

Отзыв официального оппонента

доктора технических наук, доцента Бурановой Марины Анатольевны, проректора по учебной работе ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики» на диссертационную работу Нгуена Ван Тина «Математическое и программное обеспечение процессов интеллектуальной маршрутизации и балансировки потоков данных в программно-конфигурируемых сетях на основе нейронных сетей и роевых алгоритмов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.5. «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей» в диссертационный совет 24.2.375.01 при ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина»

Актуальность темы исследования

Программно-конфигурируемые сети (ПКС) представляют собой одно из наиболее перспективных направлений в области современных компьютерных сетей, обеспечивающее гибкость и эффективность управления сетевой инфраструктурой за счет разделения плоскости управления и передачи данных. Технология ПКС позволяет централизованно управлять сетями, повышая их адаптивность. Огромный объем данных, генерируемый вычислительными устройствами в условиях быстрого развития коммуникационных технологий сети Интернет, требует разработки новых подходов и программных средств распределенной обработки и управления потоками данными в компьютерных сетях. В диссертации Нгуена Ван Тина на основе комбинированного применения нейронных сетей и алгоритмов роевого интеллекта предложен инновационный подход к оптимизации процессов управления потоками данных в ПКС. Разработаны математические модели, методы, алгоритмы и программное обеспечение, повышающие адаптивность и устойчивость ПКС. Таким образом, тема диссертационной работы является актуальной и имеет высокую научную и практическую значимость.

Общая характеристика работы

Текст диссертации состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и двух приложений. Диссертация изложена на 258 страницах, включая 80 рисунков и 18 таблиц.

Во введении автор обосновывает актуальность разработки и создания алгоритмов интеллектуальной маршрутизации и балансировки потоков данных в ПКС. Автор формулирует объект, предмет и цели исследования,

обосновывает научную новизну, теоретическую и практическую значимость полученных результатов.

Первая глава посвящена анализу современных компьютерных сетей с акцентом на программно-конфигурируемые сети. Подробно рассматриваются основные аспекты технологии ПКС: архитектура и ее преимущества по сравнению с традиционными сетями, протокол OpenFlow, контроллеры ПКС, эмулятор Mininet, что подчеркивает практическую значимость исследования. Особое внимание уделено методам маршрутизации для распределенной обработки и управления потоков данных в ПКС. Выполнен анализ и сделаны выводы перспектив применения нейронных сетей и алгоритмов роевого интеллекта для интеллектуального управления потоками данных в ПКС.

В второй главе разработана математическая модель ПКС с учетом коэффициента загруженности каналов, что способствует выбору оптимальных маршрутов. Предложены алгоритмы роевого интеллекта для решения задачи многопутевой маршрутизации. Разработана нейросетевая модель на основе рекуррентной нейронной сети, обеспечивающая эффективное прогнозирование маршрутов в режиме реального времени.

В третьей главе разработаны математическая модель и метод динамической адаптивной многопутевой балансировки потоков данных в ПКС позволяющие определять оптимальные маршруты и распределять потоки данных при обнаружении перегрузок в сети.

В четвертой главе разработана программная система SDNLoadBalancer, предназначенная для проектирования параметров и структур ПКС, а также реализации интеллектуальных политик маршрутизации и балансировки потоков данных. Интеграция с виртуальной средой Mininet и iPerf3 обеспечивает эффективное тестирование сетевых сценариев в разнообразных условиях.

Пятая глава посвящена исследованию процессов интеллектуальной маршрутизации и балансировки потоков данных в ПКС на основе искусственных нейронных сетей и алгоритмов роевого интеллекта. Эксперименты показали, что алгоритмы роевого интеллекта эффективно определяют оптимальные маршруты, особенно при сложных целевых функциях, однако требуется баланс между качеством решений и временем их выполнения. Нейросетевая модель маршрутизации, оптимизированная с помощью роевого алгоритма, демонстрирует высокую точность предсказания оптимальных маршрутов – до 98%. Кроме того, метод динамической адаптивной многопутевой балансировки (DAMLB) превосходит традиционные

подходы ECMP и Round Robin по эффективности распределения трафика и адаптации к перегрузкам.

В заключении приводятся основные результаты диссертации.

Новизна проведенных исследований и полученных результатов

Основные положения диссертации, отличающиеся научной новизной, заключаются в следующем:

1. Разработаны математическая модель и метод интеллектуальной маршрутизации в ПКС, отличающиеся использованием алгоритмов роевого интеллекта и их адаптацией для условий динамически изменяющейся сети.
2. Разработана нейросетевая модель многопутевой маршрутизации в ПКС на основе рекуррентной нейронной сети, позволяющая принимать решения о маршрутизации в режиме реального времени.
3. Разработаны математическая модель и метод оптимизации гиперпараметров нейросетевой модели многопутевой маршрутизации в ПКС на основе алгоритмов роевого интеллекта, обеспечивающие высокую точность прогнозирования маршрутов и снижение вычислительных затрат.
4. Разработаны модель и алгоритм динамической балансировки потоков данных в ПКС, обеспечивающие равномерное распределение нагрузки в сети и адаптацию к изменяющимся условиям трафика для увеличения пропускной способности и минимизации потерь пакетов.
5. Разработана архитектура библиотеки программных компонентов интеллектуальной маршрутизации и балансировки потоков данных в ПКС, отличающаяся наличием программных интерфейсов для взаимодействия с сетевыми приложениями и обеспечивающая эффективное управление потоками данных на основе нейронных сетей и роевых алгоритмов.
6. Разработана структура программной системы для организации распределенной обработки данных, отличающаяся использованием микросервисной архитектуры и возможностью гибкого конфигурирования параметров и структуры сети

Значимость научных результатов, полученных автором диссертации

Значимость полученных результатов заключается в создании математических моделей, методов и алгоритмов, способствующих созданию программных средств для управления потоками данных в современных компьютерных сетях. Разработанные программные компоненты могут быть интегрированы в существующие системы, обеспечивая повышение производительности и адаптивности сети.

Предложенные методы, модели, алгоритмы и программная система интеллектуальной маршрутизации и балансировки потоков данных в ПКС по исследованию внедрены в инженерной практике компании ООО «Технологии НТР» (Вьетнам), а также в учебном процессе на кафедре САПР ВС Рязанского государственного радиотехнического университета имени В.Ф. Уткина (РГРТУ).

Соответствие диссертации и автореферата паспорту научной специальности

Диссертационная работа и автореферат соответствуют паспорту специальности 2.3.5. «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей» по следующим пунктам:

п.3 «Модели, методы, архитектуры, алгоритмы, языки и программные инструменты организации взаимодействия программ и программных систем»;

п.9 «Модели, методы, алгоритмы, облачные технологии и программная инфраструктура организации глобально распределенной обработки данных».

Оценка языка и стиля диссертации и автореферата

Автореферат выдержан по форме, объему и отражает основные положения диссертационного исследования. Язык и стиль написания диссертации характеризуется ясностью и четкостью изложения материала.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов, представленных в диссертационном исследовании, подтверждается корректным применением современных методов исследования, основанных на положениях теории алгоритмов, теории графов, теории множеств и объектно-ориентированного программирования. Достоверность полученных результатов обеспечивается применением адекватных методов математического и компьютерного моделирования, разработкой действующих программных средств интеллектуального управления и распределенной обработки потоков данных в ПКС.

Подтверждение опубликования основных результатов диссертации в научной печати

По теме диссертационного исследования опубликовано 22 научных работ: в том числе 7 статей в изданиях из Перечня ведущих рецензируемых научных журналов и изданий ВАК по специальности 2.3.5 (3 – К1, 4 – К2); 5 статей в изданиях, входящих в международные базы научного цитирования Web of Science и Scopus; 3 статьи в других изданиях и материалах конференций; 7 авторских свидетельства о регистрации программы для ЭВМ в Роспатент. Опубликованные работы полностью отражают основные результаты диссертации.

Общие замечания по содержанию и оформлению диссертации

К диссертационной работе и автореферату имеются следующие замечания:

1. В диссертации показано, что традиционные методы плохо адаптируются к динамическим изменениям в сети, однако в диссертационной работе не приводятся конкретные примеры.

2. В диссертации вес ребра в графе ПКС определяется на основе коэффициента загрузки канала без учета других параметров сети, таких как задержка, джиттер или надежность канала.

3. Предложенный в работе метод балансировки потоков данных в ПКС DAMLB основан на четырех программных компонентах мониторинга, требующих непрерывного сбора и обработки данных в реальном времени, однако в нем не учитываются затраты и ресурсные требования для развертывания, что затрудняет его применение в крупных или ресурсно ограниченных ПКС.

4. В диссертации не рассматривается возможность применения некоторых алгоритмов роевого интеллекта в системах реального времени из-за их длительного времени выполнения.

5. В диссертации следовало большее внимание уделить вопросам обеспечения требованиям качества сервиса для управления параметрами ПКС.

Указанные выше замечания не снижают значимость проведенного исследования и не влияют на общую положительную оценку работы.

Заключение и выводы по диссертации

Считаю, что диссертационная работа является законченной научно-квалификационной работой, соответствующей по актуальности и уровню

доктор технических наук, доцент,
проректор по учебной работе
ФГБОУ ВО «Поволжский государственный
университет телекоммуникаций и информатики»

Буранова Марина Анатольевна

«05» мая 2025 г.

Подпись Бурановой М.А. заверяю
секретарь ученого совета Пр.А.И.
к.э.н., доцент



Н.А. Стефанова

Сведения об оппоненте:

Буранова Марина Анатольевна, гражданка Российской Федерации, доктор технических наук по специальности 2.2.15 «Системы, сети и устройства телекоммуникаций», диссертация защищена в 2022 году, доцент по специальности 05.12.13 «Системы, сети и устройства телекоммуникаций», проректор по учебной работе ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики».

Почтовый адрес (рабочий): 443010, г. Самара, ул. Л. Толстого, д. 23

Телефон: +7(846) 333-58-56

E-mail: m.buranova@psuti.ru

С отзывом ознакомлен

13.05.20252.

Coir