

ОТЗЫВ

официального оппонента Колбанёва Михаила Олеговича на диссертацию Аммара Салеха Али Мутханны на тему «Разработка и исследование комплекса моделей и методов интеграции граничных вычислений в сетях связи пятого и шестого поколений»
по специальности 2.2.15. Системы, сети и устройства телекоммуникаций

Содержание диссертации

Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения, списка литературы и двух приложений. Работа содержит 393 страниц машинописного текста, 75 рисунков, 25 таблиц и список литературы из 366 наименований.

Во введении обосновывается актуальность исследований, сформулированы цель, задачи, новизна и практическая значимость работы.

В главе 1 проведен анализ развития сетей связи пятого и шестого поколений, роли и места граничных и/или туманных вычислений в процессе создания и развития этих сетей, а также технологий беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), программно-конфигурируемых сетей SDN (Software Defined Networks), сетей взаимодействия устройство-устройство D2D (Device-to-Device), сетей автомобильного транспорта VANET (Vehicular Ad Hoc Networks), беспилотных автомобилей, Интернета Вещей.

В главе 2 для интегрального решения проблемы размещения контроллеров мультиконтроллерной сети и балансировки нагрузки предложено совместно использовать кластеризацию сети и метаэвристический хаотический алгоритм «роя сальп». При этом разработан модифицированный алгоритм «роя сальп», что позволило добиться лучших результатов в сравнении как с широко известными метаэвристическими алгоритмами «роя частиц» (PSO) и «серого волка» (GWO), так и с предыдущей версией хаотического алгоритма «роя сальп» (CSSA).

В главе 3 рассмотрены вопросы интеграции граничных вычислений в структуру сети «воздух-земля» для сетей Интернета Вещей высокой и сверхвысокой плотности. Разработана модель сети, в которой предложено для уменьшения задержки и энергопотребления использовать мобильные серверы граничных вычислений, расположенные на беспилотных летательных аппаратах (БПЛА), а также метод выгрузки трафика с наземной сети на мобильные серверы граничных вычислений на БПЛА. Результаты моделирования показали, что предложенные модель и метод обеспечивают существенное уменьшение задержки и энергопотребления, а также доли заблокированных задач при выгрузке трафика по сравнению с известными решениями.

В главе 4 разработана архитектура сети с ультрамалой задержкой на основе граничных вычислений (MEC) и программно-конфигурируемых сетей (SDN) для повышения общей надежности сети и ее масштабируемости в условиях высокой плотности трафика. Предложен также метод кластеризации на базе взаи-

модействий устройство-устройство D2D с целью обеспечения покрытия сети для централизованно недоступных узлов.

Глава 5 представляет разработанный автором метод создания мобильной SDN, в которые контроллеры SDN устанавливаются на движущиеся объекты, например, автобусы, для обеспечения связи в высокоплотных и сверхплотных сетях 6G.

Глава 6 посвящена методу прогнозирования трафика в высокоплотных и сверхплотных сетях Интернета вещей. При этом предложена архитектура построения сети Интернета вещей с широким использованием технологии туманных вычислений.

Заключение констатирует наиболее важные результаты работы.

Внедрение результатов диссертационной работы подтверждено актами пяти организаций.

Актуальность темы диссертационной работы

Начиная с середины второго десятилетия XX века ведутся исследования так называемых сетей пятого поколения (5G), также называемых сетями IMT-2020, а уже в 2018 году начали говорить о следующем, шестом поколении сетей — 6G или NET-2030. Для этих сетей были определены три основные услуги:

- расширенная мобильная широкополосная связь, предназначенная для предоставления абонентам мобильных сетей высокоскоростного доступа к сети Интернет;

- сверхнадежная межмашинная связь с ультрамалыми задержками, связанная с концепцией Тактильного Интернета и сетями связи с ультравысокой надежностью;

- массовая межмашинная связь, выросшая из концепции Интернета Вещей и включающая в себя так называемые сверхплотные сети.

Внедрение новых услуг и принципов потребовало коренного пересмотра многих принципов построения сетей связи, в том числе и из-за изменения объема и характера трафика, состава и формы предоставления информационных услуг, требований к качеству обслуживания. При этом важнейшую роль начинают играть вопросы размещения вычислительных ресурсов на сети связи. Основные работы в этом направлении разработок и исследований связаны с возможностью использования так называемых граничных и/или туманных вычислений для построения сетей связи пятого и шестого поколения.

С учетом изложенного тема диссертационной работы, посвященной разработке и исследованию комплекса моделей и методов интеграции граничных вычислений в сетях связи пятого и шестого поколений, является актуальной и имеет большое теоретическое и практическое значение.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций

Новизна всех полученных научных результатов вытекает из комплексности моделей и методов, основанных на теории телетрафика и теории массового обслуживания, теории оптимизации, теории вероятностей, а также метаэвристических алгоритмах и методах имитационного моделирования.

Научной новизной обладают следующие результаты диссертации:

- метод построения мультиконтроллерной сети, основанный на интегральном решении задач по размещению контроллеров в мультиконтроллерных сетях, базирующийся на метаэвристическом алгоритме вследствие сложности решаемых задач, и алгоритме балансировки нагрузки, позволяет обеспечить наилучшее использование ресурсов контроллеров в таких сетях;

- модифицированный алгоритм хаотического роя сальп для использования в иерархических кластерных сетях clus-CSSA позволяет уменьшить долю отказов в обслуживании со стороны контроллера и увеличить общее использование системы во всем диапазоне изменения задержки от 1 мс до 10 мс по сравнению как с широко известными метаэвристическими алгоритмами роя частиц PSO (Particle Swarm Optimization) и серого волка GWO (Grey Wolf Optimization), так и с предыдущей версией хаотического алгоритма роя сальп CSSA (Chaotic Salp Swarm Algorithm). При этом для наиболее сложного случая задержки величиной в 1 мс выигрыш по доле отказов и по общему использованию системы достигает значения более, чем в 2 раза;

- модель и метод интеграции граничных вычислений в структуру сети «воздух-земля» для сетей Интернета Вещей высокой и сверхвысокой плотности, в котором процедура выгрузки трафика является трехуровневой, причем на конечных устройствах используется программный профилировщик, определяющий сложность вычисляемой задачи, а по результатам его работы механизм принятия решения определяет необходимость выгрузки трафика. Кроме того, на втором уровне процедуры выгрузки трафика сервер БПЛА, на который выгружается трафик, может принять решение в условиях недостаточного объема ресурсов выгрузить трафик на сервер другого БПЛА. При этом результаты моделирования доказали, что обеспечиваются уменьшение задержки до более, чем в 2 раза по сравнению с сетью без использования технологий граничных вычислений и на 30-40% по сравнению с сетью с использованием только наземных граничных вычислений. Кроме того, использование оптимизации на основе мета эвристического хаотического роя сальп дает дополнительный выигрыш около 10% по сравнению с использованием неоптимизированного алгоритма;

- метод построения сети с интеграцией технологий MEC, SDN и D2D для поддержки приложений беспилотных автомобилей и алгоритм кластеризации на основе взаимодействий D2D для транспортных средств в непокрытых зонах и для выгрузки трафика сети в регионах с интенсивным движением дает 74%

прироста производительности системы в терминах вероятности блокировки задач;

- метод прогнозирования на основе CNN - LTP-CNN, который предсказывает трафик сети IoT по информации о состоянии сети за предыдущий интервал времени, реализующийся на туманных узлах, которые представляют собой основную часть сетей IoT/5G позволяет предсказывать трафик сети IoT с точностью около 90%;

- метод размещения SDN-контроллеров в мульти контроллерных сетях, который предусматривает размещение контроллеров на мобильных узлах сетей VANET, например, автобусах, для обеспечения связи в плотных и сверхплотных сетях 6G и взаимодействия с туманной средой устройств сети, позволяет уменьшить задержку на 60% по сравнению с традиционными моделями граничных вычислений, а также снизить потребляемую энергию на 72% по сравнению с методом Fog-MEC.

Научной новизной обладают также:

- модель и метод интеграции граничных вычислений в структуру сети «воздух-земля» для сетей Интернета Вещей высокой и сверхвысокой плотности обеспечивают уменьшение энергопотребления до более, чем в 2 раза по сравнению с сетью без использования технологий граничных вычислений. Кроме того, использование оптимизации на основе мета эвристического хаотического роя салп дает дополнительный выигрыш в 5-10% по сравнению с использованием неоптимизированного алгоритма;

- модель и метод интеграции граничных вычислений в структуру сети «воздух-земля» для сетей Интернета Вещей высокой и сверхвысокой плотности обеспечивают уменьшение доли заблокированных задач по выгрузке трафика в десятки раз по сравнению с сетью без использования технологий граничных вычислений, в разы по сравнению с сетью с использованием только наземных граничных вычислений. Использование оптимизации на основе мета эвристического хаотического роя салп не дает практически значимого эффекта по сравнению с неоптимизированным алгоритмом. Кроме того, определены зависимости значений задержки, энергопотребления и доли заблокированных задач по выгрузке трафика от плотности сети.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы обеспечивается:

- всесторонним анализом принципов построения современных сетей пятого и шестого поколений;

- корректным использованием математического аппарата;

- численными оценками, полученными с помощью методов имитационного моделирования.

Ценность диссертации для науки и практики определяется системным характером и четкой постановкой проблемы исследования, учетом широкого круга факторов, влияющих на процессы функционирования сетей пятого и шестого поколений.

К важным достоинствам работы также следует отнести следующее:

- теоретические положения диссертации доведены до конкретных моделей

и методов;

предложенные методы могут быть использованы при исследовании и построении сетей связи пятого и шестого поколения.

Пояснительная записка написана достаточно грамотно, подробно, хорошим научно-техническим языком.

Результаты работы сформулированы в автореферате диссертации и 137 печатных работах. Содержание автореферата и опубликованных в научной печати материалов достаточно подробно отражает содержание диссертационной работы.

Основные положения исследования изложены в 24 работах, которые опубликованы в рецензируемых журналах из перечня ВАК, и 87 работах, опубликованных в трудах, индексируемых Scopus и Web of Science, а также прошли апробацию на 4 всероссийских и региональных конференциях, а также 32 международных конференциях.

Практическая ценность полученных результатов

Практическая ценность работы состоит в создании научно-обоснованных рекомендаций по интеграции граничных и/или туманных вычислений в современных сетях связи с учетом массового внедрения новых услуг связи, включая услуги телеприсутствия, что реализуется как в методиках планирования сетей связи ПАО «ГИПРОСВЯЗЬ», так и в международных стандартах (рекомендациях) Сектора стандартизации электросвязи Международного союза электросвязи.

Полученные результаты могут использоваться в учебном процессе на уровне магистратуры и аспирантуры при чтении курсов теоретического и прикладного характера, таких как «Сети связи», «Интернет вещей», «Тактильный интернет» и др.

Практическую ценность результатов диссертации характеризует большое число актов внедрения и предложений в виде вкладов в Сектор стандартизации электросвязи МСЭ на ИК11 и ИК13.

Замечания по содержанию и оформлению диссертации

Перечисленные замечания не уменьшают общую положительную характеристику работы. Методологические замечания скорее указывают на направления дальнейших исследований.

Общее заключение

Диссертационная работа А.С.А.Мутханны, представляет собой законченную научную работу, в которой на высоком теоретическом уровне решена научная проблема разработки и исследования комплекса моделей и методов интеграции граничных и/или туманных вычислений в сетях связи пятого и шестого поколений для глобального фрагмента Воздух-Земля концепции SAGSIN, явля-

ется законченной научно-исследовательской работой, которая обладает научной новизной и практической значимостью полученных в ней результатов. Материалы исследования в достаточном объеме отражены в публикациях автора и прошли апробацию на многочисленных международных и всероссийских научных конференциях. Автореферат полностью и точно отражает содержание диссертации.

На основании вышесказанного считаю, что диссертация Мутханна Аммара Салеха Али «Разработка и исследование комплекса моделей и методов интеграции граничных вычислений в сетях связи пятого и шестого поколений» полностью соответствует критериям, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в ред. Постановления Правительства РФ от 18.03.2023 N 415), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук по специальности 2.2.15. Системы, сети и устройства телекоммуникаций, а ее автор, Мутханна Аммар Салех Али заслуживает присвоения ему ученой степени доктора технических наук по этой специальности.

«27» ноября 2023 г.

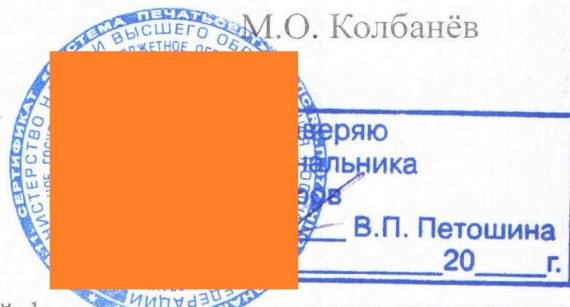
Официальный оппонент,

Профессор кафедры «Информационных систем и технологий» ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный экономический университет»,

д.т.н., профессор



М.О. Колбанёв



Сведения об оппоненте:

Колбанёв Михаил Олегович, гражданин Российской Федерации, доктор технических наук по специальностям 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации», 05.13.13 – Телекоммуникационные системы и компьютерные сети, профессор по специальности 05.13.00 «Информатика; вычислительная техника, управление» профессор кафедры «Информационных систем и технологий» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный экономический университет». Адрес: ул. Садовая, д. 21, Санкт-Петербург, 191023. Тел: (812) 310-46-32, E-mail: dept.ud@unecon.ru

Телефон: (921) 433-33-50, E-mail: mokolbanev@mail.ru