

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ НАВАНТАЖЕННЯ МУЛЬТИСЕРВІСНОЇ МЕРЕЖІ

В статті виконані дослідження трафіка мультисервісних мереж, наведено результати статистичних замірів двох базових станцій (БС) у м. Києві (Україна). На основі аналізу отриманих даних зроблено висновок про неоднорідність характеру навантаження. Визначено концепції мультисервісної мережі.

The paper studies carried traffic multiservice networks, given the results of statistical measurements of two base stations (BS) in Kyiv (Ukraine). Based on the analysis of the data, concluded that the nature of heterogeneity load. Determined that the concept of multi-service network.

Вступ

Нині в телекомунікаційних мережах спостерігається тенденція зміни характеру та обсягу переданого трафіка, а також надаються інфокомунікаційні послуги, а саме послуги передачі даних, голосу, відео; такі мультимедійні послуги, як IP-телебачення, надання відео за запитом, IP-телефонія, відео- та аудіо-конференції, отже, для надання перерахованих послуг необхідно дотримуватися низки вимог до параметрів якості обслуговування. Найчастіше незнання статистичних характеристик трафіка призводить до неефективного використання мережевих ресурсів операторів а, отже, до низької якості наданої послуги або до низької кількості обслуговуваних абонентів.

Мультисервісні мережі зв'язку є об'єктами високої структурної складності, їхній розвиток дозволив надавати користувачам послуги з фіксованою і зі змінною шириною смуги бітової швидкості передачі, та зі змінними межами пропускної здатності, внаслідок чого виник цілий ряд факторів, що ускладнюють побудову таких мереж [1]. До найважливіших факторів належать: різні профілі трафіка, гетерогенний характер трафіка, якість обслуговування користувачів різних класів. Зважаючи на вище наведене дослідження динаміки навантаження мультисервісної мережі є актуальним. Передача трафіка з дотриманням вимог щодо якості обслуговування є не менш актуальним завданням у сучасних телекомунікації [2]. Неефективне використання ресурсів мережі, велика кількість абонентів і жорсткі вимоги до параметрів QoS можуть стати причинами падіння якості послуг, що надаються в мультисервісних мережах.

Постановка задачі

Огляд досліджень і розробок: В роботі [2] була запропонована стохастична параметризована модель трафіка на основі раніше відомої стохастичної кривої. Запропоновано метод,

який дозволяє отримати оптимальні (за коефіцієнтом використання мережі) параметри цієї моделі при відомих вимогах до якості обслуговування і властивостей мультисервісної мережі. Перевага розробленої моделі в порівнянні з традиційними підтверджується проведеними розрахунками та моделюванням з використанням реального мультимедійного трафіка. В роботі [3] розглядаються методи оцінки якості обслуговування в мультисервісних мережах передачі даних зі змішаним типом трафіка. Аналізуються базові фактори, що впливають на якість обслуговування: затримки і втрати. Дані фактори досліджуються в зв'язку з різними типами потоків даних: еластичних, нееластичних. Дослідження [4], в якому запропоновано механізм пріоритетизації трафіка і подальшої його обробки в вузлах мережі. Критерієм оптимізації є зменшення затримки пакета в буфері пристрою.

Для реалістичної побудови мультисервісної мережі розглянемо два відомі варіанти: через локальну обчислювальну мережу та через АТМ-мережі. В першому випадку різного роду трафік передається з використанням єдиного обладнання і з урахуванням різних вимог до смуги пропускання. Протоколи резервування ресурсу формування пріоритетних черг і якості обслуговування QoS дозволяють розподіляти послуги, що надаються для різного типу трафіка. Недоліком цього варіанту є те, що інфраструктура не задовольняє функціональні вимоги для локальних обчислювальних мереж, наприклад, в мережі з комутацією пакетів буде відсутнє забезпечення хорошої якості обслуговування, з високими вимогами до полоси пропускання та затримкою, а для нечутливого до затримки трафіка не підійде мережа, орієнтована на тип асинхронної системи передачі. Цю проблему частково можна вирішити, якщо розширити смугу пропускання та проектувати з урахуванням оптимізації використання ресурсу для певного типу

трафіка. Другим варіантом побудови мультисервісної мережі є розгортання АТМ-мереж. Недоліком цього варіанту є проблеми з оптимальним розподілом смуги пропускання для користувачів, плануванням ресурсів, з мережевим адмініструванням, через велику кількість з'єднань, де кожне з них має свій рівень якості обслуговування (QoS). Також необхідно забезпечити сумісність з існуючими інфраструктурами.

Найважливішим питанням є якість обслуговування користувачів та ефективність мережі в цілому, але залежить від збалансованості використання мережеских ресурсів. Саме балансування трафіка з точки зору QoS

досягатиметься вздовж різних шляхів передачі трафіка при реалізації багатошляхової стратегії маршрутизації. Підвищення узгодженості в розв'язку задач маршрутизації можна досягти шляхом сумісного розв'язку в єдиній моделі ТКС інших задач управління трафіком, доступом, чергами та резервуванням ресурсів. Для того, щоб вирішити будь-яку задачу відносно мультисервісної мережі, необхідно чітко визначити фундаментальні властивості, переваги, вимоги, можливості та підтримка яких видів послуг в мультисервісній мережі є. В таблиці №1 наведено основні параметри мультисервісної мережі.

Табл. 1. Концепція мультисервісної мережі

Переваги	Фундаментальні властивостями	Підтримка таких видів послуг	Вимоги	Можливості
Надання сучасних високошвидкісних сервісів та мультипротокольна підтримка	Підтримка великого набору послуг, програм та механізмів	Міська комп'ютерна мережа з постійною швидкістю 100 Мбіт/с	Незалежність технологій надання послуг від транспортних технологій	Забезпечення створення, розгортання та управління будь-якого виду служб
Масштабованість	Відділення процесу надання послуги від самої мережі та забезпечення відкритих інтерфейсів, а також функцій управління від можливостей транспортного середовища	Обмін різного роду інформацією між користувачами та доступ до ігрових серверів	Гнучка та динамічна зміна швидкості передачі інформації в широкому діапазоні залежно від поточних потреб користувача	Чіткий поділ між функціями служб і транспортними функціями, надання сервісів, незалежно від типу мереж та доступу, що використовуються
Сумісність з міжнародними стандартами, доступ за загальноприйнятими інтерфейсам, підтримка традиційних мережеских технологій	Взаємодія з успадкованими мережами за відкритими інтерфейсами, різні схеми ідентифікації, які можуть бути реалізовані з використанням IP-адресації в цілях маршрутизації по IP-мережам	Створення віртуальних корпоративних мереж (VPN), комутованих і керованих користувачем	Здатність мережі передавати різного роду інформацію. З необхідною синхронізацією цих компонентів у реальному часі і з використанням складних конфігурацій з'єднань	Вирішення проблем мовних служб, якості обслуговування (QoS), безпеки
Управління якістю обслуговування (QoS)	Пакетний перенос	Високошвидкісний доступ до Internet (до 10 Мбіт/с)	Управління послугою, викликом і з'єднанням з боку користувача або постачальника послуг	Функціональні елементи політики управління, сеансів і т.д. мають бути розподілені по інфраструктурі, включаючи також існуючі мережі
Управління графіком та класифікація видів графіка	Широкосмуговий доступ із забезпеченням якості з кінця в кінець і «прозорості»	IP-телефонія	Організація доступу до послуг незалежно від технології, що використовується	Здійснення міжмережевої взаємодії між мультисервісними та існуючими мережами за допомогою шлюзів
Резервування смуги пропускання	Узагальнена мобільність та конвергенція послуг між мережами фіксованого та рухомого зв'язку	Об'єднання віддалених корпоративних мереж	Участь кількох операторів в процесі надання послуги і поділ їхньої відповідальності відповідно до області їхньої діяльності	Підтримка існуючих і «призначених для роботи з мультисервісними мережами» кінцевих пристроїв

Виклад основного матеріалу дослідження

Стабільна і якісна робота мультисервісної мобільної мережі залежить від її правильного проектування і можливості реконфігурації при її експлуатації. Вибір величини навантаження при проектуванні мережі ґрунтується на статистичних даних, які було отримано з двох базових станцій, розташованих на вулиці Берковецька та вулиці Підгірній в місті Києві, Україна. На рис.1 показано розташування цих базових станцій відносно одна одної. Пункт А – це базова станція по вулиці Берковецькій, а пункт Б – по вулиці Підгірній. Такі станції були обрані, щоб підтвердити, що трафік лишається фрактальним, як в центральних густонаселених районах, так і у віддалених районах міста.



Рис.1. Відстань між базовими станціями

На карті (рис.2) видно статистику для обраної області, де представлено сигнальні середні значення для всіх мереж, які містяться у вказаній області, програмою NetworkRank виділено кольорове маркування, щоб показати області сильного і слабого сигналу. На рис.2(а) видно, що по вулиці Берковецькій основне навантаження зосереджене вздовж основних доріг: це і будинки, розташовані над дорогою, і мобільні пристрої, якими користуються в транспорті, що рухається дорогою. Найліпший показник надійності зв'язку тут належить MTS UKR – 94,92%, life:) – 94,67%, UA-KYIVSTAR – 93,02%, UTEL3G – 91,80%.

На рис.2(б) видно, що по вулиці Підгірна навантаження зосереджене вздовж основних доріг, будівель типу торговельних центрів, станцій метро, зупинок транспорту – це значні скупчення, які видно на карті, також присутні і будинки, розташовані над дорогою, і мобільні пристрої якими користуються в транспорті, що рухається дорогою. Найліпший показник надійності зв'язку тут належить MTS UKR – 82,41%, інші – 80,54%, life:) – 79,89%, UA-KYIVSTAR – 77,08%.



а)



б)

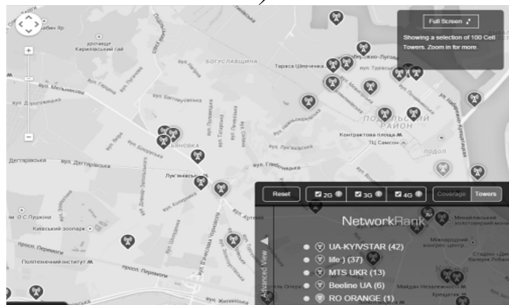
Рис.2. Статистика (а - БС вул. Берковецька, б - БС вул. Підгірна)

Щільність розташування базових станцій в цих географічних областях можна побачити на рис. 3. Очевидно, що рівень зв'язку падає, чим далі мобільний пристрій знаходиться від базової станції, тому для околиць м. Києва зв'язок або зовсім відсутній, або переходить від однієї базової станції до іншої з дуже поганою якістю. Не останню роль в такому стані речей грає проектування та розташування базових станцій, але сучасне телекомунікаційне обладнання спроможне передавати сигнал на досить велику відстань та тривалий час підтримувати QoS (якість обслуговування).

Рухомість мобільного пристрою (МП) в мобільній мережі може спричинити виникнення хендвера, оскільки зміна IP-адреси при зміні БС мережі вимагає оповіщення. Якщо хендвер відбувається коректно, то МП зберігає нерозривність з'єднання під час його пересувань і зміни БС мережі. Відомо два типи хендвера, які визначаються можливістю підключення МП до БС: м'який хендвер і жорсткий хендвер. При жорсткому хендвері поточне з'єднання обривається до того, як обслуговування МП передано до нової БС, це відбувається, коли в суміжних БС різні частотні діапазони і МП не може підтримувати зв'язок з обома БС одночасно, внаслідок чого може статися втрата пакетів. У випадку м'якого хендвера з'єднання з попередньою БС розривається тільки після встановлення з'єднання з доступною БС, МП може одночасно взаємодіяти з обома БС.



а)



б)

Рис.3. Щільність розміщення (а - БС вул. Берковецька, б - БС вул. Підгірна)

Для внесення змін при експлуатації в якості вихідних даних використовуються вже відомі результати вимірювань працюючої мережі. Однак, і в першому, і в другому випадках використовуються усереднені значення, які отримують при статистичних спостереженнях за навантаженням, при цьому виділяючи основні характеристики - навантаження, створене потоком викликів, тобто середню тривалість розмови, інтенсивність навантаження і кількість зайнятих каналів, кількість викликів абонентів за проміжок часу, тривалість паузи між викликами і час обслуговування виклику.

Дослідження характеристик мереж мобільного зв'язку багато разів проводилися раніше, однак вони не проводились для сучасних мультисервісних мобільних мереж, тому не відображають сучасну реальність, що приводить до локальних перевантажень на ділянках мережі.

Ця стаття є результатом проведеної дослідницької роботи на мережі оператора мобільного зв'язку PEOPLEnet з вивчення параметрів мультимедійного навантаження в сучасних умовах. При цьому досліджувався характер усього навантаження, що обслуговується протягом місяця квітня 2014 року безперервно кожні 5 хвилин. Вказане дослідження проводилося в м. Києві на вулицях Берковецькій та Підгірній. На момент проведення дослідження проводилися масові заходи, при проведенні яких кількість абонентів

перевищувала пропускну здатність стільника. Проведення вимірів навантаження здійснювалося шляхом зняття облікової інформації, що надійшла. Ці дані відображають тільки ту частину викликів, які обслуговуються оператором. Однак у випадках, коли абонент зайнятий або він не відповідає, тобто коли виклик не завершений тарифікованою розмовою абонентів, ця частина викликів залишається неврахованою. Таким чином, якщо порівняти враховане, тобто навантаження, що було опрацьоване, то воно виявиться менше того, що реально надійшло. При можливості локального перевантаження мережі найбільш вірогідні випадки отримання відмови в обслуговуванні, коли мережа зайнята через відсутність вільних каналів (тобто зайняті всі або зарезервовані для хендоверних абонентів канали). В цьому випадку виклик, що надійшов, взагалі залишиться незафіксованим навіть за допомогою програмного забезпечення.

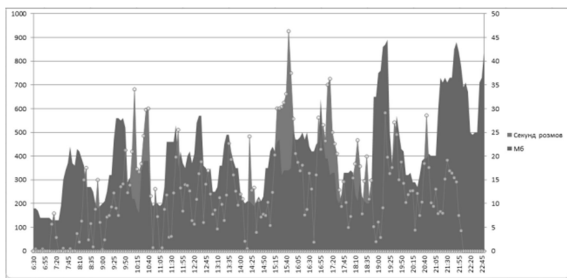
На рис. 4 наведено добову діаграму розподілення навантаження з 5-ти хвилинним інтервалом з двох БС. Це другий день тижня – вівторок. Результати досліджень щоденної завантаженості БС показали (рис. 4), що навантаження для повсякденної діяльності в будні дні досить стабільні і зміни незначні. Також з цих рисунків видно, що, не зважаючи на розташування в різних районах з різною кількістю активних користувачів МП, трафік має фрактальний характер. Інваріантна до масштабу, пульсуюча структура є характерною особливістю мобільних мультисервісних мереж.

З рис. 4 видно, що навантаження мережі змінюється протягом доби і цілком відображає повсякденний розпорядок життя [6]. Для встановлення залежності довжини черги від кількості зарезервованих каналів ми використали чисельне моделювання в середовищі MATLAB. Стандартний Пуассонівський потік викликів займав доступні канали, які звільнялись з постійною інтенсивністю. При перевищенні кількості доступних каналів надлишок викликів потрапляв у чергу. Експеримент проводився протягом достатньо великого часу, щоб середня довжина черги стабілізувалася. Експеримент проводився при різній кількості доступних каналів, результати наведені [5]. На рис. 5 наведено добову діаграму розподілення навантаження з 5-ти хвилинним інтервалом з двох БС. Це шостий день тижня – субота. У

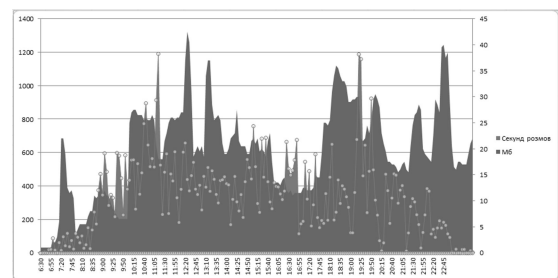
вихідні дні динаміка процесу така: на обох графіках видно, що з 7:20 зростають голосові виклики до 7:30, далі поступово починають зростати о 7:45 і спадають о 8:10, далі знову зростає о 8:35 і спадає о 9:10. Виклики даних починають поступово зростати з 8:10, а потім різко зростають о 9:25 і починають спадати об 11:05. Голосові виклики різко зростають о 9:20 і досягають піку о 10:00 і поступово йдуть на спад до 12:20. В цей час починають зростати виклики даних і досягають свого піку о 15:30 і спадають до 16:30. Невелике зростання голосових викликів відбувається з 12:25 до 12:20 і далі з 13:10 до 13:35. Потім знову зростає з 13:40 і поступово спадає до 14:50. Наступне велике зростання викликів даних відбувається о 16:40 і триває до 20:30, а потім знову зростає з 20:50 і триває до 22:30, і останній приріст викликів відбувається з 22:45 і до 23:30. Щодо голосових викликів, то зростання відбувається з 15:00 і до 16:30, а потім знову різко зростають, наближаючись до найбільшого приросту викликів о 16:40, а спадають о 17:30. Наступне невелике зростання можна прослідкувати о 17:45 і до 18:05, а також з 18:10 до 18:15. Після цього о 18:20 можна

прослідкувати зростання, яке спадає о 19:05. Невелике зростання з 19:10 до 19:15, після якого відбувається зростання голосових викликів о 19:20 і спадає о 19:55. З 20:10 до 20:15 знову невеликий приріст голосових викликів, наступний в 20:20, де після різкого зростання з 20:50 починає поступовий спад до 21:25. Два останніх прирости голосових викликів спостерігається з 21:30 до 21:50 і з 21:55 до 22:15.

Таким чином стає очевидно, що динаміка викликів різниться, а місцями голосові виклики повністю спадають і в цей час зростають виклики даних, чергуючись та змінюючи один одного, тому орієнтуватись та створювати моделі розподілення навантаження без урахування того, що динаміка по викликах не збігається, неефективно. Окрім цього, порівнюючи статистику, де відображена динаміка навантаження вихідного дня на двох БС, можна побачити, що вона відрізняється тим, що виклики обох типів починаються значно пізніше. Для викликів даних це 8:10 ранку, а голосові виклики закінчуються о 22:15.

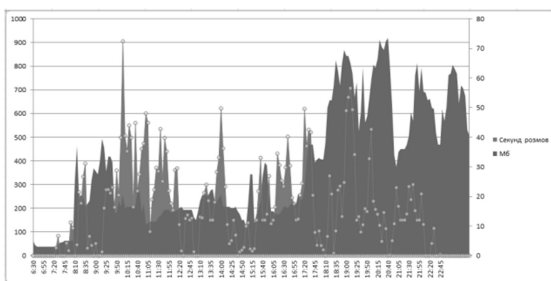


а)

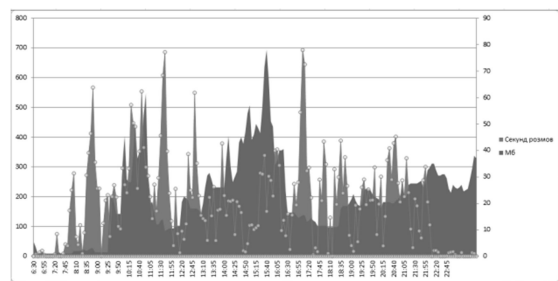


б)

Рис.4. Динаміка навантаження мережі протягом доби 01/04/14 (а - БС вул. Берковецька, б - БС вул. Підгірна м. Київ)



а)



б)

Рис.5. Динаміка навантаження мережі протягом доби 06/04/14 (а - БС вул. Берковецька, б - БС вул. Підгірна м. Київ)

Для докладнішого розгляду надходження на БС потоку викликів виділимо два види викликів, які створюють навантаження на БС

фіксованого стільника (рис. 6): 1. новий виклик, що виник всередині розглянутого стільника і завершився тут; 2. новий виклик, що виник

всередині розглянутої стільника і перейшов на обслуговування в сусідній стільник.

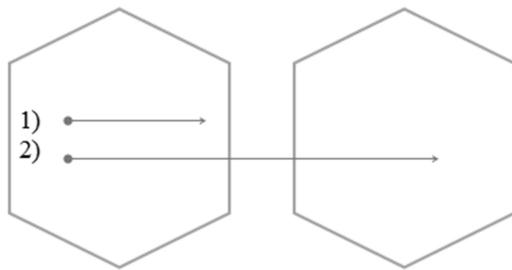


Рис.6. Два види викликів, що надходять на БС стільника

Оскільки в рамках цієї статті ми не розглядаємо випадки, де є хендовер-виклик, що надійшов у розглянутий стільник з сусіднього стільника і завершився в розглянутому стільнику; хендовер-виклик, що надійшов у розглянутий стільник з сусіднього стільника і перейшов на обслуговування в сусідній стільник.

На відміну від моделі двопотокової повнодоступної системи масового обслуговування (СМО) [6] з втратами, де непередбачена зона хендовера та резервування каналів для обслуговування хендовер-викликів, то неповнодоступна модель з безкінечною чергою і нетерплячими заявками дозволяє передбачити зону хендовера. Перейдемо від фізичної моделі до математичної, отже, припустимо, що потоки нових і хендовер-викликів є пуассонівськими потоками (ПП) інтенсивності λ_o (original calls) і λ_h (handover calls) відповідно. Таким чином, сумарний потік викликів, що створюють навантаження на базову станцію стільника, є пуассонівським потоком інтенсивності $\lambda = \lambda_o + \lambda_h$. Будь-який виклик, що обслуговується БС з інтенсивністю μ_1 завершує обслуговування всередині стільника і з інтенсивністю μ_2 переходить у сусідній стільник. Отже, тривалість обслуговування БС виклика, який завершить обслуговування всередині розглянутого стільника, має експоненціальний розподіл з параметром μ_1 , а тривалість обслуговування виклика, якому належить хендовер, - експоненціальний розподіл з параметром μ_2 . Таким чином, тривалість заняття каналу є експоненціальною розподіленою випадковою величиною (ВВ) з параметром $\mu = \mu_1 + \mu_2$. Число каналів у стільнику дорівнює C . Застосовується стратегія доступу з резервуванням: на БС стільника g каналів, призначені для обслуговування нових та хендовер-викликів, а решта $C - g$ каналів заре-

зервовані тільки для обслуговування хендовер-викликів. Передбачено наявність зони хендовера, в якій МП може перебувати не більше випадкового часу, що має експоненціальний розподіл з параметром λ . Якщо в момент, коли надходить виклик на обслуговування, число каналів більше $C - g$ і $0 \leq g \leq C$, тоді канал займається, інакше губиться. Наступний виклик, якщо немає вільного каналу, очікує на звільнення каналу. Обслуговування відбувається по типу FIFO. Виклик, який очікує в черзі, може покинути СМО з інтенсивністю μ_1 , що відповідає закінченню розмови в зоні хендовера, а також з інтенсивністю γ , що відповідає блокуванню хендовер-виклика при спробі передачі обслуговування з сусіднього стільника у розглянутий стільник. Тривалість обслуговування викликів є незалежними випадковими величинами, що мають експоненціальний розподіл з параметром μ . Ймовірність B_o блокування нового виклику відповідає ймовірності π_1 втрати 1-виклику. Відповідно до [6] можна визначити ймовірність втрат, довжину черг, ймовірність блокування B_h .

Для підвищення якості необхідно розрахувати кількість каналів при заданих параметрах довжини черги.

Для цього розрахуємо:

$$Q \sim e^{1/(N-N_0)} \quad (1)$$

Де N — кількість каналів, N_0 — мінімальна кількість каналів, при якій черга ще не росте необмежено. Величину $N - N_0$ можна сприймати як надлишок каналу — наскільки канал більший за мінімальну величину, при якій всі виклики ще можуть бути опрацьовані.

В реальній мережі голосовий трафік та трафік даних має різний пріоритет. Як показують звіти національних операторів [7], типове співвідношення між показником відмов для даних і голосових викликів становить приблизно 4:1. Таким чином, при оптимізації розподілення каналів ми розраховуємо на різну типову довжину черги для викликів даних і голосових викликів:

$$Q_d = aQ_v \quad (2)$$

Де a — показник відносного пріоритету, типове значення близько 4.

Зі співвідношення (2) та обмеження на загальну кількість каналів $N = N_d + N_v$, можна за допомогою (1) отримати такий результат:

$$N_d = \frac{N}{2} + \frac{N_d^0 - N_v}{2} + \frac{1}{\ln \alpha} - \frac{1}{2} \sqrt{(N - N_v - N_d^0) + \frac{4}{(\ln \alpha)^2}} \quad (3)$$

$$N_v = N - N_d$$

У ці формули входять невідомі N_v^0 і N_d^0 . З рис. 4, 5 видно, що величина суттєво змінюється протягом доби і має динамічно розраховуватись на основі статистики завантаження каналів таким чином:

$$N_d^0 = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^{k_1} \tau_d^i \quad (4)$$

$$N_v^0 = \frac{1}{T} \sum_{j=1}^{k_2} \tau_v^j \quad (5)$$

Де τ_d^i — тривалість i -го виклику даних, τ_v^j

— тривалість j -го голосового виклику, T — час, за який ми розраховуємо поточне значення. N_d^0 , k_1 , k_2 вибираються такими, щоб в суму ввійшли тільки ті виклики, які пройшли через базову станцію за час T .

Висновок

Аналіз отриманих результатів показує, що сучасний трафік є фрактальним. Використання ефективного методу розподілення викликів дозволяє розрахувати кількість каналів при заданих параметрах довжини черги для реального трафіка. Показано, що створювати моделі розподілення навантаження без урахування того, що динаміка за викликами не збігається, неефективно.

Список посилань

1. Гургенидзе, А. Т. Мультисервисные сети и услуги широкополосного доступа / А.Т. Гургенидзе, В.И. Кореш. – СПб.: Наука и техника, 2003. – 400 с.
2. Трещановский П.А. Оптимизация стохастической модели трафика для мультисервисных сетей / П. А. Трещановский // Инженерный вестник Дона. – 2011. – № 3. – С. 1-8.
3. Кравцова Н.А. Модель оценки качества обслуживания в мультисервисных сетях передачи данных, позволяющая описать агрегированный поток информации, потери и задержки / Н. А. Кравцова // Известия ОрелГТУ. – 2007. – №4-3/272(550). С. 74-78.
4. Алиев Р.Т. Методы управления трафиком в мультисервисных сетях / Р.Т. Алиев // Научно-технический вестник СПбГИТМО (ТУ). – 2002. – Выпуск 6. – С. 10–13.
5. Короненко А.М. Метод ефективного динамічного розподілення каналів між голосовими викликами та даними / А. М. Короненко // Electronics and Communications. – 2014. – № 4(81). – С. 83-89.
6. Гайдамака Ю.В. Модели обслуживания вызовов в сети сотовой подвижной связи / Ю.В. Гайдамака, Э.Р. Зарипова, К.Е. Самуйлов. – М.: Издательство Российского университета дружбы народов, 2008 – 72 с.
7. Звіт за договором № 233 від 08 липня 2013 року на надання послуг з проведення вимірювань показників якості послуг рухомого (мобільного) зв'язку в регіонах України [Електронний ресурс] / Науково-технічний центр "ОМНІС" – Режим доступу: <http://nkrzi.gov.ua/images/upload/96/4446/34f5f93a82c0dd259e5accf04ce12482.pdf>