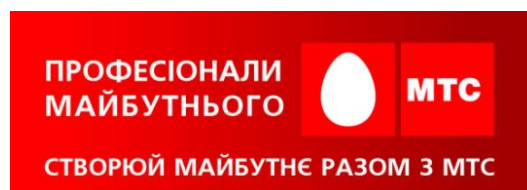


ВСЕУКРАЇНСЬКА ПРОГРАМА ПІДТРИМКИ СТУДЕНТІВ

“Професіонали майбутнього”



ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



ЗВІТ

про виконання конкурсного проекту

Тема конкурсу: **«Спільне будівництво і експлуатація мереж нового покоління різними операторами»**

Назва проекту: **«Модель надання послуг у гетерогенній мульти-операторській мережі»**

Узгоджено:

декан факультету

комп'ютерних інформаційних

технологій та автоматики ДонНТУ

В. В. Турупалов

Донецьк – 2012

Виконавці проекту:

Студенти IV курсу напрямку підготовки «Телекомунікації» спеціальності «Телекомунікаційні системи та мережі»:

Алтухов Денис;

Гришаєва Альона;

Гусев Іван;

Остапенко Олександр;

Полапа Андрій.

Науковий керівник: к.т.н., доцент кафедри «Автоматика і телекомунікації» (АТ) Дегтяренко Ілля Вячеславович.

Консультанти:

зав. кафедри АТ, к.т.н. Бессараб Володимир Іванович;

д.т.н., професор кафедри АТ Воронцов Олександр Григорович;

к.т.н., доцент кафедри АТ Воропаєва Вікторія Яківна.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 НАУКОВА ТА ТЕХНІЧНА НОВИЗНА ПРОЕКТУ.....	5
2 МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	5
3 ОПИС ПРОЕКТУ	5
3.1 Концепція національного віртуального оператора.....	5
3.2 Використання технології мультимедіуму у моделі взаємодії операторів	7
3.3 Мультистандартне обладнання доступу у мережі віртуального оператора	8
3.4 Алгоритм функціонування пристрою групового доступу	10
3.5 Формування критерію розподілу потоків трафіку.....	10
3.6 Розробка імітаційної моделі.....	12
3.6 Аналіз результатів моделювання.....	13
4 ПОТРЕБИ ФІНАНСОВИХ ВИТРАТ	15
РЕЗУЛЬТАТИ ВИКОНАННЯ ПРОЕКТУ	15
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	16

ВСТУП

Ринок мобільних операторів в Україні представлено різними поколіннями технологій - 2G (GSM), 3G (UMTS, CDMA2000), 4G (WiMAX). Покриття мереж 2G охоплює майже всю територію країни, однак не може забезпечити необхідний рівень якості та спектр послуг, попит на які непинно зростає (VoIP, IPTV, VoD, відеоконференцзв'язок та ін.) І якщо міські абоненти забезпечені високошвидкісним інтернетом як за допомогою дротових, так і бездротових технологій, то жителі сільської місцевості та пасажир транспорту далекого сполучення не мають доступу до телекомунікаційних послуг у повній мірі. Тому виникає необхідність переходу до технологій нових поколінь, які здатні задовольнити ці вимоги в національних масштабах. Вирішення цього завдання також має велике соціальне значення, оскільки інфокомунікаційні послуги в сучасному світі - це не розкіш, а необхідність, а їх відсутність у сільській місцевості створює значний розрив у рівні життя сільського і міського населення, тобто породжує соціальну нерівність.

З іншого боку, перешкодами розгортання мереж нового покоління в національних масштабах для окремого оператора є нестача коштів, обмежений частотний ресурс, складність процедури отримання ліцензії та обмеженість зон покриття. Отже, виникає необхідність в об'єднанні зусиль операторів з метою зменшення капітальних та операційних витрат, а також збільшення спільного частотного ресурсу для розгортання мереж нового покоління. Прикладом такого об'єднання може стати створення спільної компанії - віртуального оператора (Mobile Virtual Network Operator - MVNO), який буде використовувати ресурси всіх об'єднаних операторів, але надавати свої послуги [1]. Така концепція була успішно випробувана в Швеції [2].

Підсумовуючи вищесказане, можна сформулювати **мету проекту**: покращення якості надання послуг мобільного зв'язку, за рахунок формування та ефективного використання інтегрованого гетерогенного мультиоператорського середовища на базі технологій нового покоління.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні **задачі**:

- обрати модель взаємодії операторів для спільного розгортання та експлуатації мереж нового покоління;
- запропонувати концепцію мультистандартного обладнання, що підтримує множинні активні з'єднання;
- розробити критерій оптимального розподілу трафіку в гетерогенному середовищі віртуального оператора;
- розробити імітаційну модель, що відображає роботу мультистандартного обладнання у мережі віртуального оператора;
- провести дослідження розробленої моделі та надати рекомендації щодо практичної реалізації.

1 НАУКОВА ТА ТЕХНІЧНА НОВИЗНА ПРОЕКТУ

1. Обгрунтовано можливість побудови та спільної експлуатації мереж нового покоління з використанням моделі віртуального оператора третього рівня в умовах України.
2. Розроблено структуру мультистандартного абонентського обладнання на базі SDR, що підтримує мультихоумінг та може використовуватися в мережі віртуального оператора.
3. Запропоновано новий критерій динамічного розподілу трафіку групового абонента у гетерогенній мережі, що враховує вартість та вимоги до QoS різних послуг з використанням фази-логіки.
4. Розроблено алгоритм здійснення мультихоумінгу послуг, що базується на запропонованому критерії та реалізує вертикальний та горизонтальний хендовер.
5. Розроблено імітаційну модель, що дозволяє проводити дослідження ефективності роботи запропонованого мультистандартного обладнання у сегменті гетерогенній мережі віртуального оператора.

2 МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для вирішення поставлених задач було використано наступні методи:

- методи теорії масового обслуговування - для генерації різних типів трафіку (VoIP, IPTV, Internet);
- методи математичного моделювання - для дослідження роботи мережі на базі мультихоумінгу;
- методи електродинаміки та теорії інформації - для моделювання радіопокриття та генерації параметрів мереж;
- методи теорії нечітких множин - для формування критерію розподілу потоків запитів.

3 ОПИС ПРОЕКТУ

3.1 Концепція національного віртуального оператора

Віртуальний оператор мобільного зв'язку - це компанія, яка надає послуги мобільного зв'язку на базі мереж інших операторів (host operator). При цьому віртуальний оператор не володіє власним радіочастотним ресурсом і мережною інфраструктурою. У світі налічується 645 подібних компаній в більш ніж 50 країнах світу, а абоненти віртуальних операторів складають близько 10% всіх абонентів мобільних мереж [1,2].

У світі існує декілька різновидів бізнес-моделі MVNO: перший (початковий) рівень, другий (середній) рівень і третій - високий рівень. MVNO першого рівня не мають власної мережної інфраструктури і, по суті, є сервіс-провайдерами або агентами з поширення послуг мобільного зв'язку. MVNO другого рівня мають частково реалізовану мережну інфраструктуру (принаймні, свій білінг) і виступають на ринку під власним брендом. MVNO третього рівня мають розвинену мережну інфраструктуру практично в

повному обсязі, як і звичайний "класичний" оператор стільникового зв'язку (за винятком базових станцій). Вони мають власний реєстр місцезнаходження абонентів і код мобільної мережі, а також комутаційну ємність і, відповідно, нумерацію. Ще однією особливістю MVNO такого рівня є можливість взаємодії з декількома базовими операторами стільникового зв'язку, які при цьому можуть підтримувати різні стандарти. Це дозволяє отримати високі показники надійності і значні території покриття, які можуть перевершувати аналогічні показники кожного базового оператора окремо [1]. Крім того, зменшуються CAPEX/OPEX і скорочується час на впровадження та розгортання мереж нового покоління. Саме ця модель організації використовується в даному проекті. Формування MVNO відбувається в два основних етапи.

На першому етапі декілька операторів створюють нову компанію - віртуального оператора (див. рис. 1). Основне завдання даної компанії полягає в координації зусиль операторів щодо впровадження мереж нового покоління. Відсоток отриманих операторами-партнерами акцій у компанії буде залежати від наступних чинників: ступеня розвиненості інфраструктури; капіталу; рейтингу оператора серед населення; частотного ресурсу і ліцензії. Доходи операторів у новоствореній компанії діляться залежно від долі акцій.

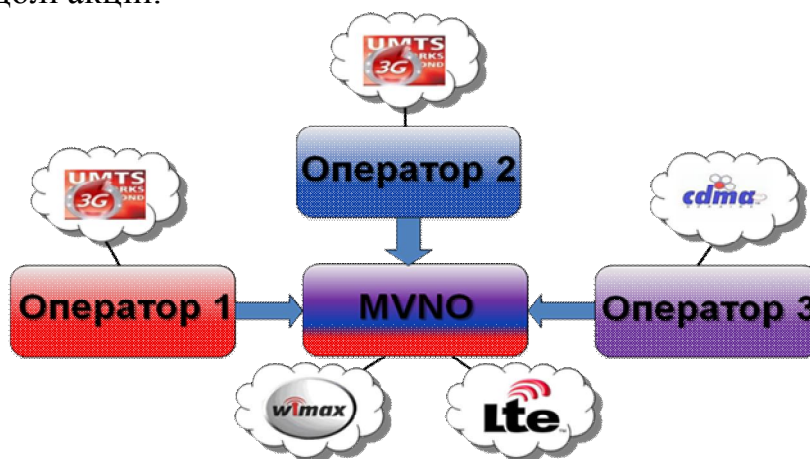


Рисунок 1 - Формування спільної компанії

На другому етапі територія, що обслуговується, розподіляється на ділянки - зони відповідальності, які передаються на аутсорсинг операторам-учасникам. Таким чином, в результаті об'єднання формується мережа мобільного зв'язку мультиоператорської компанії, в якій всі учасники стають віртуальними операторами, а підсистема радіодоступу є спільною (див. рис. 2). Незважаючи на спільну побудову і використання радіопідсистеми, ядро мережі у кожного з партнерів власне. Це забезпечує повну самостійність у виборі моделей тарифікації, надання тих чи інших послуг і, найголовніше, дає можливість конкуренції. Для координації роботи мережі віртуального оператора створюється спеціалізований data-центр, який здійснює контроль міжмережного трафіку, синхронізацію, CRM та інше.

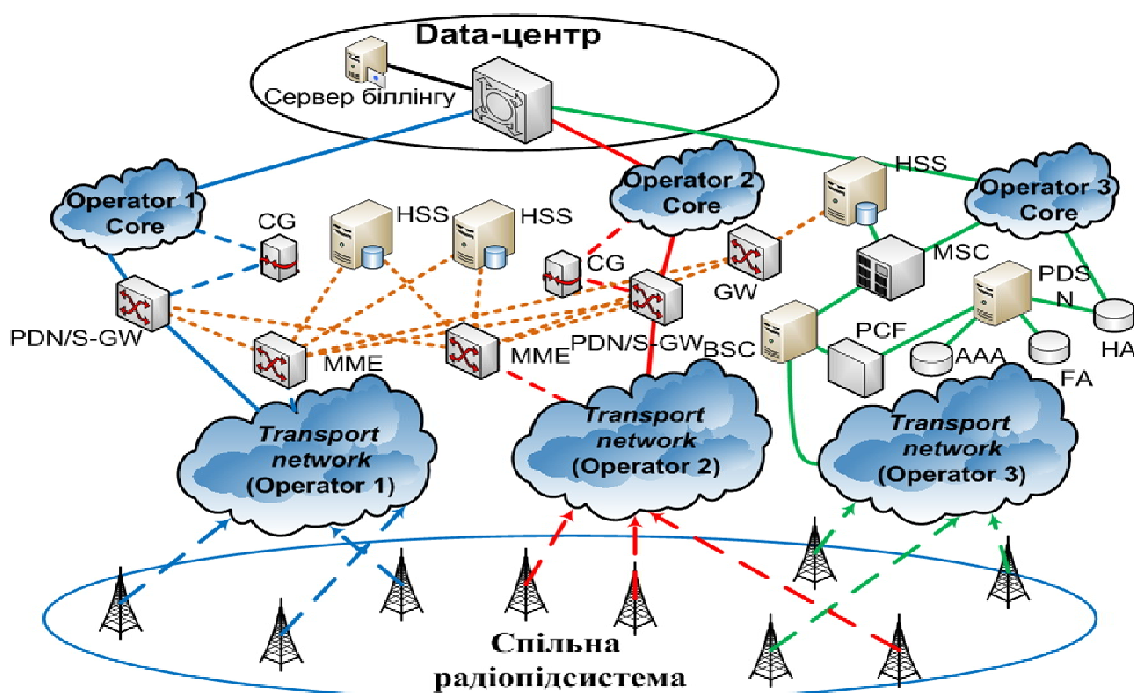


Рисунок 2 - Схема мережі віртуального оператора

З правової точки зору питання регулювання діяльності MVNO в значній мірі залежить від позиції регулятора. На першій стадії впровадження MVNO можна рекомендувати регулятору зайняти нейтральну позицію або позицію "м'якого" регулювання, коли бізнес-модель MVNO визнається корисною, а питання підключення MVNO до базового оператора вирішується добровільно в рамках комерційного договору, що укладається між останніми. Згідно з поправками, внесеними 18 листопада 2009 в закон України «Про радіочастотний ресурс» у статті 34 і 46, основна компанія може виділити дочірню і остання може бути поглинута іншою компанією для розширення дії ліцензії, що дуже зручно при спільній побудові і експлуатації мереж. У такому разі віртуальному оператору необхідно лише придбати ліцензію на MVNO, що простіше з юридичної точки зору і вимагає менших витрат часу. Потенційно корисним був би законопроект № 2034, який дозволив би операторам перерозподіляти вже наявні радіочастоти і більш ефективно підійти до побудови мереж нового покоління, як спільно, так і окремо.

3.2 Використання технології мультихоумінгу у моделі взаємодії операторів

В цілому, абонентів можна розділити на дві великі категорії - групові та індивідуальні. На початковому етапі впровадження мультиоператорських послуг вигідно орієнтуватися на категорію групових абонентів. Це пов'язано з тим, що при створенні нових пристроїв у галузі бездротового зв'язку найшвидше впроваджується обладнання, орієнтоване на групових абонентів, як таке, що скоріше окупується для компаній-виробників і операторів мобільного зв'язку. Групові абоненти віртуального оператора можуть бути як стаціонарними, так і рухомими. До першої категорії можна віднести будь-які установи, що розташовуються в сільській місцевості (школи, лікарні,

бібліотеки), а до другої - пасажирів транспорту (поїзди, автобуси).

Для ефективного використання потенціалу гетерогенної мережі, необхідно надати користувачу можливість отримувати послуги з декількох мереж одночасно. Для цього застосовується мультихоумінг – технологія, що дозволяє підтримувати множинні активні з'єднання за різними інтерфейсами [3]. Мультихоумінг реалізується за допомогою протоколів керування мобільністю (Multihomed Mobile IP - M-MIP), керування потоками (Stream Control Transmission Protocol - SCTP) та інших, що доповнюють стек протоколів TCP/IP (SIP, HIP, NEMO).

Для пересування абонента у гетерогенній мережі віртуального оператора без втрати з'єднання необхідно здійснювати передачу керування мобільною станцією, тобто хендовер. Якщо сусідні мережі радіодоступу відносяться до однієї технології, то здійснюється горизонтальний хендовер, який є процедурою стандартизованою. Якщо ж відбувається передача керування між мережами різних технологій, то такий процес називається вертикальним хендовером. У 2008 році був затверджений стандарт IEEE 802.21, що описує переключення між гетерогенними носіями [4], однак проблема апаратно-технічної реалізації залишається невирішеною.

3.3 Мультистандартне обладнання доступу у мережі віртуального оператора

Для подальшого ефективного розвитку і модернізації мереж мобільного зв'язку доцільно перейти до використання реконфігуруємих радіопідсистем. Такий підхід дозволить вирішити проблеми модернізації, дозволяючи безперервно вдосконалювати обладнання шляхом доопрацювання тільки програмного забезпечення, при практично незмінній апаратній частині. Це також дасть можливість гнучкого адаптування до нових стандартів, знімаючи проблему сумісності.

Для реалізації мультихоумінгу і хендовера необхідно обладнання, що має декілька радіоінтерфейсів, які можуть бути активними одночасно. Таким вимогам задовольняють абонентські пристрої, оснащені програмним керуванням мультистандартних перемикачів, що надають можливість реконфігурації радіочастини. Реконфігурація може включати в себе встановлення і завантаження нового програмного забезпечення в обладнання користувача або зміну радіопараметрів, включаючи діапазон радіочастот, що використовується для надання послуг абоненту.

У мережі віртуального оператора запропоновано застосовувати обладнання групового доступу на базі технології SDR, в якому використовується розподілена антенна система (DAS - Distribute Antenna System) внаслідок її універсальності, компактності та порівняно невеликої потужності. Інтерфейсом доступу кінцевого користувача є найбільш поширений в мобільних пристроях стандарт – Wi-Fi (IEEE 802.11). Структура такого пристрою наведена на рис.3.

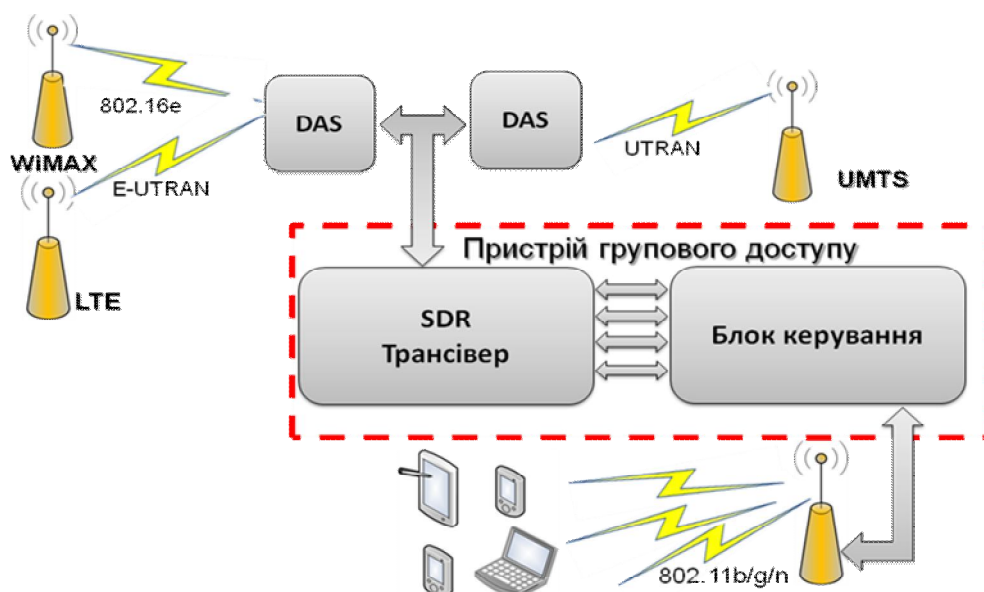


Рисунок 3 - Структурна схема пристрою групового доступу

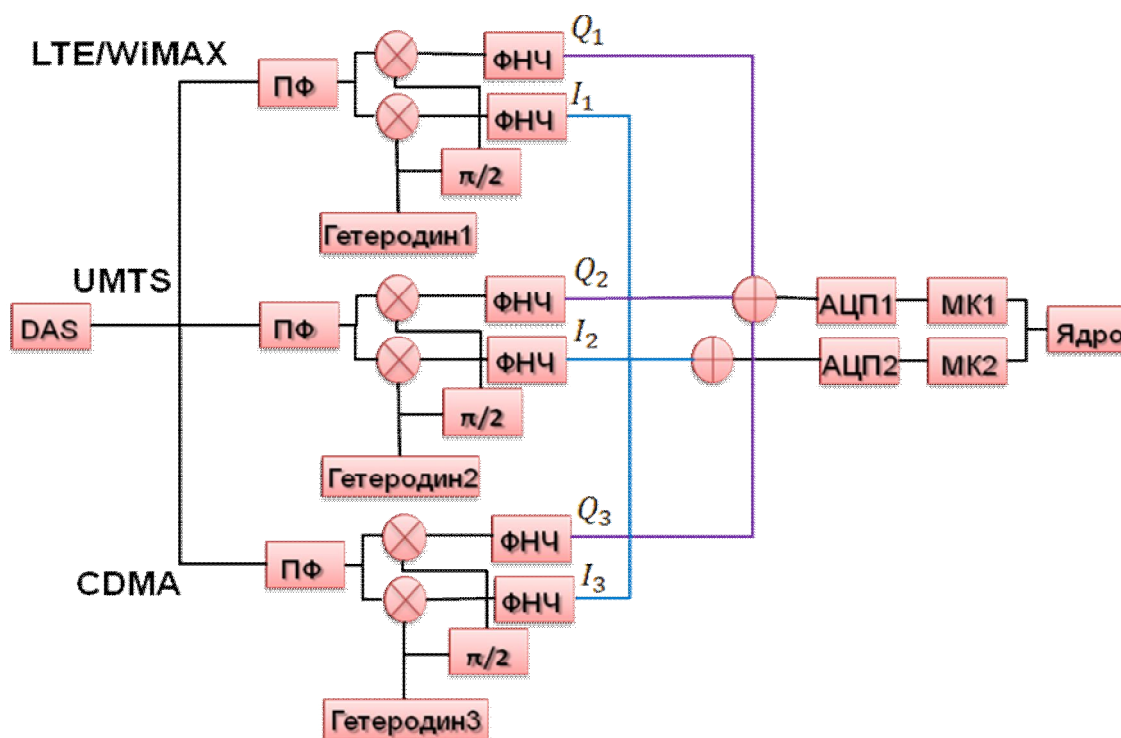


Рисунок 4- Мультистандартний приймач на базі SDR

На рис. 4 наведена функціональна схема мультистандартного приймача на базі SDR. Даний пристрій підтримує одночасне приймання даних від чотирьох мереж. Частотний діапазон LTE і WiMAX дозволяє використовувати для їх прийому одну антену, а сигнали стандартів CDMA та UMTS приймаються окремо. Прийняті сигнали обробляються смуговим фільтром, і за допомогою гетеродина відбувається перенесення на низькі частоти, в яких, власне, і працює технологія SDR. Для заглушення неробочої бокової смуги використовуються сигнали I (синфазний) і Q (квадратурний), що формуються за допомогою тих же гетеродинів і фазообертачів. Отримані квадратурний і синфазний сигнали в кожному з трьох каналів пропускаються

крізь фільтри нижніх частот для зменшення рівня завад, далі вони підсумовуються і оцифровуються за допомогою АЦП. Подальша обробка сигналів здійснюється в мікроконтролері програмними засобами [5]. Відмінність цієї конфігурації від стандартного приймача полягає в наявності декількох мікроконтролерів, один з яких обробляє сумарний сигнал I, а другий - сумарний сигнал Q. Параметри гетеродинів підбираються таким чином, щоб сумарний сигнал на вході АЦП не мав зон перекриття частотних діапазонів різних технологій.

3.4 Алгоритм функціонування пристрою групового доступу

Функціонування пристрою групового доступу в гетерогенній мережі віртуального оператора можна описати наступним алгоритмом: збір інформації про параметри мережі та запити, що надходять від користувачів; прийняття рішення про розподіл потоків; здійснення розподілу. Ці операції реалізуються в блоці керування.

На першому етапі відбувається збір інформації про доступні мережі і їх параметри шляхом безперервного сканування радіочастотного діапазону і спілкування з мережами доступу. Також аналізується інформація про поточні запити користувачів. Ця інформація обробляється за певним алгоритмом в пристрої прийняття рішення про розподіл потоків трафіку по доступних мережах. При цьому має враховуватись пріоритетність трафіку певної послуги і вимоги до QoS. Останній етап - безпосереднє здійснення перерозподілу, яке залучає технології SDR, мультіхоумінгу і хендоверу.

Найважливішим є етап прийняття рішення про розподіл потоків трафіку. Він має реалізовуватись з використанням комплексного критерію, що описує якість того чи іншого управлінського рішення. Набір параметрів, що повинні враховуватись при цьому включає: тип трафіку, параметри QoS [6] (пропускна спроможність, затримка, джитер, втрати пакетів), параметри мобільного вузла (швидкість, місце розташування, доступні мережні інтерфейси, стан батареї), уподобання користувача, вартість, коефіцієнт хендовера та інші. Далі описано принципи формування критерію розподілу абонентського трафіку по мережам MVNO.

3.5 Формування критерію розподілу потоків трафіку

В більшості сучасних алгоритмів при вирішенні задачі оптимального розподілу потоків в якості критерію виступають вільні ресурси мережі, тобто запити, які щойно поступили, направляються у мережі з найбільшими вільними ресурсами. Його недоліком є те, що при цьому не враховуються параметри якості обслуговування мережі та її тарифи.

Відносно нещодавно був розроблений критерій, заснований на функціях корисності, які є залежністю кількісної нормованої оцінки від певного параметра QoS каналу зв'язку та визначаються граничними значеннями кожного з параметрів і чутливістю певного типу трафіку до зміни параметра [7]:

$$K_{ij} = [U(QoS)]^{w_1} \cdot [U(C)]^{w_2} = [U(b) \cdot U(\tau) \cdot U(\Delta\tau) \cdot U(L)]^{w_1} \cdot [U(C)]^{w_2} \rightarrow 1 \quad (1)$$

де $U(x)$ – функція корисності параметра x , $x \in \{b, \tau, \Delta\tau, L, C\}$; i – номер мережі-кандидата; j – тип трафіка; b – пропускна спроможність мережі; τ – затримка в мережі; $\Delta\tau$ – джитер в мережі; L – втрати пакетів; C – вартість одиниці даних в мережі; w_1 та w_2 – вагові коефіцієнти, відповідно, параметрів QoS і вартості, визначається політикою операторів (за умовчанням $w_1 = w_2 = 1$).

Складність формування критерію (1) полягає у визначенні параметрів функцій корисності та вагових коефіцієнтів. Користувачі мережі оцінюють якість послуг, спираючись не на чисельні значення параметрів QoS, а на суб'єктивні оцінки. Тому пропонується при формуванні критерію використовувати апарат fuzzy-логіки [8], який дозволяє оцінювати кожен за параметрів QoS певними лінгвістичними змінними - «низький», «середній», «високий». Кожна з цих змінних є нечіткою множиною, функції приналежності до якої $\mu(x)$ задаються на підставі експертних знань і досвіду користувачів (QoE, «метод емпіричних оцінок»). Значення критерію - це вихід системи нечіткої логіки, показує, наскільки та чи інша мережа підходить для даного типу трафіку. Схему розрахунку критерію за допомогою fuzzy-логіки представлено на рис.5.

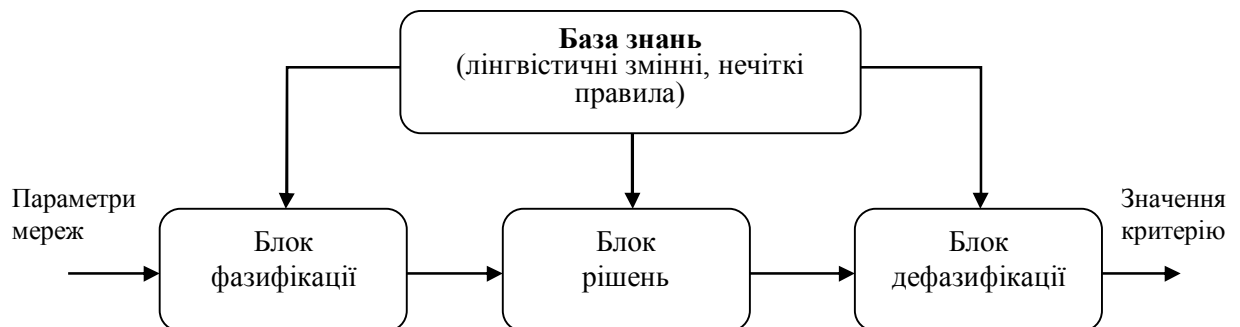


Рисунок 5 - Схема розрахунку критерію за fuzzy-логікою

Блок фазифікації перетворює чіткі величини b , τ , $\Delta\tau$, L , C , отримані із блока збору інформації, в нечіткі величини, що описані лінгвістичними змінними в базі знань, для кожного з типів трафіку. Блок рішень використовує нечіткі умовні (if - then) правила, закладені у базу знань, для перетворення нечітких вхідних даних у необхідні керуючі впливання, які також носять нечіткий характер - мережа «не підходить», «скоріш за все не підходить», «скоріш за все підходить», «точно підходить». Блок дефазифікації перетворює нечіткі дані з виходу блока рішень у чітку величину, яка і є значенням критерію [9].

Вибір оптимального рішення щодо направлення потоку трафіку певної послуги зводиться до пошуку максимального критерію:

$$\max[K^{fuzzy}_{ij}(b, \tau, \Delta\tau, L, C)] \quad (3)$$

Дана процедура здійснюється у випадку появи нового потоку трафіку або у разі виходу за межі зони покриття будь-якої мережі (втрати з'єднань).

3.6 Розробка імітаційної моделі

Було здійснено моделювання роботи запропонованого пристрою в умовах гетерогенного середовища віртуального оператора, яке складається з п'яти мереж (дві UMTS, та по одній CDMA2000, WiMAX, LTE) на основі трьох вище описаних критеріїв у пакеті MATLAB. Структура імітаційної складається з генератору трафіку, генератору параметрів мереж та блоку прийняття рішень (див. рис.6).

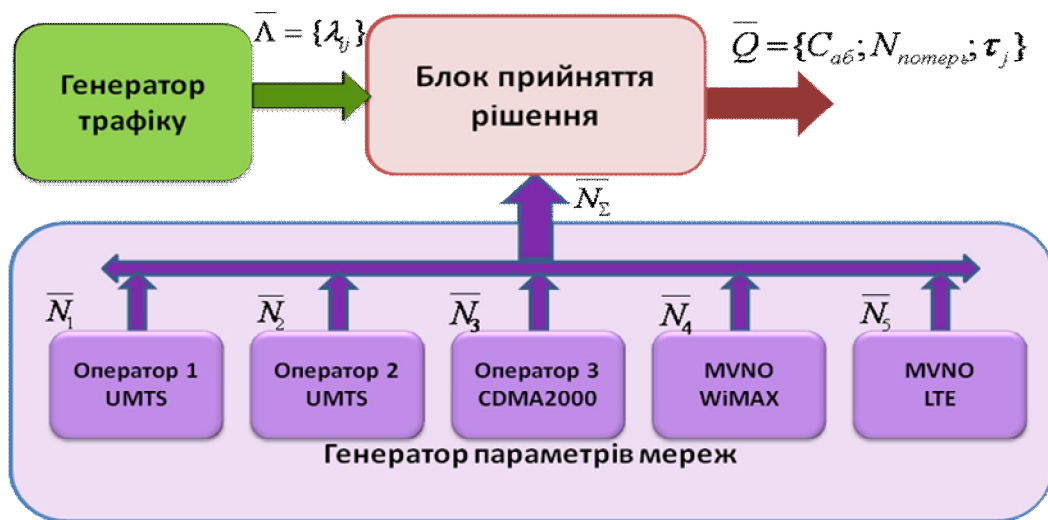


Рисунок 6 - Структура імітаційної моделі

Генератор трафіку імітує поведінку групи з 36 абонентів, що користуються послугами VoIP, IPTV и Internet. Закони розподілу для кожного з типів трафіку ($\bar{\Lambda}$) наведені у табл. 1. Передбачається, що абоненти знаходяться у потязі, що рухається зі швидкістю 90 км/год. У моделі враховується пріоритетність трафіку: 1 - голосовий трафік, 2 - IPTV+відеоконференцз'язок, 3 - Internet.

Таблиця 1- Закони розподілу викликів при генерації трафіку

Тип трафіку:	VoIP	IPTV + відеоконференцз'язок	Internet
Закон розподілу:	Експоненційний	Парето	Логнормальний
Щільність розподілу імовірностей:	$\lambda e^{-\lambda x}$	$\frac{kx_m^k}{x^{k+1}}$	$\frac{\exp(-\frac{(\ln(x)-\mu)^2}{2\sigma^2})}{x\sigma\sqrt{2\pi}}$
Функція розподілу:	$F_x(x) = \begin{cases} 1-e^{-\lambda x}, & x \geq 0 \\ 0, & x \leq 0 \end{cases}$	$F_x(x) = 1 - (\frac{x_m}{x})^k,$ $\forall x \geq x_m$	$F_x(x) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \text{Erf}[\frac{\ln(x)-\mu}{\sigma\sqrt{2}}]$

Генератор параметрів мереж розраховує покриття мереж п'яти різних мобільних технологій ($\bar{N}_1 \dots \bar{N}_5$) на ділянці залізного полотна «Гребінка - Яготин» довжиною у 40 км на основі моделей згасання радіосигналу COST231-Хата і SUI (див. табл.2) [10]. Крім того, цей блок визначає параметри $\bar{N}_k = \{b, \tau, \Delta \tau, L, C\}$ для кожної мережі в конкретній точці простору. Перехід від згасання до пропускнув спроможності (C) в обох моделях здійснювався за формулою Шеннона:

$$C = F \cdot \log\left(1 + \frac{P_s}{P_w}\right),$$

де F - ширина частотного діапазону; P_s/P_w – співвідношення сигнал-завада.

Таблиця 2 - Моделі згасання радіосигналу при генерації зон покриття мереж

Стандарти	UMTS, WiMax, LTE	CDMA 2000 1xEV-DO
Модель згасання	SUI (Stanford University Interim)	Cost231-Hata
Частоти, МГц	> 2000	< 2000
Формула розрахунку згасання, дБ	$P_L = A + 10\gamma \log_{10} dd_0 + X_f + X_h + s,$ $d > d_0$	$P_L = 46,3 + 33,9 \cdot \log_{10} f - 13,82 \times$ $\times \log_{10}(h_b) - Ah_m + [44,9 + 6,55 \times$ $\times \log_{10}(h_b)] \cdot \log_{10} d + C_m$
Параметри	A - згасання в вільному просторі; γ - коефіцієнт урахування типу місцевості; d - відстань між мобільним пристроєм та базовою станцією, м; $d_0 = 100$ м; X_f, X_h - поправкові коефіцієнти частоти та висоти підняття антени мобільної станції; s - коефіцієнт урахування завмирання та радіотіні.	f - частота, МГц; d - відстань між мобільним пристроєм та базовою станцією, км; h_b - висота підняття антени базової станції, м; C_m, Ah_m - коефіцієнти урахування типу місцевості.

Блок прийняття рішень реалізує розподіл потоків трафіку по різних мережах за вище описаними критеріями. Блок-схема алгоритму роботи імітаційної моделі наведена на рис. 7. Протягом усього часу моделювання при надходженні запиту або при закінченні покриття мережі запускається алгоритм обчислення критерію та розподілу трафіку.

3.6 Аналіз результатів моделювання

В результаті моделювання було розраховано зони покриття конвергентної мультиоператорської мережі (див. рис. 8) впродовж сегменту залізничного шляху «Гребінка-Яготин». Місця розташування та параметри базових станцій обирались за середньостатистичними даними.

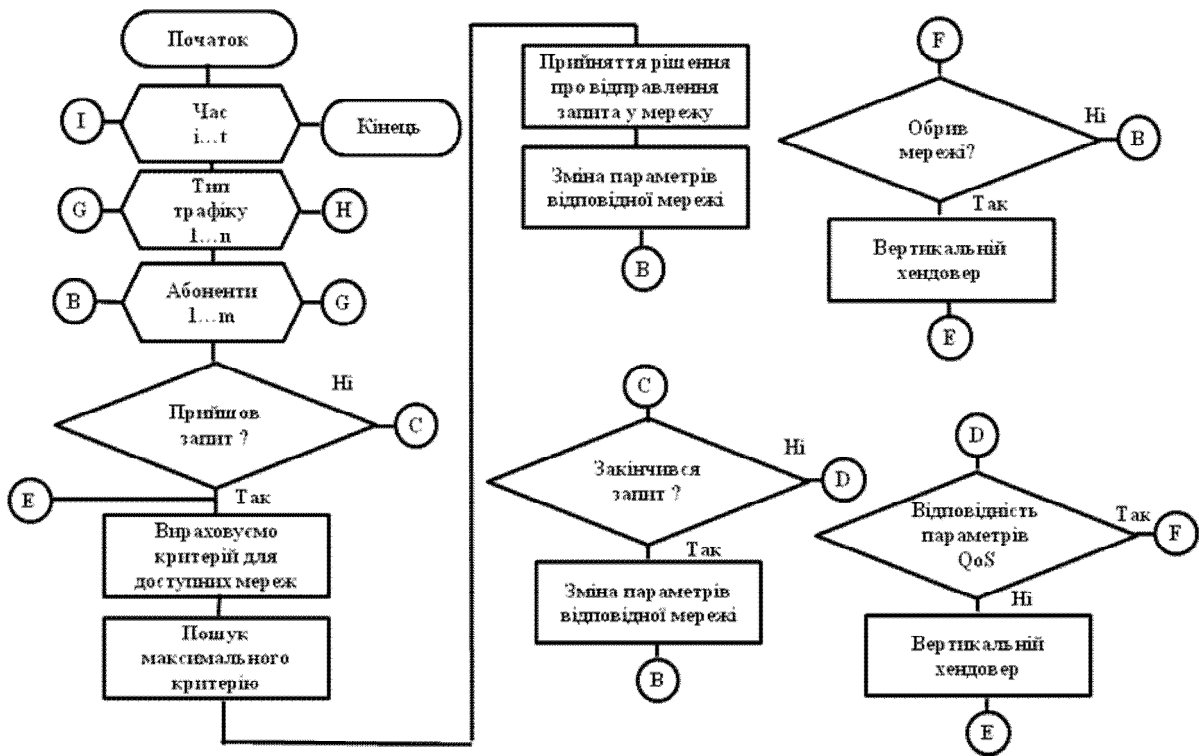


Рисунок 7- Блок-схема алгоритму роботи імітаційної моделі

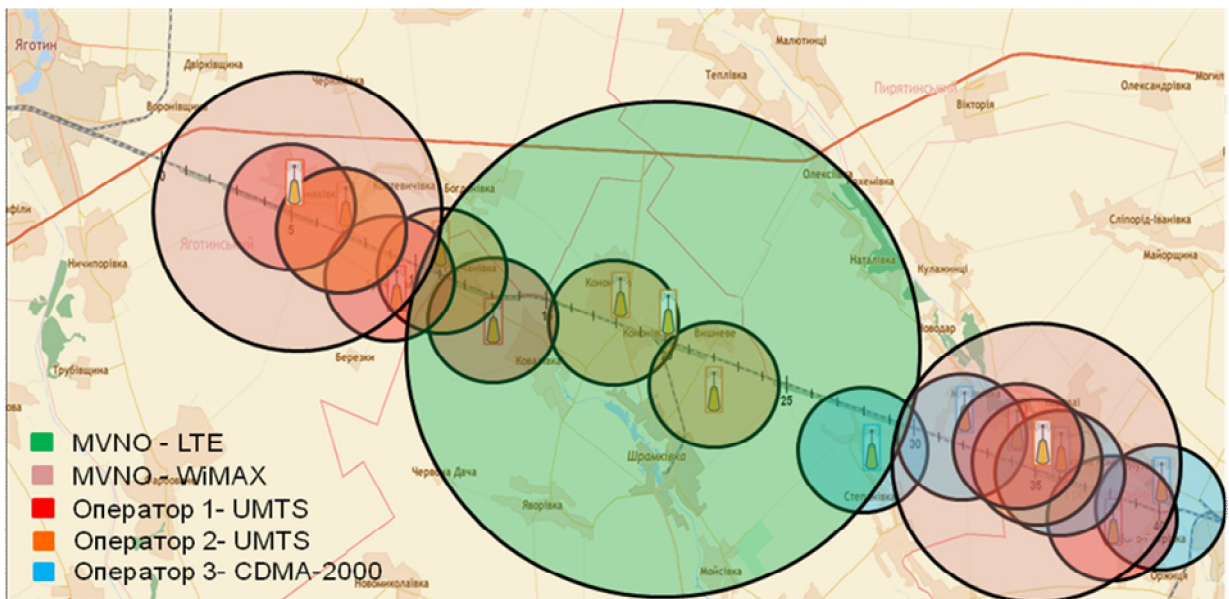


Рисунок 8 - Моделювання покриття на залізничному шляху «Гребінка-Яготин»

Моделювання проводилось в два етапи. На першому етапі враховувались існуючі базові станції стандартів UMTS та CDMA-2000. Це дозволило виявити проблемні ділянки покриття, та визначитись з місцями розташування та параметрами базових станцій нового покоління (WiMAX, LTE). На другому етапі проводилось дослідження вже вдосконаленої мережі.

В результаті моделювання було отримано вектор вихідних значень \bar{Q} (див. рис. 6), що складається із відносної загальної вартості послуг для абонентів під час моделювання $C_{аб}$, кількості відмов (або втрачених викликів) та одного з параметрів якості - середньої затримки трафіку VoIP. На рис.7 наведені діаграми, що відображають параметри якості роботи мережі при використанні різних критеріїв розподілу трафіку по мережах.

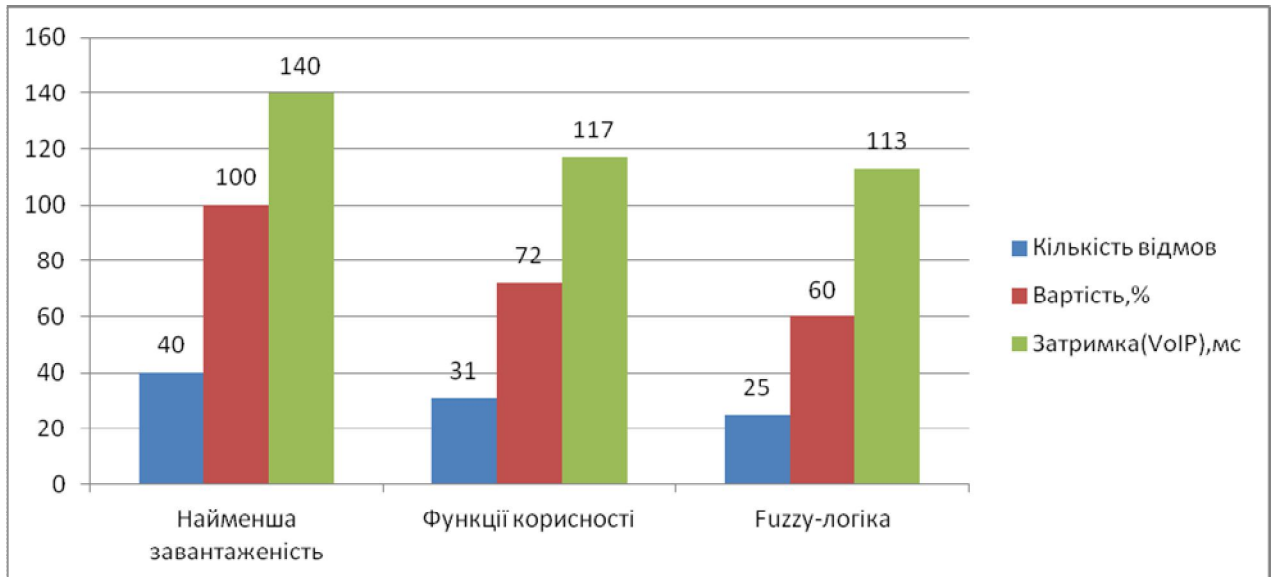


Рисунок 7 - Результати моделювання

Отже із отриманих результатів виходить, що найкращим критерієм розподілу трафіку як з точки зору абонентів, так і з точки зору операторів є критерій, що базується на fuzzy-логіці. Запропонований критерій дозволяє більш раціонально використовувати ресурси операторів, знижувати витрати абонентів на 30-40% та підвищувати якість обслуговування на 16-20% в умовах мультиоператорської гетерогенної мережі порівняно із застосуванням критерію найменшої завантаженості, та на 8-10% покращувати ті ж самі параметри порівняно з критерієм заснованим на функціях корисності.

4 ПОТРЕБИ ФІНАНСОВИХ ВИТРАТ

1. Витрати на створення та популяризацію віртуального оператора.
2. Придбання та встановлення обладнання підсистеми радіодоступу на ділянках з недостатнім покриттям.
3. Розробка та впровадження мультиоператорського обладнання групового доступу на базі технології SDR.
4. Придбання відповідних ліцензій.

РЕЗУЛЬТАТИ ВИКОНАННЯ ПРОЕКТУ

В результаті виконання проекту були запропоновані рішення щодо покращення якості обслуговування абонентів мобільних мереж в умовах гетерогенного мультиоператорського середовища.

В проєкті було проведено аналіз передумов розгортання мереж 3-го та 4-го покоління. Показано, що організація таких мереж в національних масштабах неможлива при використанні ресурсів лише одного оператора. Особливу проблему становить покриття залізничних та авто шляхів, а також населених пунктів з відносно невеликою щільністю населення. Це змушує операторів мобільного зв'язку об'єднуватись для спільного вирішення даних проблем. Нами запропоновано використовувати модель віртуального оператора третього рівня. Це дає змогу операторам використовувати спільну радіо підсистему і при цьому зберігати незалежність та конкурентоспроможність.

Запропоновано на першому етапі розвитку MVNO орієнтуватись на надання послуг груповим абонентам. Для цього в проєкті розроблена концепція мультистандартного абонентського терміналу на базі технології SDR. Даний пристрій здійснює агрегацію абонентського трафіку за допомогою технології Wi-Fi та перерозподіляє його по наявним мережам різних стандартів, що належать віртуальному оператору.

Прийняття рішень про направлення трафіку до тієї чи іншої мережі здійснюється на основі розробленого в роботі критерію, що враховує вимоги до QoS різних послуг та технічно-економічні параметри наявних мереж. Критерій сформовано з використанням fuzzy-логіки. Він дозволяє природним чином (в нечіткої формі) виразити вимоги користувачів до якості надання інфокомунікаційних послуг, та деякою мірою зменшити суб'єктивність при керуванні трафіком.

Для оцінки ефективності запропонованих засобів була розроблена імітаційна модель, що дозволила провести дослідження параметрів якості надання послуг пасажиром потяга, що рухається по залізничному шляху «Гребінка-Яготин» зі швидкістю 90 км/год. Моделювання показало, що використання запропонованих в проєкті рішень дозволяє досягнути підвищення параметри якості надання послуг до 20% та при цьому забезпечити зменшення витрат абонентів до 30%.

Розробленні в проєкті рішення дозволяють операторам більш ґрунтовно та ефективно формувати стратегію спільного будівництва і експлуатації мереж мобільного зв'язку нового покоління.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Шульга В. Виртуальные операторы: катализатор развития новых услуг. Електроний ресурс. Спосіб доступу: http://www.seti-ua.com/?in=seti_show_article&seti_art_ID=300&_by_id=1&_CATEGORY=40.
2. Björn Lundström Tele2 4G // Tele2 4G forum in Stockholm. Електронний ресурс. Спосіб доступу: <http://ru-4g.livejournal.com/125103.html>.
3. Christer Ahlund et. al. Multimedia flow mobility in heterogeneous networks using Multihomed Mobile IPv6 // Journal of Mobile Multimedia (JMM), Volume 3, Issue 3 - 2007.

4. IEEE 802.21 WG. IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks. Part 21: Media Independent Handover Services. *IEEE Std 802.21-2008*, January 2009.
5. Остапенко А., Полапа А., Гусев И. Мультистандартный приемник на основе SDR// Сборник тезисов XII Международной научно-технической конференции «Автоматизация технологических объектов и процессов. Поиск молодых» - Донецк, 2012.
6. Воропаева В.Я. Оцінка показників якості NGN-мереж з урахуванням фрактальності вхідного трафіку. // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація. Випуск 15 (130). - Донецьк-2008. – 214 с. С. 23-29.
7. Cao Z., Zegura E. Utility Max-Min: An Application-Oriented Bandwidth Allocation Scheme, // Proc. IEEE INFOCOM'99, March - 1999.
8. Штовба С.Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику. Винница: Издательство Винницкого государственного технического университета, 2001. – 198 с.
9. Гришаева А., Алтухов Д., Дегтяренко И.В. Применение механизма фаззи-логики для распределения потоков трафика в гетерогенной мультиоператорской среде// Сборник тезисов XII Международной научно-технической конференции «Автоматизация технологических объектов и процессов. Поиск молодых» - Донецк, 2012.
10. I.J. Wassell, D. Crosby, M.P. Sellars, M.G. Brown Comparison of Empirical Propagation Path Loss Models for Wireless Access Systems.