

УДК 621. 391

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕДАЧІ МУЛЬТИМЕДІЙНОГО ТРАФІКА В МЕРЕЖІ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

Ложковський А.Г., Кулешова В.В.

*Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова,
65029, Україна, м. Одеса, вул. Кузнечна, 1.
aloshk@onat.edu.ua, vkuleshova7@gmail.com*

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕДАЧИ МУЛЬТИМЕДИЙНОГО ТРАФИКА В СЕТИ МАСОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Ложковський А.Г., Кулешова В.В.

*Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова,
65029, Украина, г. Одесса, ул. Кузнечная, 1.
aloshk@onat.edu.ua, vkuleshova7@gmail.com*

THE ANALYSIS OF EVALUATION METHODS OF THE MULTIMEDIA TRAFFIC TRANSMISSION PROCESSES IN THE QUEUEING NETWORK

Lozhkovskii A. G., Kuleshova V. V.

*O.S. Popov Odessa national academy of telecommunications,
1 Kuznechna St., Odessa, 65029, Ukraine.
aloshk@onat.edu.ua, vkuleshova7@gmail.com*

Анотація. Розвиток засобів зв'язку останнього десятиліття спрямований на значне впровадження швидкісних цифрових мереж і нових послуг на основі пакетизованого передавання інформації різних видів. Основна мета розвитку мультисервісних мереж – підвищення якості обслуговування (QoS) запитів різного роду додатків мережі й окремих користувачів. У роботі проведений аналіз досліджень та публікацій, присвячених методам оцінки ймовірно-часових характеристик мереж масового обслуговування. Розглянуто використання тензорного методу разом з імітаційним моделюванням для аналізу мультисервісних мереж з різноманітними структурами зв'язку між ними.

Ключові слова: мережі масового обслуговування, тензорний аналіз, якість обслуговування в мультисервісних телекомунікаційних мережах.

Аннотация. Развитие средств связи последнего десятилетия направлено на широкое внедрение высокоскоростных цифровых сетей и новых услуг на основе пакетизированной передачи информации различных видов. Основная цель развития мультисервисных сетей — повышение качества обслуживания (QoS) запросов различного рода сетевых приложений и отдельных пользователей. В работе проведен анализ последних исследований и публикаций, посвященных методам оценки вероятностно-временных характеристик сетей массового обслуживания. Рассмотрено применение тензорного метода совместно с имитационным моделированием для анализа мультисервисных сетей с различными структурами связи между ними.

Ключевые слова: сеть массового обслуживания, тензорный анализ, качество обслуживания в мультисервисных телекоммуникационных сетях.

Abstract. The development of communication means over the last decade has been aimed at the widespread implementation of high-speed digital networks and new services based on transmission of various kinds of packaged information. The main goal of multiservice networks' development is increasing the Quality of Service for queries sent by different network applications and single users. The present article provides an analysis of the latest research and publications associated with the methods of evaluating queueing service networks' probability and time characteristics. The article corroborates the expedience of

using the tensor method in conjunction with imitational modelling for analyzing multiservice networks that interact with the help of different communication structures.

Key words: queueing network, tensor analysis, Quality of Service in multiservice telecommunication networks.

Процеси функціонування мереж та систем зв'язку можна представити тією чи іншою сукупністю систем масового обслуговування (СМО), для яких визначаються характеристики якості обслуговування (*QoS – quality of service*). Одним із класів СМО в телекомунікаціях є системи розподілу інформації (СРІ), до яких належать мережі зв'язку в цілому або окремі комутаційні вузли або, наприклад, пакетні комутатори, що обслуговують за певним алгоритмом повідомлення телекомунікаційних служб. Кількісна сторона процесів обслуговування потоків повідомлень (трафіка) у СРІ є предметом теорії телетрафіка. Ця теорія, як самостійна наукова дисципліна, являє собою набір імовірнісних методів вирішення проблем проектування нових та експлуатації діючих систем телекомунікацій [1].

Як правило, в якості СМО або СРІ розглядається пучок каналів або ліній, окремий комутатор або весь комутаційний вузол телекомунікаційної мережі. Однак характеристики якості обслуговування трафіка, які отримано для одного з таких вузлів мережі, до якої належить цей комутаційний вузол, будуть суттєво відрізнятися від загальної якості обслуговування у разі передавання потоку повідомлень через декілька транзитних вузлів кінцевому отримувачу трафіка. Отже, якщо заявка обслуговується більш ніж в одному вузлу телекомунікаційної мережі, то необхідно оцінювати характеристики якості обслуговування для мережі в цілому. У цьому випадку вся телекомунікаційна мережа розглядається як *мережа масового обслуговування* (ММО – *Queueing Networks*). Кожний вузол такої мережі розглядається як СМО певного типу. При цьому заявки можуть надходити до мережі в різних її точках (вузлах) і після обслуговування в одному вузлу (СМО) передаються лініями зв'язку на інші вузли для подальшого обслуговування. При дослідженні мережі необхідно задавати її топологічну структуру, тому що вона визначає можливі переходи заявок між вузлами. Необхідно також описати маршрути окремих заявок і можливі моделі потоків заявок між вузлами мережі.

З опублікованих результатів досліджень [4-9] за тематикою мереж масового обслуговування видно, що на сьогодні отримано тільки часткові результати, і досліджуються ММО самими різноманітними методами. Крім того, майже немає результатів для мультисервісних телекомунікаційних мереж з точки зору ММО, оскільки мало результатів є й для більш простого порівняно з ММО випадку СМО (мультисервісної СРІ). Тому доцільна розробка єдиного підходу до методики аналітичних досліджень характеристик якості обслуговування різноманітних мереж масового обслуговування.

Метою даної статті є аналіз методів для розв'язання актуальної задачі розробки математичного апарату, який дозволить при використанні різних складових визначити необхідні характеристики мережі масового обслуговування з урахуванням її масштабу.

При синтезі мультисервісних телекомунікаційних мереж однією з найбільш важливих задач є забезпечення необхідної якості обслуговування, яке досягається при параметричному синтезі. Методи параметричного синтезу дозволяють використовувати як лінійні, так і нелінійні моделі і враховувати наявність функціональних і ймовірних залежностей між параметрами потоків, що передаються, та параметрами якості обслуговування.

Предметом теорії масового обслуговування є прогнозування поведінки систем та мереж масового обслуговування і встановлення залежності між характером потоку заявок, числом каналів, продуктивністю каналів та ефективністю обслуговування. Як характеристики ефективності можуть бути різні величини: середня кількість заявок, які обслужені, середній час очікування в черзі, середній час простою та ін.

Оскільки проблема побудови мультисервісної мережі вирішується найчастіше за малих масштабів, без урахування впливу інших вузлів обслуговування, то це ускладнює контроль за якістю обслуговування.

Вивченню систем масового обслуговування присвячена достатня кількість робіт. Для пакетних мереж зв'язку застосовують математичну модель самоподібного трафіка, але при цьому не існує достовірної та визнаної методики розрахунку параметрів і характеристик якості систем масового обслуговування в умовах обслуговування такого трафіка. Зі зростанням ступеня самоподібності пакетного трафіка характеристики якості обслуговування у системі суттєво погіршуються порівняно з обслуговуванням трафіка аналогічної інтенсивності, але без ефекту самоподібності [1].

Відомі результати, отримані для систем с різноманітними параметрами та характеристиками. Зокрема, в дисертації Ложковського А. Г. вирішена науково-технічна проблема розробки нових методів аналізу і синтезу структурно-складних систем розподілу інформації, що функціонують в умовах мультисервісного трафіка. Класифіковано три типи трафіка мультисервісних мереж зв'язку, які властиві окремим сегментам або мережі в цілому. Ступінь відмінності трафіка визначається коефіцієнтом скупченості навантаження. Для кожного з його типів розроблено відповідні методи оцінки характеристик QoS при обробленні трафіка у системах розподілу інформації, представлених моделями: $M/D/m/\infty$, $MV/M/m$, $NM/G/m$, $NM/D/m/\infty$, $fBM/G/1/\infty$, $G/M/1/\infty$ та $G/D/1/\infty$. Для моделі $G/G/1/\infty$ встановлені аналітичні взаємозв'язки між всіма характеристиками QoS. Для мережі мобільного зв'язку розроблено метод розрахунку ймовірності відмови в наданні радіоканалу, а для мережі сигналізації – метод оцінки продуктивності каналів сигналізації на мережному та транспортному рівнях. А також, розроблено систему автоматизованого проектування та імітаційного моделювання телекомунікаційних систем і мереж [1].

У статті [3] досліджено методи підвищення точності розрахунку характеристик якості обслуговування в мережі із самоподібним трафіком за рахунок більш точного знаходження коефіцієнта Херста в залежності від параметра форми розподілу Парето. Оскільки самоподібний трафік (інтервал часу між заявками) краще всього описується розподілом Парето, то саме для нього отримана нова формула розрахунку коефіцієнта самоподібності трафіка. При цьому розрахунок характеристик якості обслуговування можна виконувати на основі формули Норрора, яка справедлива для моделі $fBM/D/1/\infty$.

Проте в реальних системах використання окремих систем масового обслуговування, як моделей реальних інформаційних систем, дуже обмежене. Для моделювання більшості реальних систем обслуговування інформаційних потоків достатньо використовувати набір систем масового обслуговування з певним структурним зв'язком між ними, тобто в якості моделі є можливість розглядати мережі масового обслуговування.

В зв'язку з тим, що технології обслуговування інформаційних потоків удосконалюються та збільшується масштаб мереж, що ускладнює процес забезпечення якості обслуговування, актуальною стає задача забезпечення подальшого розвитку інформаційних мереж простим, зручним і зрозумілим апаратом дослідження основних характеристик даної мережі.

В роботі [4] для оцінки ймовірно-часових характеристик мережі запропоновано використати математичний апарат перетворення систем координат, розглядаючи мережі масового обслуговування, як геометричні об'єкти, проєкції яких у різних системах координат різні, а фізичні властивості самих об'єктів при цьому не змінюються.

Будь-яку мультисервісну мережу з достатньою точністю можна представити як мережу масового обслуговування (ММО), ймовірно-часові характеристики якої можна оцінити, використовуючи тензорний метод аналізу мереж. Засновниками тензорної методології аналізу систем є відомий американський науковець Крон Г., який використовував тензорну теорію для моделювання електричних мереж.

Г. Крон дійшов висновку, що інваріантом перетворення структури є лінійна форма, пов'язана з кожним елементом мережі. Для електричних мереж роль такої форми відіграє потужність, яка розсіюється на гілках мережі. В додатку до теорії зв'язку, подальший розвиток тензорний метод Г. Крона отримав в роботах В.В. Лебедянцева, який знайшов певні аналогії теорії зв'язку і теорії електричних мереж та використав тензорний метод для побудови моделі каналів і мереж зв'язку, визначаючи найважливіші характеристики цих об'єктів. М.Н. Петров використав тензорний метод для аналізу ймовірно-часових характеристик у мережах зв'язку [5]. Далі ідея тензорного аналізу для інформаційних мереж отримала свій розвиток у роботах Петрова О.Е., Арменського, Кузнєцова О.Л., Кулагіна В.П., Петрова М.Н., Поповського В.В., Лемешко О.В., Стрелковської І.В. та ін. [5-8].

Більш складний аналіз ММО як моделі мультисервісних мереж, пов'язаний з різномірністю потоків у даних мережах. В дослідженнях [4] був зроблений висновок про можливість використання як джерел навантаження генераторів з наступними розподілами: експонентний у вигляді класичного зображення потоків викликів; розподілу Парето, який має властивості самоподібності і розподілу Вейбулла, який має так званий «тяжкий хвіст» і має місце в реальних телекомунікаційних мережах.

В роботі [7] запропонована побудова тензорної моделі телекомунікаційної мережі, представленої мережею масового обслуговування, і показано, що використання тензорних методів дозволяє отримати в аналітичному вигляді результати оцінки якісних характеристик мережі. Отримана методика ефективних рішень оцінки якісних характеристик мережі при одночасному аналізі структурних параметрів і функціональних властивостей мережі та систем масового обслуговування різноманітних архітектур і розмірностей. Використання тензорної моделі ММО, представленої системами масового обслуговування М/М/1, дозволяє розв'язати задачі оцінки якості обслуговування при зміні параметрів мережі, при переході від одної топології до іншої, прогнозування стану мережі з урахуванням топології і властивостей технологічної побудови комутаційних вузлів.

Отже, тензорний метод дозволяє достатньо просто формалізувати проектні процедури для мультисервісних мереж; складні топології, необхідність урахування особливостей передачі в різноманітних технологіях, динамічне керування маршрутами потоків: все це приводить до складностей в розподіленні трафіка і визначенні показників якості класичними методами; тензорний метод дозволяє розподіляти навантаження й оцінювати необхідні показники якості при невисоких витратах. Основною перевагою тензорного методу є: лінійна залежність складності розрахунків від масштабу мережі, можливість оцінки характеристики мереж при обслуговуванні різномірних інформаційних потоків, можливість вирішення мультикритеріальної задачі при оцінці параметрів телекомунікаційних мереж, а також простота програмної реалізації. Також тензорний аналіз мереж дозволяє зменшити обчислювальні витрати на розв'язання задач, зменшити затримки при динамічному керуванні інформаційно-комунікативними системами і забезпечити хорошу масштабованість мережі як при впровадженні нових послуг, так і при зміні структури і технологій мережі. Крім того, тензорний аналіз дозволяє достатньо просто формалізувати проектні процедури з метою автоматизації процесу проектування мереж, що забезпечує підвищення якості обслуговування інформаційних потоків у мережах, які працюють на базі стека протоколів ТСП/IP, рівномірне завантаження пристроїв мережі і зменшення часу затримки, обумовленої додатками мережі в транзитних і кінцевих вузлах мережі. Проте тензорні методи не дозволяють дослідити динамічні характеристики ММО та математичну модель мультисервісного трафіка, що передається мережею. В основному всі результати отримано тільки для пуассонівської моделі трафіка.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Ложковский А.Г. Теория массового обслуживания в телекоммуникациях / Ложковский А.Г. – Одесса: ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2012. – 112 с.
2. Ложковский А.Г. Модель трафика в мультисервисных сетях с коммутацией пакетов / А.Г. Ложковский // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2010. – № 1. – С. 63-67.
3. Ложковский А.Г. Підвищення точності розрахунку характеристик якості обслуговування при самоподібному трафіку мережі / А.Г. Ложковський, О.В.Вербанов // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2015. – № 1. – С.36-41.
4. Пономарев Д.Ю. Тензорный метод для телекоммуникационных сетей / Д.Ю. Пономарев // Труды КГТУ. – 2006. – № 2-3 – С.49-56.
5. Лемешко А.В. Адаптация тензорных решений задачи многопутевой маршрутизации к дейтаграммным сетям / А.В. Лемешко, Т.И. Григорьева // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2003 – № 1. – С. 72-76.
6. Крон Г. Тензорный анализ сетей / Крон Г. – М.: Сов. Радио, 1978. – С. 720.
7. Стрелковская И. В. Тензорный анализ качественных характеристик сети массового обслуживания / И. В. Стрелковская., И.Н. Соловская // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2010. – № 2. – С. 20-25.
8. Петров М. Н. Тензорная методология в информационных сетях / Петров М.Н., Вережкина Е.В., Захарченко М.О. – Красноярск: НИИ СУВПТ, 2001. – С. 225.
9. Пономарев Д.Ю. Тензорный метод для телекоммуникационных сетей / Д.Ю.Пономарев //Труды КГТУ. – 2006. – № 2–3. – С. 49–56.
10. Пономарев Д. Ю. Исследование вероятностно-временных характеристик информационных сетей тензорным методом/ Д.Ю. Пономарев //Компьютерные учебные программы и инновации. – 2007. – № 7. – С. 160–161.

REFERENCES:

1. Lozhkovskii A.G. Teoriia massovogo obsluzhivaniia v telekommunikatsiiah / A.G. Lozhkovskii. – Odessa: ONAZ im/ O/S/ Popova. – 2012. – 112 s.
2. Lozhkovskii A.G. Model trafika v mul'tiservisnyh setiah s komutatsiei paketov / A.G. Lozhkovskii // Naukovi pratsi ONAZ im. O.S. Popova. – 2010. – № 1. – S.63-67.
3. Lozhkovskiy A.H./ Pidvyshchennia tochnosti rozrakhunku kharakterystyk yakosti obsluhovuvannia pry samopodobnomu trafiku merezhi/ A.H. Lozhkovskiy, O.V.Verbanov // Naukovi pratsi ONAZ im. O.S. Popova. – 2015. – № 1. – С.36-41
4. Ponomarev D.Iu. Tenzornyy metod dlia telekommunikatsyonnykh setei / D.Iu. Ponomarev // Труды КНТУ. – 2006. - № 2-3 – S.49-56.
5. Lemeshko A. V. Adaptatsiya tenzornykh resheniy zadachy mnohoputevoi marshrutyzatsyy k deitahrammnyim setiam / A. V. Lemeshko, T. Y. Hryhoreva // Naukovi pratsi ONAZ im. O. S. Popova - 2003 – № 1. – S. 72-76.
6. Kron, H. Tenzornyy analiz setei / H. Kron.// M.: Sov. Radyo. – 1978. – S. 72.
7. Strelkovskaia Y. V. Tenzornyy analiz kachestvennykh kharakterystyk sety massovoho obsluzhyvaniya / Y. V. Strelkovskaia., Y.N. Solovskaia // Naukovi pratsi ONAZ im. O.S. Popova. – 2010. – № 2. – S. 20-25.
8. Petrov M. N. Tenzornaia metodologiya v ynformatsyonnykh setiakh/ M. N. Petrov, E.V. Verevkyna, M. O. Zakharchenko// Krasnoiarsk: NYY SUVPT. – 2001. – С. 22.
9. Ponomarev D. Iu. Tenzornyy metod dlia telekommunikatsyonnykh setei / D.Iu.Ponomarev // Труды КНТУ. – 2006. – № 2–3. – S. 49–56.
10. Ponomarev D. Iu. Yssledovanye veroiatnostno-vremennykh kharakterystyk ynformatsyonnykh setei tenzornym metodom/ D.Iu. Ponomarev //Kompiuternyye uchebnyye prohrammy y unnovatsyy. – 2007. – № 7. – S. 160–161.