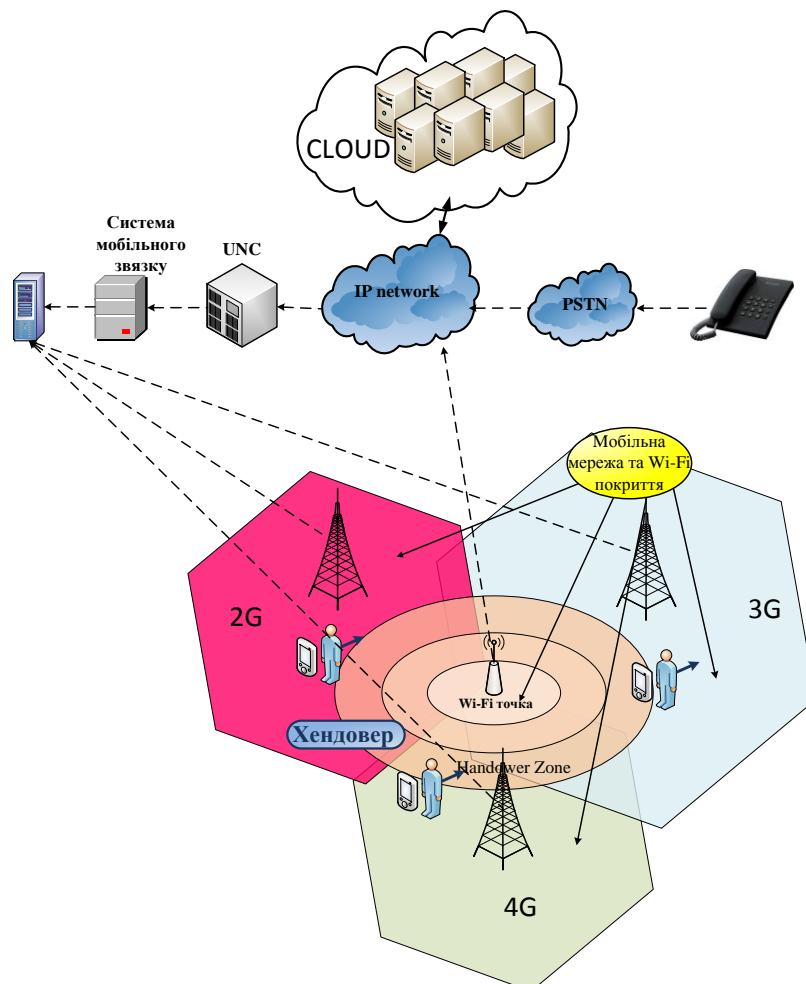


Рис. 2. Перехід абонента з GSM/WCDMA/LTE у Wi-Fi покриття (хендовер)

На рис. 2 розглянуто сценарій переходу абонента з покриття мереж 2G, 3G та 4G до Wi-Fi мережі. Як видно, механізм хендоверу дає змогу підтримати з'єднання під час переходу з однієї зони обслуговування в іншу та не принесе абоненту жодних порушень якості обслуговування.

Для вирішення проблеми перевантаження мереж мобільного зв'язку різних поколінь, що пов'язані зі скупченням численних абонентів на обмеженій території, варіант конвергенції UMA технології є більш ефективним порівняно з використанням мікрокомірок, 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/WCDMA/LTE.

Технологія UMA дає можливість 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 номера 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). Зазначимо, що розгорнуті під UMA Wi-Fi мережі, можуть додатково використовуватися і для надання інших різноманітних послуг на стадіонах (для перегляду повторів, статистики матчів), у готелях (для замовлення сніданків, зв'язку з персоналом), аеропортах (перегляд розкладу літаків, передача службової інформації персоналом), тощо.

### III. Підвищення якості обслуговування в системах мобільного зв'язку на основі вдосконаленої UMA-A архітектури

У роботі досліджено та вирішено задачу обслуговування викликів із належною якістю у випадку концентрації надмірного навантаження в комірці GSM. Для наочного прикладу розглянуто базову станцію, яка знаходиться у центрі міста Львова (рис. 3), що характеризується можливістю значного зростання навантаження на обслуговуючі пристрої (наприклад, Новий Рік, концерти, мітинги). В проведеному дослідженні територія покривалась 3-секторними комірками радіусами  $R = 0,362$  м з ансамблем  $N = 7$ . Кількість користувачів, що припадає на одну комірку в результаті рівномірного розподілення населення дорівнює  $K_{корком} = 720$ , відповідно на один сектор припадає 240 користувачів. Навантаження, яке створюється абонентами на комірку  $A_{корком} = 24$  Ерл. Навантаження, яке створюється одним абонентом,  $A_{корком1} = 0,033$  Ерл. В результаті розрахунків встановлено, що за такого проектування дана комірка з 24 обслуговуючими пристроями не забезпечить задану якість обслуговування з допустимою ймовірністю втрат  $P_{доп} = 0,02$ . Тому пропонується використати 6-ти секторні антени з 48 обслуговуючими пристроями для обслуговування даного навантаження, проте з графіка бачимо (рис. 4), що їх достатньо лише для навантаження не більше 40 Ерл, оскільки за переходу цієї межі спостерігатимуться втрати і відмови у викликах.

З вищенаведеного бачимо необхідність у використанні додаткових частот, але, оскільки це викликає додаткові значні витрати, пропонується для вирішення проблеми перевантаження GSM мереж, що пов'язана з концентрацією абонентів на обмеженій території, варіант конвергенції UMA технології, який є більш ефективним порівняно з використанням мікрокомірок, оскільки, по-перше, не вимагає від оператора перегляду існуючого частотного планування, а по-друге, є у декілька разів дешевшим за встановлення базової станції.

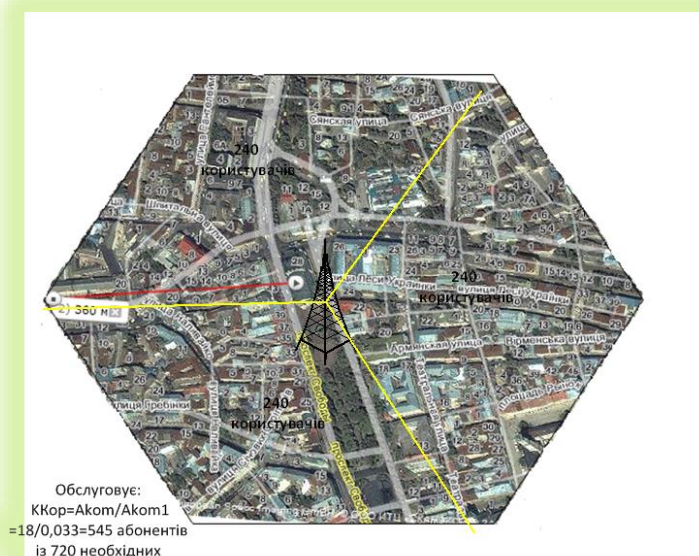


Рис. 3. Базова станція із 3-х секторними антенами

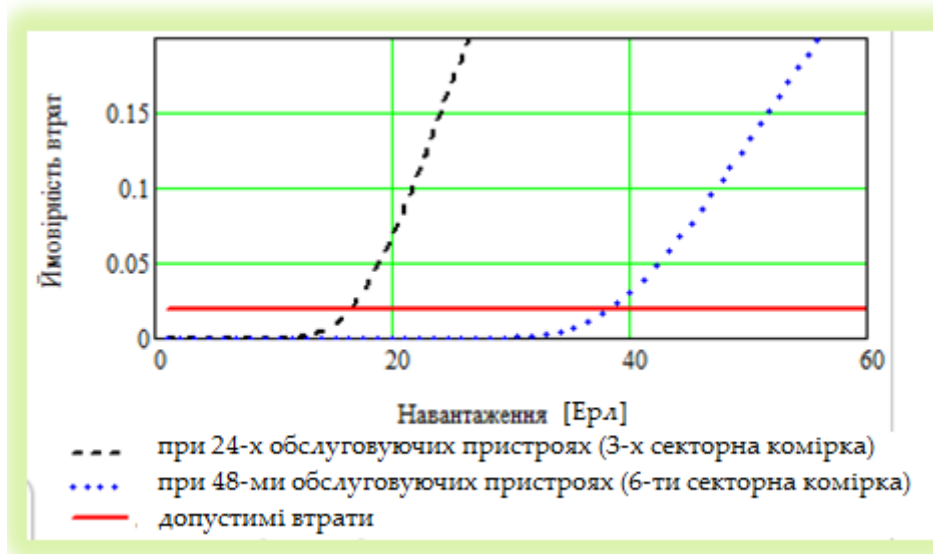


Рис. 4. Аналіз залежності ймовірності втрат від створюваного навантаження на комірку

Розглянемо ситуацію, коли загальний радіотрафік на комірку буде більшим за 40 Ерл. Тобто кількість користувачів збільшуватиметься до 1500, і тоді спостерігатимуться втрати і за використання 6-ти секторних антен. Виходячи із таких обмежень, пропонуємо встановлювати безпроводові Wi-Fi точки у таких місцях. Дослідимо, яка частина навантаження перейде на обслуговування точки і в скільки разів ми можемо розвантажити комірку. Нехай максимальний радіус дії Wi-Fi точки становить 100 м у випадку її використання на відкритій місцевості, і всі абоненти, які знаходяться в зоні покриття, автоматично переключатимуться на VOIP через UMA-A технологію.



Площа комірки дорівнює  $S_{\text{ком}} = 0,341 \text{ км}^2$ , площа покриття Wi-Fi точки  $S_t = 0,0314 \text{ км}^2$ . За рівномірного розподілу населення на 1/3 площі комірки припадає 404 користувачі; поставивши точки між секторами та склавши пропорції по населенню визначено, що в зоні покриття точки знаходиться 112 користувачів (рис. 5).

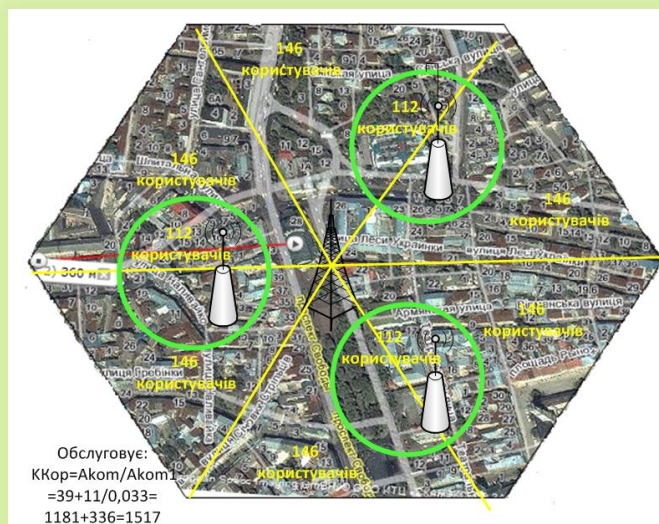


Рис. 5. Базова станція із 6-ти секторними антенами та трьома Wi-Fi точками

В результаті встановлення Wi-Fi точок, розвантажуюємо комірку до 1/3 частини від максимально можливого навантаження, тобто  $336 \cdot 0,033 = 11,04 \text{ Ерл}$  від загального навантаження  $39 \text{ Ерл}$ , для більш якісного обслуговування абонентів (рис. 6). Встановлення Wi-Fi точок у комірни GSM дає змогу підвищити величину обслуговуваного навантаження в комірни, або ж досягти зменшення імовірності втрат за незмінного навантаження. В результаті конвергенції мереж однією коміркою можна обслужити одночасно до 1548 користувачів.

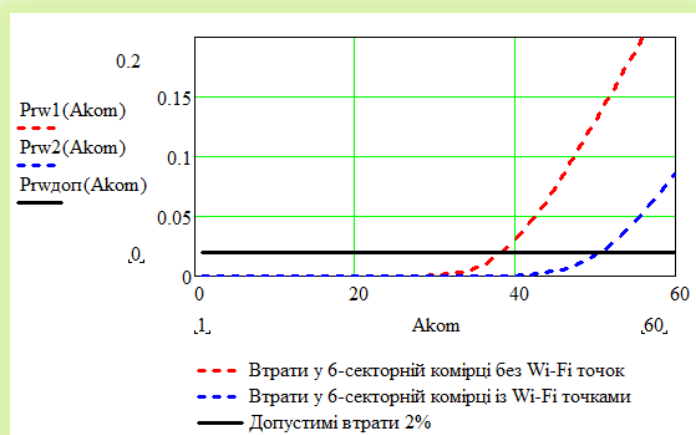


Рис. 6. Виграш в результаті інтеграції GSM/Wi-Fi технології у процесі побудови інфокомунікаційної UMA мережі

#### IV. Метод ефективного динамічного розподілення пропускної здатності фізичного каналу

Ресурси фізичного каналу як проводового, так і безпроводового з пропускною здатністю  $C_{\Sigma}$  (у нашому випадку 100 Мбіт/с), завжди є обмеженими. Для створення нових механізмів управління ресурсами пропускною здатністю Wi-Fi каналу необхідно проаналізувати існуючий метод. Отже, у фізичному каналі організовано декілька логічних (розглянемо три логічних (віртуальних)) канали (VC – віртуальні канали), виділені для певних Wi-Fi абонентів зі статично заданими пропускними здатностями  $C_1$  і  $C_n$  відповідно від загальної  $C_{\Sigma}$ , причому значення  $C_1 = C_2 = C_n = \frac{C_{\Sigma}}{n}$ , отже, за звичайного доступу до Wi-Fi точки  $N$ -ю кількістю користувачів певним потокам трафіка виділяється пропускна здатність

$$C_{1,2,n} = \frac{C_{\Sigma}}{N}, \quad (1)$$

причому  $C_{\Sigma} = C_1 + C_2 + C_3$  (див. рис. 7).

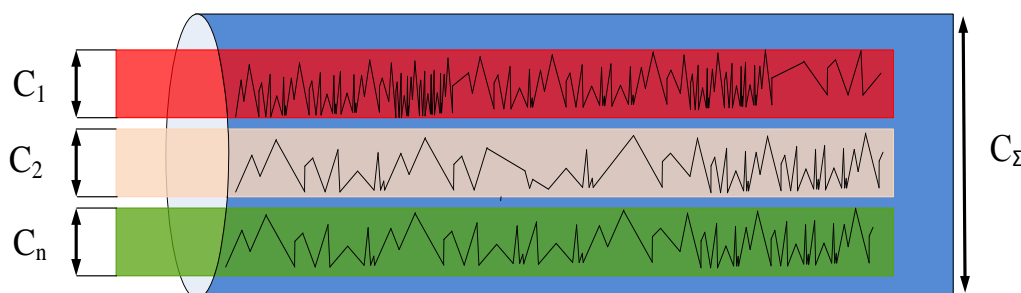


Рис. 7. Статичний розподіл пропускної здатності фізичного каналу між трьома логічними

У першому з них передається інформація реального часу, чутлива до затримок і втрат (для систем відеоконференцзв'язку), в другому і третьому – другорядна інформація (дані, WEB, FTP та інформація, яка не чутлива до затримок і втрат).

Виникає завдання найбільш ефективного способу розділення загальної пропускної здатності  $C_{\Sigma}$  фізичного каналу між трьома логічними. Оскільки в першому віртуальному каналі передається критична до втрат інформація, необхідно збільшувати пропускну здатність  $C_1$  цього каналу (рис. 8). Однак при цьому зменшується ефективність його використання і доступна пропускна здатність для другого каналу. В результаті ресурси фізичного каналу витрачаються неефективно.

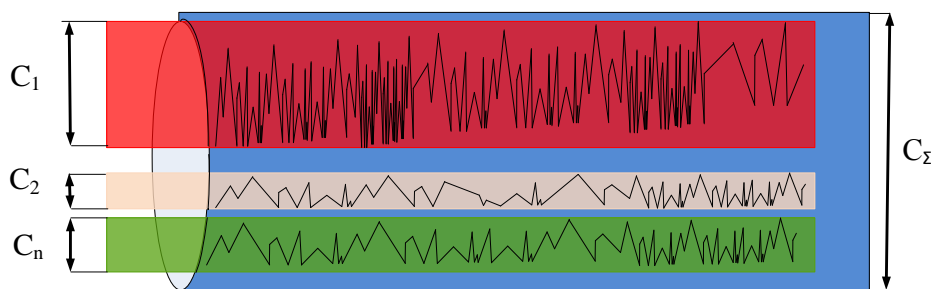


Рис. 8. Динамічний розподіл пропускної здатності каналу між трьома логічними

Набагато більші можливості в цьому випадку може запропонувати схема з динамічним управлінням пропускною здатністю каналу з наданням необхідних мережних ресурсів з метою забезпечення якості обслуговування в інфокомунікаційній Wi-Fi/GSM/WCDMA/LTE мережі (рис. 9)

$$C_1 = C_{\Sigma} - C_{n-1} - C_n. \quad (2)$$

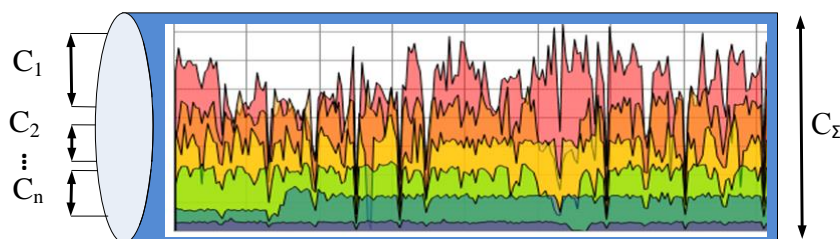


Рис. 9. Динамічний розподіл пропускної здатності фізичного каналу між декількома логічними в певний момент часу

Отже, при динамічному розподілі пропускної здатності до настання моменту часу  $t$  система виділяє для першого сервісу необхідний ресурс пропускної здатності для забезпечення QoS, розподіливши при цьому другому і третьому каналу всю решту доступну пропускну здатність

$$C_{[1,t]} = C_{\Sigma} - C_{[n-1,t]} - C_{[n,t]}. \quad (3)$$

Як можна бачити з рис. 9, принцип динамічного управління пропускною здатністю в даному прикладі збільшує ефективність використання пропускної здатності в першому каналі і надає більше ресурсів для другого і третього каналів. За підсумками досліджень розроблено оригінальний програмний продукт, який дає змогу практично здійснювати оптимізацію конвергентної мережі із застосуванням запропонованого критерію оцінки завантаженості Wi-Fi каналу за інтеграції технологій Wi-Fi/GSM/WCDMA/LTE на основі динамічного керування пропускною здатністю.

Блок-схему імітаційної моделі динамічного розподілу та резервування пропускної здатності фізичного каналу між декількома логічними в певний момент часу для надання інфокомунікаційних послуг наведено на рис. 10.

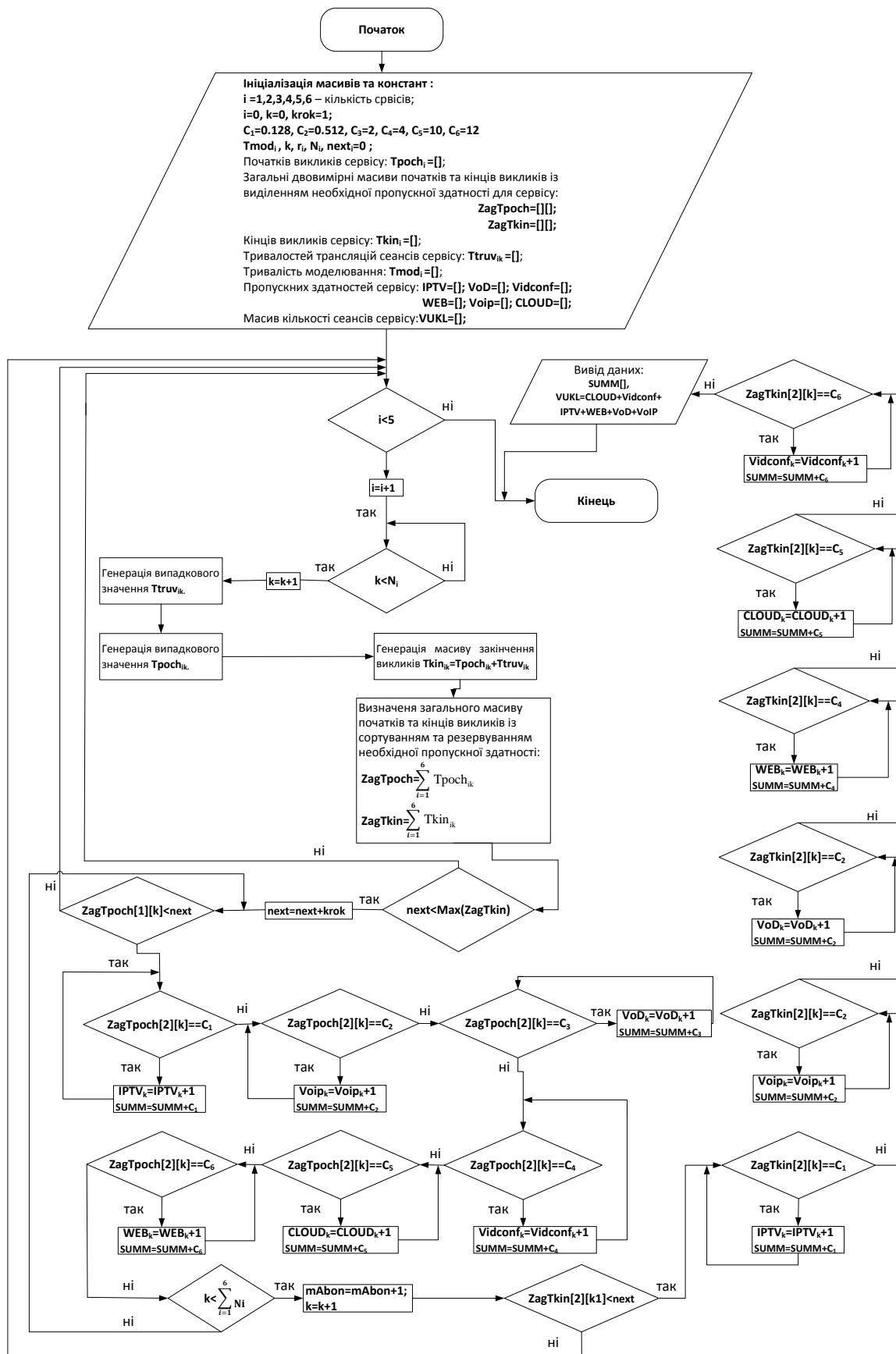


Рис. 10. Блок-схема імітаційної моделі динамічного розподілу та резервування пропускну здатності фізичного каналу між декількома логічними в певний момент часу

Спочатку відбувається ініціалізація констант та масивів, де  $i$  – кількість сервісів конвергентної мережі, які підтримуються точкою доступу [6]. Наприклад,  $i=6$  (IPTV, VoIP, VoD, WEB, Відеоконференція, Cloud послуги); необхідна пропускна здатність каналу для забезпечення якісного надання послуг мобільним абонентам  $C_i$ :  $C_1(IPTV) = 10$  Мбіт/с,  $C_2(VoIP) = 128$  Мбіт/с,  $C_3(VoD) = 4$  Мбіт/с,  $C_4(WEB) = 0,512$  Мбіт/с,  $C_6(Cloud) = 12$  Мбіт/с,  $C_5(Відеоконференція) = 2$  Мбіт/с, оголошення змінних: тривалості моделювання  $i$ -го сервісу  $T_{mod_i}$ ;  $N_i$  – кількість трансляцій сервісу протягом часу моделювання для кожної із послуг;  $k$  – порядковий номер трансляції сервісу; оголошення масивів: моментів початків викликів  $i$ -го сервісу  $T_{poch_i}$ ; моментів кінців викликів  $i$ -го сервісу  $T_{kin_{ik}} = T_{poch_{ki}} + T_{truv_{ik}}$ ; тривалостей трансляцій сеансів сервісу  $T_{truv_{ik}}$ , згенерованих випадковим чином з нормальним законом розподілу; загальні двовимірні масиви початків та кінців викликів із виділенням необхідної пропускної здатності для сервісу:  $ZagT_{poch} = \square\square$ ;  $ZagT_{kin} = \square\square$ ; пропускних здатностей сервісу:  $IPTV = \square$ ;  $VoIP = \square$ ;  $VoD = \square$ ;  $WEB = \square$ ;  $Cloud = \square$ ;  $Vidconf = \square$ ;  $Vidconf = \square$ ; масиву кількості сеансів сервісу  $VUKL = \square$ .

Результати моделювання показано на рис. 11.

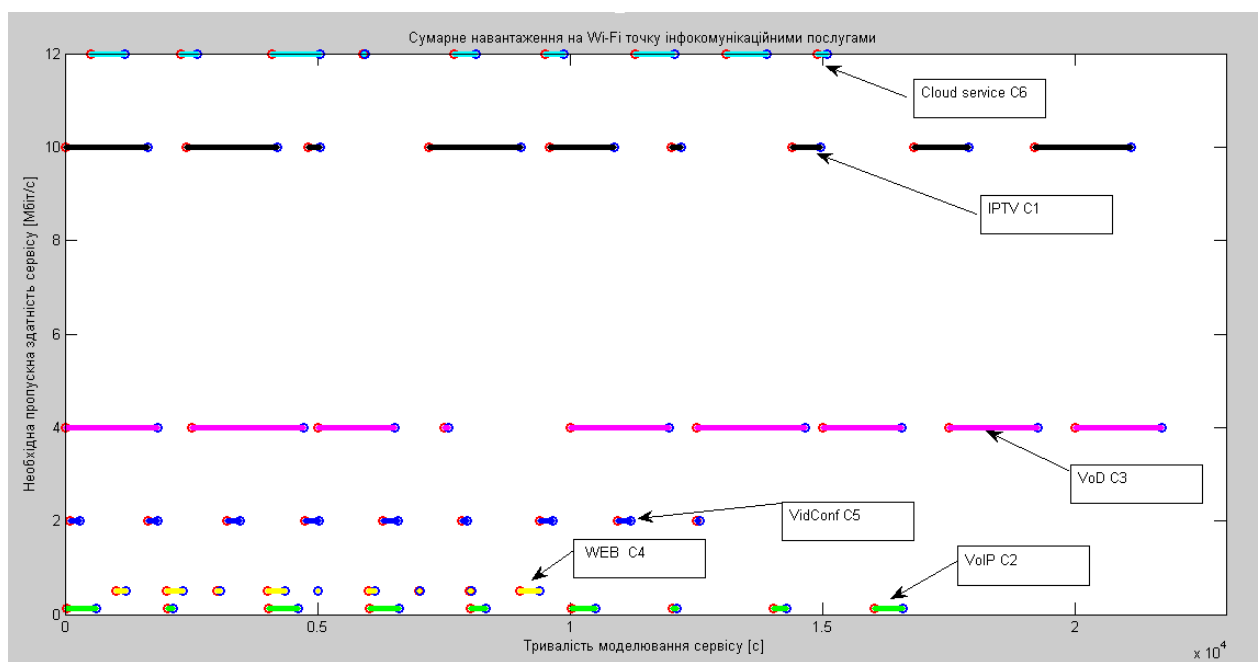


Рис. 11. Часова діаграма сеансів користування інфокомунікаційними послугами одним абонентом

Як показано на рис. 11, тривалості сесій інфокомунікаційних послуг в процесі трансляції сервісів одним абонентом протягом 6 годин є випадковими величинами; при цьому вважаємо, що на тривалість сесії необхідно зарезервувати пропускну здатність, яка потрібна конкретному сервісу для забезпечення QoS у процесі доступу до

Wi-Fi точки. На рис. 12 відображено динаміку зміни зарезервованої пропускної здатності для забезпечення QoS протягом тривалості моделювання при доступі до Wi-Fi точки абонента, який користується декількома послугами. Як бачимо, у випадку користування різнорідними сервісами максимальна пропускна здатність, яку необхідно для нього зарезервувати, становить 27 Мбіт/с, забезпечуючи належний рівень QoS та не використовуючи всю доступну пропускну здатність Wi-Fi каналу, надану провайдером мережі. В нашому випадку, максимальна пропускна здатність становить 100 Мбіт/с, проте для загального користування виділяється лише 88 Мбіт/с, резервуючи решту 12 Мбіт/с для сигналізаційних даних та механізмів управління Wi-Fi доступу.

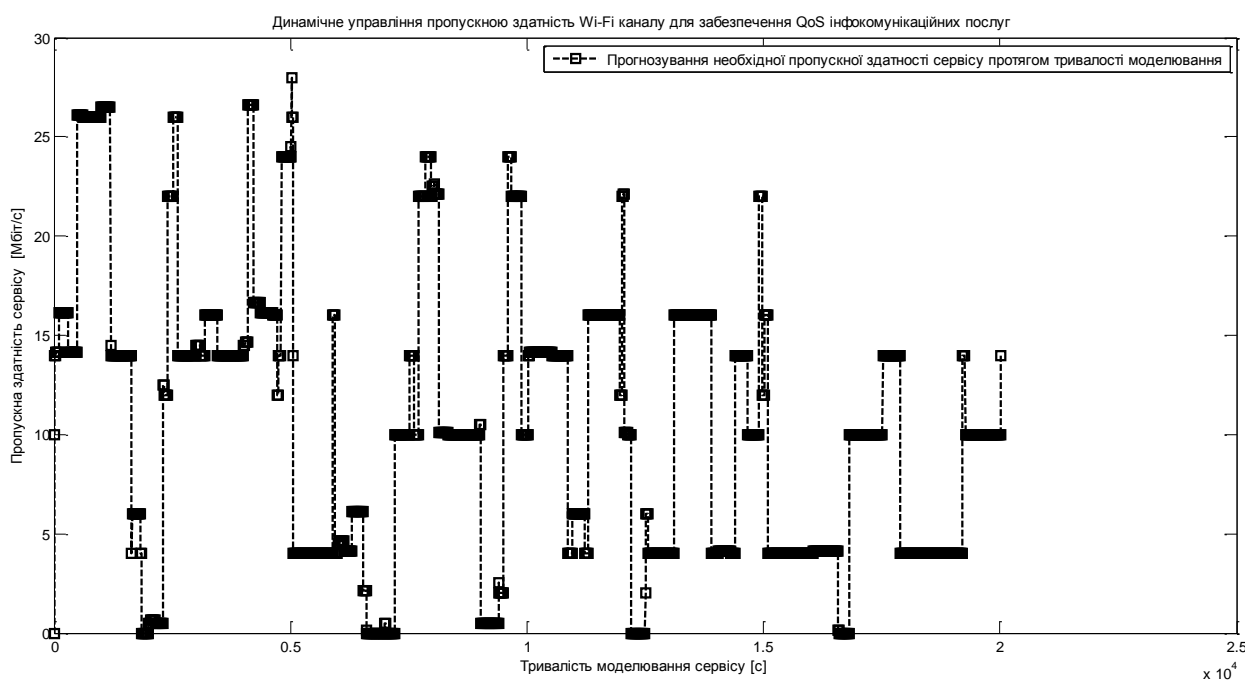


Рис. 12. Динамічне управління пропускною здатністю каналу для забезпечення QoS

На рис. 13 та 14 показано результати резервування пропускної здатності для 4-х абонентів та кількість трансляцій сервісів протягом тривалості моделювання створюваними ними, які користуються обраною множиною інфокомунікаційних послуг. З графіка бачимо, що в деякі моменти часу є відмова в обслуговуванні. Для вирішення цієї проблеми пропонується послуги голосових викликів переводити на мережу оператора мобільного зв'язку, оскільки в даний момент часу рівень QoS може бути набагато вищий, ніж в IP-орієнтованих мережах. Але у процесі розвантаження мобільних мереж засобами технології UMA-A з'являється наступна проблема – забезпечення параметрів QoS для різних послуг при передаванні трафіка через IP-мережу. Wi-Fi точки доступу будуть вмикатися до існуючої IP-мережі оператора, що зараз використовується для транспортування пакетів EDGE. При цьому можуть виникнути проблеми з забезпеченням затримки пакетів VoIP.

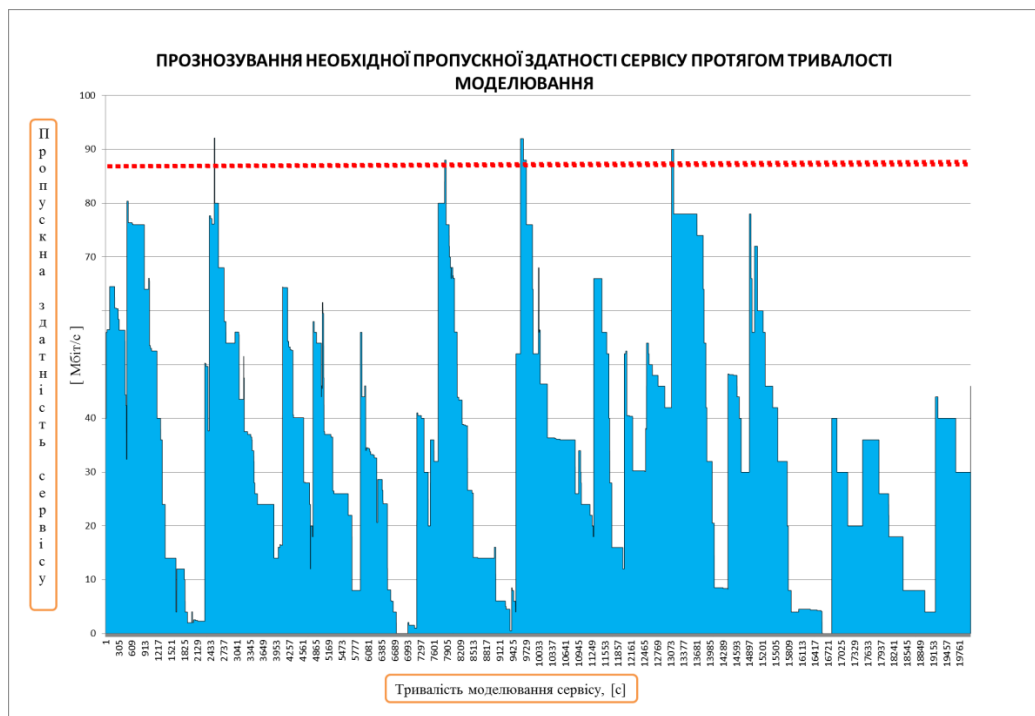


Рис. 13. Резервування необхідної пропускної здатності сервісу протягом тривалості моделювання для 4-х абонентів

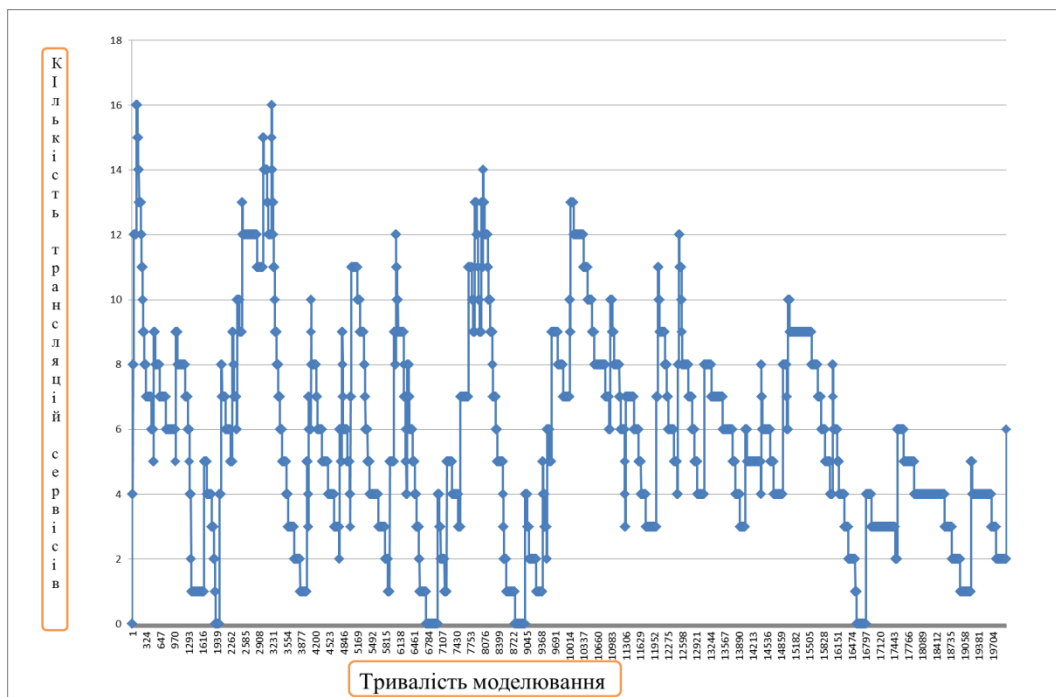


Рис. 14. Кількість трансляцій сервісів протягом тривалості моделювання для 4-х абонентів

Одним з шляхів усунення зазначеного недоліку в рамках існуючої IP-мережі є розробка та впровадження нових методів прогнозування навантаження на елементи мережі, а також реалізація динамічного управління ресурсами IP-мережі [7-11], що вважаємо напрямом подальших досліджень. Для розроблення таких методів необхідно враховувати властивості реального мережного трафіка.

## Висновки

Обґрунтовано можливість підвищення якості надання послуг мобільного оператора за рахунок використання технології UMA-A. Запропоновано новий спосіб підвищення ефективності розподілу ресурсів конвергентної мережі. Використання технології UMA дозволить звільнити частину радіоканальних ресурсів у місцях, де спостерігаються перевантаження. Досліджено, що в результаті встановлення трьох Wi-Fi точок досягається зменшення завантаженості комірки мобільної мережі на третину. В результаті конвергенції мереж однією коміркою забезпечується обслуговування одночасно до 1548 користувачів.

Розроблено оригінальний програмний продукт, який дозволяє практично здійснювати оптимізацію конвергентної мережі із застосуванням запропонованого критерію оцінки завантаженості Wi-Fi каналу та динамічного резервування пропускної здатності для кінцевих користувачів у процесі інтеграції технології Wi-Fi з мережами оператора мобільного зв'язку різних поколінь. Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що запропоновано шляхи оптимізації структури і параметрів конвергентної Wi-Fi/GSM/WCDMA/LTE мережі.

## Список літератури:

1. Лемешко А.В., Стерин В.Л. Динамическая модель структурно-функционального синтеза транспортной ТКС [Электронный ресурс] // Проблемы телекоммуникаций. – 2011. – № 3 (5). – С. 8 – 17. – Режим доступа к журн.: [http://pt.journal.kh.ua/2011/3/1/113\\_lemeshko\\_synthesis.pdf](http://pt.journal.kh.ua/2011/3/1/113_lemeshko_synthesis.pdf).
2. Klymash M., Lavriv O., Buhil B. Service-oriented Resource Planning for Multiservice IP Networks. International Workshop «Computational Problems of Electrical Engineering» (CPEE'12) Vol. 2, №1. – Lviv. –2012. – P. 59-63.
3. Соловьёв М.С. Механізми забезпечення якості в конвергентних Wi-Fi/GSM мережах // Матеріали III Международной научно-технической конференции «Проблемы телекоммуникаций». – Киев: НТУУ «КПИ», 2009. – С. 57.
4. Климаш М.М., Лаврив О.А., Бугиль Б.А.. Вплив властивостей трафіку на параметри якості обслуговування вузла мультисервісної мережі // 4-й Международный радиоэлектронный форум "Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития" МРФ-2011. Сборник научных трудов. Том II. Международная конференция "Телекоммуникационные системы и технологии". – Харьков: АНПРЭ, ХНУРЭ, 2011. – С. 315-318.
5. Klymash M., Beshley M., Lavriv O. Model of network resources management on the basis of services priorities association // Proceedings of international conference CADSM'2013. – Polyana-Svalyava, 2013. – P. 172-173.



6. *Klymash M., Beshley M., Koval V.* The model of prioritization of service for efficient usage of resource multiservice network // Proceedings of international conference TCSET'2012. – Lviv-Slavske, Ukraine: Publishing House of Lviv Polytechnic, 2012. – P. 320-321.
7. *Klymash M., Savchuk R., Beshley M., Pozdnyakov P.* The researching and modeling of structures of mobile networks for providing of multiservice radio access // Proceedings of international conference TCSET'2012. – Lviv-Slavske, Ukraine: Publishing House of Lviv Polytechnic, 2012. – P. 281-282
8. *Klymash M., Beshley M., Koval V.* Method of Resource Distribution for Mobile Cloud Computing Systems. // Proceedings of international conference TCSET'2014. – Lviv-Slavske, Ukraine: Publishing House of Lviv Polytechnic, 2014. – P. 220-223.
9. *Sheik A., Baskaran K.* A Survey on Quality-of-Service Provision in Mobile Cloud Computing // International Journal of Societal Applications of Computer Science. – 2013. – P. 428-433.
10. *Ramesh.B, Savitha.N, Manjunath.A.E.* Mobile applucacations in multimedia cloud computing // International Journal «Computer Technology & Applications». – Vol 4(1). – 2013. – P. 97-103.
11. *Климаш М.М., Бешлей М.І., Селюченко М.О.* Динамічне управління якістю послуг на основі SOCCA в конвергентних телекомунікаційних мережах // Восьма міжнародна науково-технічна конференція і Шоста студентська науково-технічна конференція “Проблеми телекомунікацій”. – Київ: НТУУ «КПІ». – 2014. – С. 50-52.