

ОТЗЫВ

официального оппонента Лауты Олега Сергеевича
на диссертацию Дмитриевой Юлии Сергеевны
«Разработка модели и методики распределения трафика в
мультиконтроллерных сетях SDN с учётом мультипараметрических
требований качества обслуживания»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.2.15 — Системы, сети и устройства телекоммуникаций

Актуальность темы диссертации

Одним из актуальных и перспективных подходов к построению и управлению сетевой инфраструктурой является сеть SDN, особенно в условиях цифровизации, роста сетевого трафика и повышения требований к безопасности и гибкости сетей.

Современные сервисы (видеосвязь, онлайн-игры, промышленный IoT, БПЛА) критически чувствительны к круговой сетевой задержке, вариации сетевой задержки и потерям пакетов, что способствует росту требований к QoS. Технология программно-конфигурируемых сетей активно используется, но существующие методы балансировки нагрузки в мультиконтроллерных архитектурах не учитывают в комплексе параметры качества обслуживания.

В большинстве алгоритмов отсутствует многопараметрический подход, т.е. алгоритмы балансировки трафика в сети SDN фокусируются на одном-двух параметрах QoS (например, потери пакетов), игнорируя нормализацию разнородных параметров качества. Нет эффективных механизмов совместной оценки и взвешивания разнородных параметров QoS для принятия решений о балансировке.

Диссертация Дмитриевой Юлии Сергеевны как раз и посвящена разработке модели и методики распределения трафика в мультиконтроллерных сетях SDN с учётом многопараметрических требований QoS. Все это в совокупности и обуславливает актуальность проведенного исследования и представленных в работе результатов.

Новизна научных положений, выводов, рекомендаций. Теоретическая и практическая ценность диссертационной работы

Научная новизна диссертационной работы обусловлена системным взглядом на параметры QoS сетей SDN, который позволяет решать задачу интеграции параметров качества в алгоритм выбора элемента сети для балансировки трафика. Конкретные результаты, обладающие научной новизной, состоят в следующем:

1. Предложено сведение разнородных параметров качества контроллеров и коммутаторов к единому интегральному показателю с

использованием нормализующих весовых коэффициентов — метод комплексной оценки параметров QoS.

2. Разработана модель балансировки нагрузки для мультиконтроллерной архитектуры SDN, позволяющая за счёт нормализации и комбинированной оценки разнородных параметров QoS обеспечить улучшение показателей: на 22,4 % на уровне контроллеров; на 47,9 % на уровне коммутаторов.

3. Выполнена интеграция комбинированного параметра QoS, обеспечивающая улучшение комбинированного показателя качества на 46,0 % по сравнению с традиционной нагрузочной балансировкой, что подтверждено разработанным программным обеспечением имитационного моделирования.

Теоретическую ценность представляет развитие научного фундамента в области QoS для программно-конфигурируемых сетей. Помимо этого, решена задача многокритериальной балансировки нагрузки с учётом разнородных параметров качества.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в повышении качества клиентских сервисов за счёт обоснованного выбора сетевых элементов для маршрутизации на базе параметров QoS. Возможность интеграции разработанной методики в существующие сети SDN для автоматизации управления трафиком и соблюдения SLA, гибкой настройки приоритетов балансировки через механизм весовых коэффициентов под конкретные бизнес-задачи. Разработанное и зарегистрированное программное обеспечение для имитационного моделирования, с возможностью применения для проектирования, аудита и оптимизации сетей, а также обучения персонала.

Полученные в ходе работы результаты внедрены в ООО «НТЦ АРГУС» для повышения эффективности систем эксплуатационного управления, ООО «Протей ТЛ» при разработке методики планирования корпоративных сетей передачи данных, а также используются в СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича при проведении практических занятий и лабораторных работ по курсам «Технологические принципы организации инфокоммуникационных услуг», «Исследовательские аспекты в программно-конфигурируемых сетях».

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и результатов, сформулированных в диссертационной работе

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов диссертационной работы подтверждается корректным применением математического аппарата, результатами имитационного моделирования, обсуждением результатов диссертационной работы на конференциях, а также публикацией основных результатов в ведущих российских изданиях.

Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на 10-ой международной научно-технической и научно-методической конференции «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании» (Санкт-Петербург, 24–25 февраля 2021), 11-ой

международной научно-технической и научно-методической конференции «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании» (Санкт-Петербург, 15–16 февраля 2022), 12-ой международной научно-технической и научно-методической конференции «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании» (Санкт-Петербург, 28 февраля–01 марта 2023), 13-ой международной научно-технической и научно-методической конференции «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании» (Санкт-Петербург, 27–28 февраля 2024), на семинарах кафедры инфокоммуникационных систем СПбГУТ.

Всего по теме диссертации опубликовано 15 работ, из них 8 статей в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень изданий, рекомендуемых ВАК Министерства высшего образования и науки Российской Федерации. Получены 1 патент на промышленный образец и 2 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ.

Содержание работы

Структура диссертации включает в себя введение, главы 1-4, заключение, список сокращений и условных обозначений, список литературы и одно приложение. Диссертация представлена на 125 страницах, содержит 27 рисунков, 17 таблиц и список из 89 литературных источников.

В введении представлено обоснование выбора темы исследования, задачи, научная новизна, теоретическая и практическая значимость.

Глава 1 посвящена анализу методов балансировки нагрузки в сетях. Рассмотрена архитектура SDN, подходы к QoS (SLA, рекомендации ITU-T, 3GPP, примеры российских операторов). Выполнен обзор и сравнительный анализ методов балансировки, выявлены недостатки: отсутствие многопараметрического учёта QoS, игнорирование нормализации разнородных метрик и требований SLA. Обоснован выбор алгоритма EWRR как оптимального.

В главе 2 рассмотрена разработка метода комплексной оценки параметров QoS в сетях SDN. Исследованы протоколы взаимодействия (OpenFlow и др.) и сценарии обмена между коммутаторами и контроллерами. Определены ключевые параметры QoS: для контроллеров – задержка обработки, потери пакетов; для коммутаторов – потери, круговая сетевая задержка, вариация сетевой задержки. Предложен метод расчёта комбинированного параметра QoS с нормализацией и весовыми коэффициентами.

В главе 3 разработана модель балансировки нагрузки в мультиконтроллерной сети SDN с учётом параметров QoS. Разработана математическая модель балансировки: по нагрузке и по параметрам QoS. Представлены результаты расчётов для 100 000 запросов. Показано, что учёт QoS улучшает комбинированный параметр на 22,4 % на уровне контроллеров и на 47,9 % на уровне коммутаторов.

В главе 4. Разработана методика многокритериальной балансировки трафика в SDN. Изложены принципы работы с комбинированным параметром

QoS, представлена пошаговая методика балансировки коммутаторов. Описана разработанная программа имитационного моделирования. Экспериментально подтверждено улучшение комбинированного показателя QoS на 46,0 % по сравнению с балансировкой только по нагрузке.

В заключении приводятся основные выводы и наиболее важные результаты работы.

Внедрение результатов диссертационной работы подтверждено актами трех организаций.

Замечания по диссертационной работе

1. Рекомендуются добавить в экспериментальную часть сравнение с 2–3 релевантными методами из обзора литературы.

2. В главе 3 ограничения для параметров качества используется более широкий диапазон значений в отличие от реальной сети, поэтому рекомендуется апробация на реальной сети.

3. Отсутствие сравнения с существующими методами в имитационном моделировании.

4. В работе достоверность математической модели проверяется только для одного класса трафика. Рекомендуется проверить математическую модель для других классов трафика.

5. В модели используется фиксированное количество элементов (2 контроллера, 10 коммутаторов). Не проведён анализ того, как меняется эффективность предложенной методики при масштабировании сети (например, 4 контроллера, 50 коммутаторов). Это важно для утверждения о применимости модели в крупных сетях операторов связи.

Выводы

Отмеченные недостатки не снижают ценности результатов диссертации для теории и практики. Диссертационная работа Дмитриевой Юлии Сергеевны «Разработка модели и методики распределения трафика в мультиконтроллерных сетях SDN с учётом мультипараметрических требований качества обслуживания» является законченной научно-квалификационной работой. Диссертация соответствует следующим пунктам паспорта специальности 2.2.15 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций: 2, 5, 10.

В диссертации решена научная задача по повышению эффективности балансировки трафика за счет разработки модели и методики распределения трафика в мультиконтроллерных сетях SDN на базе нормализации разнородных параметров QoS и их комбинированной оценки. Автореферат полностью отражает основное содержание диссертационной работы. Диссертация отвечает критериям, изложенным в п. 9 «Положения о

