

17. Информационные технологии для критических инфраструктур / под ред. А. В. Скаткова. – Севастополь : СевНТУ, 2012. – 306 с.
18. Trivedi K. S. Optimization of IaaS Cloud including Performance, Availability, Power Analysis [Электронный ресурс] / K. S. Trivedi. – Networking 2014, Trondheim, Norway. – June 2. – 2014. – Режим доступа : <http://www.networking2014.item.ntnu.no/pdfs/K2-KishorTrivedi-IFIP-Networking-2014.pdf>
19. Dai Y.-S. Cloud Service Reliability: Modeling and Analysis, Proc. IEEE Pacific Rim Int'l Symp [Электронный ресурс] / Y-S. Dai, B. Yang, J. Dongarra, G. Zhang // 15th IEEE Pacific Rim International Symposium on Dependable Computing (PRDC). – 2009. – Режим доступа : <ftp://www.ftp.radiomaryja.pl.eu.org/vol/rzm1/netlib/utk/people/JackDongarra/PAPERS-2012-01-24/Cloud-Shaun-Jack.pdf>
20. Lanus M. Hierarchical Composition and Aggregation State-Based Availability and Performability Models / M. Lanus, L. Yin, K. S. Trivedi // IEEE Trans. Reliability. – 2003. – Vol. 52, no. 1. – P. 44–52.



УДК 004.724

Ю. О. Кулаков, доктор технічних наук,
професор кафедри обчислювальної техніки
НТУУ “Київський політехнічний інститут”
А. М. Короненко, аспірант кафедри обчислювальної
техніки НТУУ “Київський політехнічний інститут”

СПОСІБ РОЗПОДІЛЕННЯ КАНАЛІВ У МОБІЛЬНІЙ МЕРЕЖІ

Запропоновано й обґрунтовано спосіб розподілення каналів, який, ураховуючи фрактальні властивості мережі, підвищує якість прогнозування та дозволяє отримати чіткіші правила для розрахунку кількості каналів мультимедійного трафіка. Для збільшення ефективності балансування черги запропоновано використовувати адаптивні алгоритми.

Ключові слова: мобільна мережа; хендовер-виклики; трафік; QoS.

The article proposes and justifies method of distribution, given the fractal properties of the network, which improves the quality of forecasting and provides number of channels for multimedia traffic calculation rules, which are more precise. To improve the balancing the queue efficiency adaptive algorithms usage is offered.

Key words: multiservice mobile network; handover; traffic; QoS.

Постановка проблеми. Відомо два підходи до резервування каналів: 1) з використанням константи для задання максимальної кількості каналів, які буде виділено для роботи мережі, коли кількість викликів перевищуватиме кількість каналів і виклики відкидатимуться; 2) з використанням функціональних рядів, наприклад усереднення за рік або розкладання усередненого у функціональний (гармонійний) ряд, коли відома статистика на певний проміжок часу і виділення каналів відбувається відповідно до заданих попередніх параметрів. Але такий варіант не придатний для випадків, коли навантаження стає погано прогнозованим, оскільки при цьому слід розрізняти короточасні зміни (ефект Доплера),

© Ю. О. Кулаков, А. М. Короненко, 2014

пов'язані з досить швидким переміщенням мобільних пристроїв, та довгочасні зміни, пов'язані з принциповими змінами в мережі зв'язку.

Для зменшення можливості виникнення конфліктних ситуацій ефективні стратегії доступу, що ґрунтуються на схемах розподілу всього пулу каналів між різнотипними викликами.

Для досягнення поставленої мети виконуються такі завдання:

1. Провести аналіз останніх досліджень з метою виявлення основних проблем під час розподілення каналів.

2. Створити спосіб, що, враховуючи фрактальність і зону хендовера, дає глибший прогноз динаміки за викликами та чіткіші правила розподілення пулу каналу.

Висунуто такі гіпотези:

1) динамічне розподілення каналів дозволить підвищити QoS;

2) прогноз кількості хендовер-викликів дозволить ефективніше виділяти канали під хендовер-виклики;

3) використання адаптивного фільтру дозволить передбачати зміни стану мережі та адаптуватись до реальних змін.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для підтримки та підвищення QoS необхідно динамічно змінювати кількість зарезервованих каналів для голосових викликів і даних. Існують механізми контролю надходження викликів, що базуються на ресурсах: механізми для розрахунку ресурсів та для резервування ресурсів виклику, таких як смуга пропускання, часові інтервали на каналах зв'язку, потужність центрального процесора та пам'ять. У цих методах наявна інформація про топологію, береться до уваги доступність смуги пропускання на кожному вузлі та каналі, гарантована наявність смуги пропускання для виклику на всьому шляху протягом усього часу виклику, резервування встановлюється для кожного виклику перед його дозволом. Тобто на якість виклику не впливають зміни динаміки мережного трафіка, а також індивідуальне резервування потоків у граничних каналах з низьким рівнем пропускну здатності. Тому завдяки механізмам резервування можна гарантувати якість обслуговування впродовж виклику, водночас усі інші механізми контролю надходження викликів (локальні, що базуються на вимірах чи розрахунках ресурсів) приймають одноразове рішення перед установами виклику на основі інформації про поточний стан мережі. Оскільки довжина черги залежить від кількості зарезервованих каналів, для підвищення якості необхідно розрахувати кількість каналів із заданими параметрами довжини черги.

У праці [1] показано, що відома модель із балансуванням навантаження за необхідними значеннями показників, що пов'язано з мінімізацією коефіцієнта максимального використання каналів мережі, підтвердила, що зі зростанням навантаження мережі значення коефіцієнта лінійно збільшується, внаслідок чого в числових значеннях основних показників QoS гарантовано немає коливань. У [2] проведено дослідження, де потокова модель із балансуванням навантаження за необхідними значеннями показників максимального використання каналів мережі не в усіх випадках дозволяє максимально покращити показники QoS. У працях [3; 4] у межах аналітичного виразу пов'язано кілька показників якості для надання мережею гарантованої якості обслуговування. Аналіз поточних моделей, в яких передбачено втрати викликів, показав, що ці моделі не придатні для передбачення зони хендовера та резервування каналів для обслуговування хендовер-викликів.

Більшість відомих алгоритмів, які базуються на гауссових процесах, не можуть розрізняти день і ніч для трафіка, хоча й мали б включати всю попередню інформацію про регулярність часових рядів і використовувати контекстну інформацію, наприклад наявність свят. На відміну від відомих методів, де не враховується різниця між динамікою голосового трафіка та даних протягом доби, не можна очікувати значного підвищення QoS у ранкові та вечірні години. Статичне резервування каналів для перехідних викликів не дозволить

наблизити навантаження каналів до оптимального та зрівняти QoS для постійних абонентів стільника і для перехідних викликів. До основних недоліків цих методів можна зарахувати те, що в разі статичного розподілу максимальна довжина черги в моменти пікових навантажень зростає і залишається на високому рівні, доки не знизиться навантаження. Тому в цьому випадку використання прогнозу було б виправдано.

Найпопулярніші для прогнозування моделі авторегресії та проінтегрованого ковзного середнього (ARIMA) [5; 6]. Щоб отримати адекватну модель, необхідно виявити параметри, які дозволять спрогнозувати зміни кількості хендовер-викликів у стільнику мобільної мережі. Особливість дослідження полягає в тому, що прогнозна модель ARIMA вперше застосована до фрактального трафіка.

Мета статті – створити й обґрунтувати спосіб для розподілення каналів у мобільній мережі.

Виклад основного матеріалу. Найдоцільніше виконувати це завдання комплексно, розділивши умовно весь пул каналів на типи викликів. Для ефективнішої роботи мережі потрібно використовувати резервування каналів під виклики, тому потрібно виділити їх. Поділ усіх викликів у каналах, які надходять на базову станцію (БС), за категоріями й типами подано на рис. 1. Як видно з рисунка, канали всього пулу діляться на такі, що відведено під нові виклики, під хендовер-виклики та резерв, який містить зарезервовані канали, котрі очікують хендовер-виклики й нові. Кожна категорія містить такі типи викликів, як голосові виклики та дані.

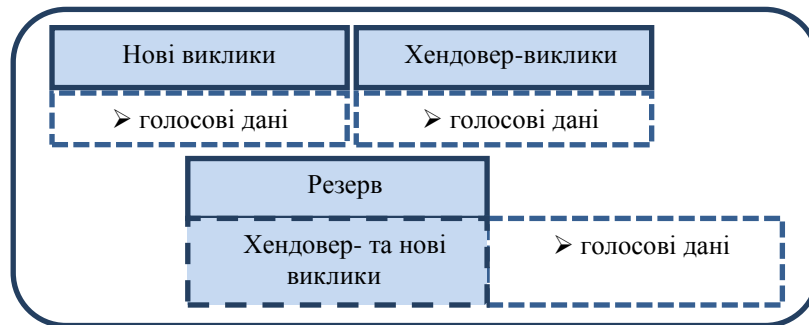


Рис. 1. Розподіл викликів за каналами

Проведено експерименти, що підтверджують нашу гіпотезу. Як вхідні використано дані статистики з двох організацій, що спеціалізуються на мобільних мережах.

Перший експеримент відбувався для прогнозування зміни кількості хендовер-викликів у стільнику мобільної мережі. Дата експерименту: 8 грудня 2014 р. на БС, що розміщена в м. Києві на бул. І. Кудрі, дані надано ТОВ “ТРИМОБ”, дослідження тривали протягом доби, всього отримано 96 спостережень.

Зауваження № 1. Через технічні обмеження, під час експерименту не було можливості розділити тривалість викликів у статистиці рівня радіомережі на вхідні/вихідні, тому тривалість викликів у кожному інтервалі заміру представлено одним числом.

Зауваження № 2. Статистика за хендовером містить кількість спроб хендовера з розбивкою за напрямком. У кожному інтервалі заміру наведено всі можливі напрямки в стільнику як за вхідними, так і за вихідними хендоверами.

Зауваження № 3. Мініміально доступні інтервали заміру на обладнанні, що використовувалось, – 15 хвилин.

Для наступного експерименту на мережі оператора мобільного зв'язку PEOPLE.net досліджувався характер усього навантаження, що обслуговується протягом квітня 2014 р.; статистичні показники вимірювались безперервно щодня кожні 5 хвилин. Дослідження проводилося в м. Києві на вулицях Берковецькій та Підгірній. На момент його проведення відбувались масові заходи, під час яких кількість абонентів перевищувала пропускну здатність стільника. Навантаження вимірювалося шляхом зняття облікової інформації, що надійшла.

Зауваження № 4. Ці дані відображають тільки ту частину викликів, які обслуговуються оператором. Однак у випадках, коли абонент зайнятий або не відповідає, тобто коли виклик не завершено тарифікованою розмовою абонентів, ця частина викликів залишається неврахованою. Таким чином, якщо порівняти враховане, тобто навантаження, що було опрацьовано, то воно виявиться менше того, яке реально надійшло. У разі локального перевантаження мережі найімовірніші випадки отримання відмови в обслуговуванні, коли мережа зайнята через відсутність вільних каналів (тобто зайняті всі або зарезервовані для хендверних абонентів канали). В цьому випадку виклик, що надійшов, взагалі залишиться незафіксованим навіть за допомогою програмного забезпечення.

Для третього експерименту, який підтверджує, що зі зростанням навантаження ймовірність блокування кожної категорії викликів (нових та хендвер-викликів) зменшується, що означає, що в цьому діапазоні навантаження для кожної категорії викликів буде достатньо ресурсів. Дослідження проводилось для двох БС у м. Києві по вул. Берковецька та вул. Синьоозерна.

Зауваження № 5. У зоні хендвера рух мобільного пристрою (МП) у напрямку сусіднього стільника супроводжується погіршенням якості зв'язку. МП може провести в зоні хендвера деякий час, що залежить від таких параметрів системи, як розмір стільника, швидкість і напрямок руху абонента. За час перебування МП у зоні хендвера відбувається пошук вільного радіоканалу на БС сусіднього стільника.

Вважатимемо, що, потрапивши в зону хендвера, МП не може змінити напрямок руху так, щоб повернутися на територію стільника, через БС якої підтримується поточне з'єднання. Тоді можливі три варіанти:

- передача обслуговування поточного з'єднання на один із вільних каналів БС сусіднього стільника;
- успішне завершення обслуговування поточного з'єднання через закінчення розмови абонентом під час перебування в зоні хендвера;
- вимушений розрив поточного з'єднання на території сусіднього стільника – блокування хендвера, яке відбудеться, якщо в момент перетину абонентом меж зони хендвера передача обслуговування від поточного з'єднання БС до сусіднього стільника неможлива.

Динамічне резервування каналів підвищує QoS. Для цього необхідно використовувати динамічні методи, наприклад нейронні мережі або методи адаптивної фільтрації. Нині найпоширеніші статичні методи виділення каналів, коли їх кількість, що обрана на основі статистики за певний звітний період, виділяється один раз під час налаштування БС у мережі. Недоліком таких методів є неврахування таких змін навантаження мережі, як експоненціальне зростання трафіка під час свят, великого скупчення МП, роумінг і т. д. Тому ці методи не придатні для типу мобільних мереж. Наступний метод – розкладання в гармонійний ряд. Це складніший метод, який відповідно до часу доби або тижня, як зазначено, виділяє певну кількість каналів (також середнє значення за певний звітний період). Недоліком цього методу є неможливість динамічно враховувати значне коливання навантаження в певний період, що знижує ефективність усієї мережі. Отже, методом, який урахуватиме недоліки статичних методів та додатково даватиме змогу прогнозувати навантаження, обрано адаптивну фільтрацію. За основу взято гармонійний ряд (наявну статистику або базову модель), який порівнюватиметься з наявним навантаженням. Якщо воно збільшуватиметься або зменшуватиметься, відбудуватиметься відповідна корекція.

Стрімке зростання обчислювальних можливостей для складних високопродуктивних мереж дало змогу використовувати адаптивні алгоритми. Для розв'язання нашої задачі взято адаптивний алгоритм, на якому базується фільтрація на основі найменших квадратів (оптимального фільтра Вінера). Оскільки параметри фільтра автоматично підлаштовуються під проаналізовані статистичні властивості мережі, це дозволяє їй успішно функціонувати, коли заздалегідь невідомі статистичні властивості. Тобто в режимі реального часу можна резервувати канали під хендовер-виклики найефективнішим способом. Отже, для підтримки заданої QoS необхідно використовувати підлаштування параметрів мережі. Недолік адаптивної фільтрації полягає в тому, що стан мережі буде незмінним певний час, який потрібен для порівняння з базовою моделлю. Спільне використання моделі для прогнозування зміни кількості викликів разом з адаптивним фільтром дозволяє передбачати зміни стану мережі та адаптуватись до реальних змін.

На рис. 2 наведено спосіб організації розподілення трафіка в мобільних мережах.

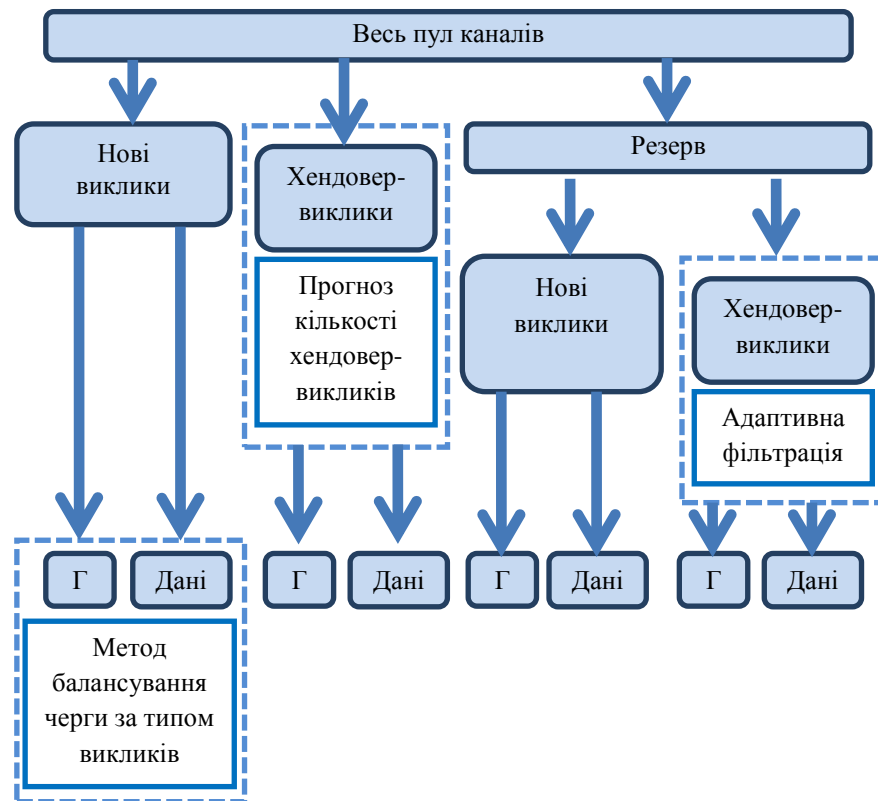


Рис. 2. Умовна схема розподілу каналів

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку. Запропоновано спосіб розподілення каналів, який, урахувавши фрактальні властивості мережі, підвищує якість прогнозування та дозволяє отримати чіткіші правила для розрахунку кількості каналів мультимедійного трафіка. Для підвищення ефективності балансування черги пропонується використовувати адаптивні алгоритми та прогнозування. Використання найпростіших методів адаптивної фільтрації дає змогу врахувати характеристики мобільної мережі й організувати підлаштування фільтра для ефективної корекції в

режимі реального часу резервування каналів під хендовер-виклики за допомогою мінімізації помилки відтворення базової моделі. Для розв'язання задачі найдоцільніше застосовувати методи прогнозування моделі ARIMA, адаптивний фільтр Вінера, розроблені методи балансування черги [7].

Список використаних джерел:

1. Mérindol P. Improving Load Balancing with Multipath Routing/ P. Mérindol, J. Pansiot, S. Cateloin // Proc. of the 17th International Conference on Computer Communications and Networks, IEEE ICCCN. – 2008. – P. 54–61.
2. Лемешко А. В. Усовершенствование потоковой модели многопутевой маршрутизации на основе балансировки нагрузки [Электронный ресурс] / А. В. Лемешко, Т. В. Вавенко // Проблемы телекоммуникаций. – 2012. – № 1 (6). – С. 12–29. – Режим доступа : http://www.pt.journal.kh.ua/2012/1/1/121_lemeshko_multipath.pdf
3. A scalable model for interbandwidth broker resource reservation and provisioning / H. A. Mantar, J. Hwang, I. T. Okumus [and other] // IEEE Journal on Selected Areas in Communications. – 2004. – Vol. 22, Issue 10. – P. 2019–2034.
4. RATES: a server for MPLS traffic engineering / P. Aukia, M. Kodialam, P. V. N. Koppol [and other] // IEEE Network. – 2000. – Vol. 14, Issue 2. – P. 34–41.
5. Гребенников А. В. Моделирование сетевого трафика и прогнозирование с помощью модели ARIMA / А. В. Гребенников, Ю. А. Крюков, Д. В. Чернягин // Системный анализ в науке и образовании. – 2011. – № 1. – С. 1–11.
6. Крюков Ю. А. ARIMA – модель прогнозирования значений трафика / Ю. А. Крюков, Д. В. Чернягин // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2011. – № 2. – С. 41–49.
7. Короненко А. М. Метод ефективного динамічного розподілення каналів між головними викликами та даними / А. М. Короненко // Electronics and Communications. – 2014. – 4 (81). – С. 83–89.