

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

на дисертаційну роботу Селюченка Мар'яна Олександровича "Моделі та алгоритми підвищення якості обслуговування у телекомунікаційних програмно-конфігурованих мережах", подану до захисту на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі

1. Актуальність теми дисертації

Критерієм вибору телекомунікаційної технології для її використання в телекомунікаційних системах є забезпечення необхідного рівня якості надання телекомунікаційних послуг (QoS). Ієрархічна структура та універсальність традиційних TCP/IP-мереж ускладнюють керування задачу мережею в цілому, перемістивши при цьому частину функцій керування потоками навантаження до мережних елементів (комутатор, маршрутизатор).

Особлива увага щодо забезпечення заданих показників якості обслуговування у рамках керування мережею приділяється засобам маршрутизації та розподілу потоків навантаження в умовах високого навантаження. У зв'язку з цим розвиток і впровадження відкритих мережах, конфігурація яких визначається програмно, потребує вдосконалення існуючих протоколів маршрутизації та механізмів балансування потоків навантаження. Існуючі протоколи маршрутизації забезпечують розрахунок найкоротшого маршруту лише за однією, нехай навіть композитною метрикою, тому не гарантуються необхідні числові значення показників QoS окремого потоку певного користувача. В даний час найбільш поширеною є потокова модель маршрутизації з балансуванням навантаження за критерієм мінімізації коефіцієнта використання пропускної спроможності трактив передачі. Дослідження даної моделі для відкритих мережах, конфігурація яких визначається програмно показало, що балансування потоків навантаження за даним критерієм не у всіх випадках дає змогу поліпшити рівень QoS.

У дисертаційній роботі при розв'язуванні задач маршрутизації та балансування потоків навантаження рекомендується застосувати критерій максимізації значення показників якості надання послуг. Тому тематика дисертаційної роботи Селюченка Мар'яна Олександровича, яка присвячена підвищенню якості обслуговування потоків у відкритих телекомунікаційних мережах, конфігурація яких визначається програмно є актуальною.

2. Загальна характеристика роботи

У дисертаційній роботі Селюченка Мар'яна Олександровича розроблені методи та моделі керування потоками навантаження у відкритих телекомунікаційних мережах конфігурація яких визначається програмно, з метою підвищення якості надання телекомунікаційних послуг та ефективного використання ресурсів мережі.

Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та двох додатків. Загальний обсяг роботи складає 156 сторінок друкарського тексту, із них: 6 сторінок вступу, 120 сторінок основного тексту, 60 рисунків, 20 таблиць, список використаних джерел зі 107 найменувань, додаток на 4 сторінках.

У першому розділі виконано порівняльний аналіз принципів побудови, архітектури та процесів функціонування традиційних TCP/IP-мереж і мереж конфігурація яких визначається програмно. Визначено, що при обслуговуванні різнопрофільних потоків навантаження необхідно забезпечити гарантії якості обслуговування одночасно за кількома показниками - швидкості передавання, середньої затримки, варіації затримки пакетів та ймовірності втрати пакетів.

У другому розділі роботи викладено основну частину методичної бази досліджень, в якій удосконалено моделі керування процесами передавання даних з метою підвищення якості обслуговування потоків у відкритих телекомунікаційних мережах, конфігурація яких визначається програмно. Розроблено метод моніторингу з адаптивними параметрами опитування, який дає змогу підлаштовувати параметри системи моніторингу відповідно до зміни інтенсивності завантаження каналу чи вузла. Розроблено метод вимірювання затримки окремого потоку в груповому потоці окремого класу для індивідуального моніторингу параметрів якості обслуговування потоків та подальшого їх підвищення з використанням удосконаленої потокової моделі маршрутизації. Запропоновано спосіб ідентифікації потоку конкретного окремого клієнта на основі відносного пріоритету, розрахованого з допомогою удосконаленого методу призначення пріоритетів трафіку.

У третьому розділі розроблено програмну модель для генерації різнорідних потоків характерних для сучасних телекомунікаційних мереж. Використання даної моделі дасть змогу адекватно описати процес передавання даних (характеристики, яких відповідають реальним потокам) через розроблену імітаційну модель комутатора SDN. Проведено дослідження запропонованої моделі балансування навантаження, яка дає змогу знизити втрати пакетів в середньому в 6 разів.

У четвертому розділі проведено аналіз способів інтеграції контролерів у випадку розподіленого керування мережею, а також особливостей інтеграції сторонніх модулів у систему керування SDN. Проведено дослідження розробленого методу вимірювання затримки на реальній ПКМ мережі та продемонстровано його ефективність у порівнянні із існуючими методами.

В додатку до роботи подано акти впровадження її результатів.

3. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій, наданих в дисертації, їхня достовірність

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі Селюченка Мар'яна Олександровича забезпечувалась і підтверджувалась коректним використанням ключових положень відомого і добре апробованого

математичного апарату, а також припустимим збігом значень аналітичного, імітаційного моделювання і лабораторного експерименту.

Наукова новизна результатів, отриманих в дисертаційній роботі

У ході розв'язання поставленої наукової задачі здобувачем отримані наступні основні наукові результати:

1. Вперше запропоновано модель адаптації системи моніторингу телекомунікаційних мереж конфігурація яких визначається програмно, а саме частоти опитування стану мережних ресурсів, до завантаження вузлів та каналів. Новизна моделі полягає в тім, що на підставі зміни кроку опитування стану каналу вдалось підвищити точність оцінки статистичних характеристик використання мережевих ресурсів та ймовірності блокування певного елемента мережі.

2. Набув подальшого розвитку метод вимірювання затримки передавання пакетів окремого потоку у телекомунікаційних мережах конфігурація яких визначається програмно. Новизна методу полягає в тому, що в ньому ведеться облік часу тривалості передавання тестового пакету контролером, що дало змогу оцінити рівень забезпеченої якості обслуговування по відношенню до вимог користувача та гарантій оператора мережі.

3. Удосконалено модель балансування навантаження, у якій, на відміну від відомих, критерієм перерозподілу пакетів потоку вибрано гранично припустимий рівень завантаження каналу. Застосування даного методу у сучасних телекомунікаційних мережах дає змогу зменшити імовірність втрат пакетів та підвищити ефективність використання ресурсів в мережі.

4. Удосконалено модель маршрутизації потоків у телекомунікаційних мережах, конфігурація яких визначається програмно. Її новизна полягає у використанні додаткового параметру значення відносного пріоритету для ідентифікації потоків окремого користувача, що дало змогу розв'язати оптимізаційну задачу керування потоками за критеріями якості обслуговування та рівномірного використання трактів передачі.

Повнота викладу наукових положень, висновків, рекомендацій в опублікованих працях

За результатами досліджень опубліковано 35 наукових праць, з них: 3 статті в іноземних наукових фахових виданнях, що включені до міжнародних науково-метричних баз даних; 5 статей у наукових фахових виданнях України, які включені до міжнародних науково-метричних баз даних; 3 статті у наукових фахових виданнях України згідно переліку МОН та 24 публікації у збірниках праць міжнародних і всеукраїнських конференцій.

5. Відповідність дисертації встановленим вимогам

Автореферат дисертації відповідає змісту дисертаційної роботи, висвітлює отримані результати, сформульовані висновки та запропоновані рекомендації. Стиль викладення матеріалів досліджень, наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує доступність їх сприйняття.

6. Важливість для науки і народного господарства одержаних результатів та шляхи їх використання

- Розвинуто метод вимірювання затримки пакетів потоку з кінця в кінець в домені телекомунікаційної мережі конфігурація якої визначається програмно, який знаходиться під керуванням контролера SDN. При застосуванні даного методу підвищено точність вимірювання затримки передавання пакетів уздовж вибраного маршруту до 2,5 разів, якщо завантаження цього тракту наближається до 100%.

- Запропоновано модель адаптації системи моніторингу, яка дає змогу підвищити точність оцінки завантаження трактів передачі на 10% в умовах високої інтенсивності потоків навантаження.

- Удосконалена модель маршрутизації потоків дає змогу знизити середню затримку пакетів навантаження реального часу на 15% та підвищити рівномірність завантаження каналів на 30% порівняно з протоколом маршрутизації EIGRP.

- Удосконалена модель балансування навантаження, за умов середнього завантаження каналів 90% та середньоквадратичного відхилення інтенсивності вхідного навантаження 10%, забезпечує зменшення втрати пакетів у середньому в 6 разів.

У додатку до роботи подано акти використання результатів роботи у промисловості та навчальному процесі, які підтверджують їх достовірність.

7. Зауваження до дисертаційної роботи

1. У висновках до третього розділу роботи зазначено, що “Розроблений метод адаптації системи моніторингу дає змогу забезпечити адекватність характеристики процесів передачі трафіку...”, а також “Проведено дослідження запропонованого методу балансування навантаження та підтверджено, що розроблений метод...”. Проте, у науковій новизні роботи та у самому 3-му розділі зазначено, що розроблено не методи, а моделі.

2. У третьому розділі мережі пункт 3.2 “Розроблення імітаційної моделі апаратного програмно-конфігурованого комутатора” розроблено лише структурну схему розробленої імітаційної моделі програмно-керованого апаратного комутатора HP3500u1 результати функціонування та використання якої не наведено у роботі. Відповідно, яку наукову-практичну задачу вирішує запропонована модель програмного комутатора у роботі теж не відомо, оскільки верифікація запропонованих рішень проводилась на реальному обладнанні.

3. У роботі поставлено завдання підвищення точності вимірювання часових параметрів якості обслуговування для окремих потоків та трактів передавання даних, проте в експериментальних дослідження визначається лише затримка пакетів потоків розробленим методом, але відомо що до часових параметрів QoS відносять також варіацію затримки пакетів, оцінка якого не проводилась.

4. Не зрозуміло, яким чином у натурному експерименті при верифікації удосконаленої моделі маршрутизації потоків за критерієм якості обслуговування визначаються параметри варіації затримки та втрати пакетів для вибору основного і резервного маршруту в області маршрутизації у мережах, конфігурація яких визначається програмно.


5. Запропонований метод вимірювання затримки передавання пакетів окремого потоку з кінця в кінець визначається шляхом введення тестового пакету із заголовком, ідентичним до пакетів вимірюваного потоку, проте відомо, що на кінцеву затримку впливає також загальний розмір пакету, довжина яких для певних потоків суттєво відрізняється (наприклад IPTV потік передається переважно великими пакетами, VoIP-малими пакетами довжиною 200 байт). Отримані результати надаються без наведення похибки роботи інструментального (програмного) засобу вимірювання параметру затримки, значення яких порівнювались з відомим методом Traceroute, тому ця інформація виглядає неповною.

6. При верифікації запропонованих рішень важливим також є питання щодо кількості експериментів. Їх недостатня кількість призводить до зниження достовірності отриманих характеристик. Експериментальні результати, які отримані у 3-му та 4-му розділі проведених на реальній мережі виконувались одноразово.

Загальні висновки

Дисертаційна робота Селюченка Мар'яна Олександровича є завершеною працею, в якій отримані нові наукові результати, що в сукупності забезпечило розв'язання актуальної наукової задачі розроблення методів та моделей керування процесами передавання даних у телекомунікаційних мережах конфігурація яких визначається програмно для підвищення якості надання телекомунікаційних послуг та ефективного використання ресурсів мережі. Сама робота відповідає вимогам п. 9,11,12 «Порядку присудження наукових ступенів», а її автор заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.12.02-телекомунікаційні системи та мережі.

Офіційний опонент
доктор технічних наук,
професор, професор кафедри
телекомунікаційних систем
Одеської національної академії
зв'язку ім. О.С. Попова

 І.П. Лісовий

