

## ОТЗЫВ

**на автореферат диссертации Пестина Максима Сергеевича «Методы и алгоритмы взаимодействия программного обеспечения узлов беспроводных децентрализованных сетей передачи данных при решении задач маршрутизации», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.5 Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей**

В настоящее время в связи с интенсивным развитием телекоммуникационных технологий существует задача повышения эффективности передачи данных в беспроводных децентрализованных сетях с высокой динамикой изменения топологии. В своей диссертации Пестин М.С. решает её за счёт создания новых методов и алгоритмов взаимодействия программного обеспечения сетевой маршрутизации, которые обеспечивают построение надёжных маршрутов с малыми значениями задержек доставки данных. Отличительными чертами указанных методов является совмещение реактивной и проактивной схем обмена сообщениями, совместным использованием адресных и ширококовещательных информационных ответов между сетевым программным обеспечением. Применение описанного подхода на практике позволяет одновременно повысить значение коэффициента доставки пакетов между узлами децентрализованной сети и оптимизировать сквозную задержку при передаче трафика. Также разработанные алгоритмы обеспечивают формирование и поддержку в актуальном состоянии квазипараллельных путей доставки данных. Кроме того, автор работы предлагает метод оценки маршрутов передачи информации, формируемых в процессе взаимодействия программного обеспечения сетевых узлов, а также метод балансировки потоков данных в децентрализованных сетях, что позволяет дополнительно снизить накладные расходы на передачу служебных пакетов по сети. Не подлежит сомнению, что описанные в автореферате методы и алгоритмы обладают выраженной научной новизной и позволяют достигнуть поставленной в диссертации цели исследований.

Среди основных практических результатов работы можно отметить протокол связи, в основу которого легли предложенные автором методы и алгоритмы, а также его программную реализацию, которая применялась для моделирования и исследования процессов информационного взаимодействия между программным обеспечением узлов в беспроводных сетях в различных сценариях их функционирования.

Результаты, полученные в диссертации, имеют солидную апробацию. По теме работы Пестин М.С. опубликовал 3 статьи в международных изданиях, индексируемых в базах Web of Science и Scopus, 9 статей в журналах ВАК по специальности диссертации, а также зарегистрировал 4 программных продукта. Результаты работы активно докладывались на конференциях и семинарах, включая 6 международного уровня.

По содержанию автореферата имеются следующие замечания:

1. В описании содержания первой главы диссертации не указано, какие именно особенности проактивных методов взаимодействия программных систем автор использует для снижения объёмов служебного трафика.

2. Из автореферата не ясно, начиная с какого количества узлов сети целесообразно применять разработанные методы и алгоритмы.

3. Отсутствует описание форматов сообщений предложенного протокола маршрутизации.

Тем не менее представленные недостатки не снижают качества и значимости диссертации. Работа производит впечатление целостного научного труда, её тематика и содержание полностью соответствуют научной специальности 2.3.5 «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей». Её автору, Пестину М.С., рекомендуется присвоить учёную степень кандидата технических наук по указанной специальности.

доктор технических наук, профессор  
кафедры Автоматизированных  
систем управления

Гончаренко Сергей  
Николаевич

Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский технологический  
университет «МИСИС»  
e-mail: gsn@misis.ru  
телефон: 8(499)230-24-34  
адрес: 119049, г. Москва, Ленинский проспект, д. 4, стр. 1



Подпись

Гончаренко С.Н.

заведующий  
отделом кадров

Кузнецова А.Е.

« 27 » 01 2015 г.

В диссертационный совет 24.2.417.03,  
созданный на базе ФГБОУ ВО  
«Тульский государственный  
университет»

## **ОТЗЫВ**

на автореферат диссертации  
**Пестина Максима Сергеевича**

на тему **«Методы и алгоритмы взаимодействия программного обеспечения узлов беспроводных децентрализованных сетей передачи данных при решении задач маршрутизации»**,

представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.5. Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей

Объектом диссертационного исследования является программное обеспечение сетевой маршрутизации узлов в беспроводных децентрализованных сетях передачи данных. Данный тип сетей реализует технологию, способную обеспечивать обмен сообщениями между абонентами в условиях отсутствия централизованной сетевой инфраструктуры. В сетях, имеющих ячеистую топологию, данные передаются по многопутевым маршрутам, решение задач построения и обслуживания которых обеспечивается совместно программным обеспечением сетевой маршрутизации отдельных абонентов путем информационного обмена служебным трафиком. Для этого требуется наличие эффективных механизмов взаимодействия между программным обеспечением узлов сети. Поэтому разработка и исследование методов и алгоритмов взаимодействия сетевого программного обеспечения узлов беспроводных децентрализованных сетей передачи данных является актуальной научной задачей.

Результаты диссертационной работы обладают научной новизной, которая заключается в создании новых методов и алгоритмов обеспечения взаимодействия сетевых служб отдельных узлов при построении и восстановлении маршрутов передачи трафика, метода оценки перспективности найденных маршрутов при построении и балансировке трафика по ним, метода балансировки трафика по квазипараллельным путям передачи данных.

Разработанные в диссертации методы и алгоритмы реализованы в виде протокола связи. Для его практического применения была спроектирована архитектура сетевой службы, а также создан ее прототип в среде имитационного моделирования беспроводных сетей. Экспериментальное исследование подтвердило эффективность предложенных в работе решений.

По теме диссертации опубликовано 13 работ, среди которых 9 статей в журналах из Перечня ВАК и 3 статьи в изданиях, входящих в международные системы цитирования Web of Science и Scopus. Также получены 4 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.



## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Пестина Максима Сергеевича  
«Методы и алгоритмы взаимодействия программного обеспечения узлов беспроводных децентрализованных сетей передачи данных при решении задач маршрутизации»,  
представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.5 – Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей

В своей диссертационной работе «Методы и алгоритмы взаимодействия программного обеспечения узлов беспроводных децентрализованных сетей передачи данных при решении задач маршрутизации» Пестин М.С. решает актуальную научную задачу разработки и исследования новых методов и алгоритмов взаимодействия программного обеспечения маршрутизации трафика в беспроводных децентрализованных сетях при организации процесса передачи данных между мобильными узлами в условиях отсутствия централизованной инфраструктуры. Цель диссертационной работы, описанная в автореферате, сформулирована корректно и соответствует требованиям паспорта специальности. Проведенное исследование направлено на повышение эффективности передачи данных в беспроводных децентрализованных сетях за счёт создания новых методов и алгоритмов организации взаимодействия сетевого программного обеспечения узлов при решении задач маршрутизации. Задачи, сформулированные для достижения поставленной цели, успешно решены, что подтверждается комплексом экспериментов, результаты которых не вызывают сомнений. Объект и предмет исследования соответствуют решаемой в диссертации научной задаче.

Из автореферата следует, что в работе предложены методы и алгоритмы взаимодействия программного обеспечения сетевой маршрутизации при построении и восстановлении маршрутов связи в децентрализованных сетях передачи данных, метод оценки найденных маршрутов, метод балансировки потоков данных. Их совместное применение позволяет повысить значение коэффициента доставки сетевых пакетов и уменьшить сквозную задержку при передаче информации по найденным путям, снизить суммарный объём служебного трафика, необходимого при организации взаимодействия сетевого ПО узлов при функционировании сети. Предложенные соискателем методы и алгоритмы реализованы в виде протокола маршрутизации, который в процессе экспериментальной проверки сравнивался со стандартными технологиями. Проведённое имитационное моделирование продемонстрировало, что разработанные методы и алгоритмы позволяют повысить коэффициент доставки сетевых пакетов в 1,37 раз, обеспечивают снижение сквозной задержки передачи трафика до 2,4 раза, и дополнительно повышают эффективность передачи потока данных по выбранному в работе критерию в 1,7 раз.

По результатам анализа автореферата можно утверждать, что представленный материал обладает научной новизной и имеет практическую значимость. Положения, выносимые на защиту, сформулированы точно и корректно. Теоретические и практические результаты работы изложены в изданиях, индексируемых в базах Scopus и WoS и/или включённых в перечень ВАК по специальности диссертации, а также были апробированы на Всероссийских и международных конференциях. Соискателем получено 4 свидетельства на разработанное в ходе выполнения исследований программное обеспечение для ЭВМ. Результаты диссертации внедрены в деятельность ООО «Дипвью Групп», ООО «АДВЕРТ-ПРО», ФГБОУ ВО ТулГУ.

По работе имеются следующие замечания:

1. Из автореферата неясно в чем заключаются основные преимущества созданной автором утилиты для экспериментального исследования разработанных методов и алгоритмов взаимодействия сетевого ПО по сравнению с уже существующими

программными системами моделирования протекающих в сетях процессов и/или проверки корректности сетевых протоколов.

2. Не совсем понятно существует ли возможность совместного применения разработанных в диссертации подходов взаимодействия сетевого программного обеспечения со стандартными схемами маршрутизации в беспроводных децентрализованных сетях?

Тем не менее, указанные замечания не снижают научной и практической ценности проведенного исследования. Диссертация соискателя является законченной научно-исследовательской работой, отвечает требованиям ВАК РФ, предъявляемым к работам данного уровня, а Пестин М.С. заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.5 «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей».

Доцент кафедры информатики  
и компьютерных технологий, к.т.н.



Кочнева Алина Александровна

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II»

199106, город Санкт-Петербург, линия 21-я В.О., дом 2

Телефон: (812) 328-82-44

Электронная почта: [Kochneva\\_aa@pers.spmi.ru](mailto:Kochneva_aa@pers.spmi.ru)



*А.А. Кочневой*

Начальник управления делопроизводства  
и контроля за документооборотом



Е.Р. Яновицкая  
04 ФЕВ 2025

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Пестина Максима Сергеевича  
на тему «Методы и алгоритмы взаимодействия программного обеспечения узлов беспроводных децентрализованных сетей передачи данных при решении задач маршрутизации», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.5 Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей

Диссертация Пестина Максима Сергеевича на тему «Методы и алгоритмы взаимодействия программного обеспечения узлов беспроводных децентрализованных сетей передачи данных при решении задач маршрутизации» посвящена решению актуальной научной задачи по исследованию и разработке новых методов и алгоритмов взаимодействия программного обеспечения маршрутизации трафика в беспроводных децентрализованных сетях для организации передачи данных между мобильными узлами в условиях отсутствия централизованной инфраструктуры.

Представленная работа обладает научной новизной, которая заключается в следующем:

– предложены методы и алгоритмы взаимодействия программного обеспечения сетевой маршрутизации при построении и восстановлении маршрутов связи в децентрализованных сетях передачи данных (ДСПД), которые отличаются от существующих решений совмещением реактивной и проактивной схем обмена сообщениями, совместным использованием адресных и широковещательных информационных ответов, что позволяет повысить значение коэффициента доставки сетевых пакетов и уменьшить сквозную задержку при их передаче по найденным маршрутам, а также обеспечивает возможность построения и поддержки квазипараллельных путей передачи трафика;

– предложен новый метод оценки маршрутов передачи данных, формируемых в процессе взаимодействия программного обеспечения сетевых узлов, отличающийся от стандартных решений возможностью динамической фильтрации и упорядочивания информационных сообщений на промежуточных узлах сети, что позволяет повысить эффективность функционирования ДСПД за счет снижения суммарного объема служебного трафика между программным обеспечением сетевой маршрутизации отдельных абонентов;

– предложен метод балансировки потоков данных в ДСПД, позволяющий снизить сквозную задержку доставки сообщений и отличающийся децентрализованным взаимодействием сетевых узлов при распределении пакетов трафика по квазипараллельным маршрутам с учётом значений их динамических метрик, собираемых при информационном обмене между программным обеспечением сетевой маршрутизации.

Практически значимыми результатами исследования являются: 1) разработанное программное средство для моделирования процессов взаимодействия сетевого программного обеспечения в различных сценариях работы беспроводных ДСПД; 2) предложенная автором архитектура программного обеспечения сетевой маршрутизации отдельных узлов ДСПД и протокол связи на основе описанных в автореферате методов и алгоритмов, созданные программные модули для выполнения процедур сетевой маршрутизации, функционирующие в рамках разработанного программного средства. Практическая значимость диссертации подтверждается наличием трёх актов внедрения результатов работы в практическую деятельность различных организаций.

При этом в автореферате имеются несколько несущественных недостатков:

1. Рассмотрена архитектура программной службы сетевой маршрутизации, позволяющая интегрировать предложенные в работе методы и алгоритмы, и описан её



### ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Пестина Максима Сергеевича «Методы и алгоритмы взаимодействия программного обеспечения узлов беспроводных децентрализованных сетей передачи данных при решении задач маршрутизации», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.5 – Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей

Пестиным М.С. была подготовлена диссертация на тему «Методы и алгоритмы взаимодействия программного обеспечения узлов беспроводных децентрализованных сетей передачи данных при решении задач маршрутизации» по научной специальности 2.3.5 – Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей. Рецензируемая работа является актуальной, поскольку в настоящее время беспроводные децентрализованные сети передачи данных являются одним из перспективных направлений развития компьютерных телекоммуникаций. Совершенствование программного обеспечения сетевой маршрутизации и методов взаимодействия между элементами ПО, функционирующих на отдельных узлах-абонентах, позволяет повышать эффективность и надёжность передачи данных по беспроводным сетям в целом. Представленная диссертация обладает элементами научной новизны, в частности, были разработаны методы и алгоритмы взаимодействия сетевого программного обеспечения при решении задач маршрутизации, метод оценки маршрутов и метод балансировки трафика по квазипараллельным маршрутам.

В ходе выполнения диссертационной работы автором был проведен анализ методов и подходов взаимодействия программного обеспечения сетевой маршрутизации, разработаны методы и алгоритмы взаимодействия сетевого ПО при обнаружении, восстановлении маршрутов передачи данных и балансировки трафика по ним, предложена архитектура ПО сетевой маршрутизации и реализован его прототип, проведено экспериментальное исследование, в ходе которого была доказана эффективность предложенных методов и алгоритмов.

Положительными сторонами работы является то, что автор выполнил всесторонний анализ существующих подходов и методов взаимодействия сетевого программного обеспечения в беспроводных сетях; предложенные им методы и алгоритмы позволили достигнуть существенного снижения сквозной задержки передачи данных на отдельных сценариях функционирования сети; наличие практического внедрения результатов работы в производственную деятельность предприятий.

В автореферате также имеются некоторые недостатки, в частности, не указано, по какой причине для вычисления обобщённой маршрутной метрики используется модель градиентного бустинга деревьев решений, не проанализированы альтернативные маршрутные метрики, не представлены технические требования к устройствам передачи данных, обеспечивающие функционирование предложенных методов и алгоритмов взаимодействия сетевого программного обеспечения, а также вопросы обеспечения безопасного взаимодействия между узлами сети.

Тем не менее, указанные недостатки не снижают общего высокого уровня работы. Рецензируемая диссертация является актуальной, представляет большой теоретический и практический интерес. Она является законченной научно-квалификационной работой и соответствует требованиям ВАК РФ по научной специальности 2.3.5 «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей». Соискатель Пестин Максим Сергеевич заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по указанной специальности.

Отзыв составил:

Начальник отдела алгоритмического обеспечения АО «ЦКБА»,  
кандидат технических наук

Лебеденко Юрий Игоревич

5.02.2025

Подпись Лебеденко Ю.И. заверяю:

Начальник отдела кадров



Гуров Р.Н.

Контактная информация:

Акционерное общество «Центральное конструкторское бюро аппаратостроения»  
Российская Федерация, 300034, г. Тула, ул. Демонстрации, д. 36  
Тел. (4872) 55-40-90, Факс (4872) 36-51-20  
E-mail: cdbae@cdbae.ru