

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Кузнецова Константина Алексеевича на тему «Исследование и разработка методов предоставления услуг телеприсутствия в сетях связи шестого поколения», представленную к защите в Диссертационном совете 55.2.004.01 (Д 219.004.04) при Санкт-Петербургском государственном университете телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций»

Актуальность темы диссертационной работы

В последние годы в сетях связи появилось множество новых сетевых сервисов и услуг. К базовым услугам, таким как цифровая высокоскоростная передачи речи, видео и данных в т.ч. с обеспечением мобильности абонентов добавились такие перспективные сетевые услуги и сервисы как Интернет Вещей, Тактильный Интернет, дополненная (AR) и виртуальная (VR) реальности, передача голографических изображений и т.д.

Появление и постепенное планомерное внедрение подобных сетевых услуг и сервисов привело к формированию новых особенностей построения и функционирования сетей связи. Так появились плотные и сверхплотные сети, где число узлов сети может измеряться десятками на квадратный метр. При этом новые сетевые услуги и сервисы потребовали обеспечить значительное уменьшение сетевой задержки, сначала до десятков, а в настоящее время и до единиц миллисекунд.

Стало очевидно, что решение возникающих технических задач заключается в скоординированном развитии и глубокой взаимной интеграции мобильных и фиксированных сетей связи, спутниковых сетей и т.д. в единую сеть, которая должна стать основой для реализации услуг сетей связи шестого поколения.

В диссертационной работе рассмотрены модели и методы построения сети связи на основе программно-конфигурируемых сетей и беспилотных летательных аппаратов для реализации услуг телеприсутствия. Исследования проводились с целью повышения эффективности построения сетей беспроводного доступа с применением БПЛА и определения рационального метода построения ядра сети на основе программно-конфигурируемых сетей для реализации услуг телеприсутствия. Соответственно, тема представленной диссертационной работы, а также цели и задачи исследования являются актуальными и востребованными.

Структура диссертации

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и трех приложений. Работа содержит 140 страниц машинописного текста, 40 рисунков, 3 таблицы и список литературы из 91 наименования.

Во введении обоснована актуальность исследований, определяются цель и задачи, новизна и практическая значимость работы, перечислены ее основные результаты и возможности их применения, приведены сведения об апробации полученных результатов и представлены положения, выносимые на защиту.

В главе 1 проведен анализ основных тенденций развития современных сетей связи, анализ проводимых в настоящий момент исследований в области сетей шестого поколения (6G), а также анализ роли и места программно-конфигурируемых сетей (ПКС), сетей беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), методов миграции сетевых сервисов и функций и т.д.

В главе 2 проводится подробный анализ и сравнение мультиконтроллерной программно-определяемой архитектуры сети, обеспечивающей рациональное использование имеющихся вычислительных ресурсов по сравнению с существующими сетевыми архитектурами.

В главе 3 описывается модельно-методический аппарат, позволяющий повысить эффективность организации сетей беспроводного доступа с применением БПЛА, в т.ч. обеспечивающий рациональное размещения БПЛА-маршрутизаторов в роу БПЛА.

В главе 4 рассмотрены методы миграции сетевых сервисов, а также предложен алгоритм автоматизации миграции сервисов, основанный на оценке состояния очереди запросов, скорости их выполнения, нагрузки на процессор и память, информации о состоянии каналов связи между кластерами.

В главе 5 описан метод реализации иммерсивных технологий в сетях связи пятого и шестого поколений, позволяющий в режиме реального времени передавать символы алфавита языка жестов.

В заключении представлены наиболее важные результаты работы.

Внедрение результатов диссертационной работы подтверждено актами внедрения от двух организаций.

Новизна полученных результатов, степень их обоснованности и достоверности

Новизна всех полученных научных результатов вытекает из комплексности предложенных моделей и методов, объединяющих в себе, с одной стороны, выявленные в результате проведенного анализа технические особенности

предоставления услуг телеприсутствия, а с другой – использованием современных ИКТ-технологий для решения поставленных задач.

Научной новизной обладают следующие результаты:

- метод оптимизации числа контроллеров в мультиконтроллерной сети, который позволяет снизить среднее число контроллеров на 46% за счет динамического управления, что уменьшает энергопотребление и затраты на развертывание, а также повышает надежность сети;

- модельно-методический аппарат, позволяющий повысить эффективность построения сетей беспроводного доступа с применением БПЛА, в частности позволяющий выбирать позиции размещения маршрутизаторов в рое БПЛА и логическую структуру сети. Разработанный модельно-методический аппарат решает задачу маршрутизации трафика с учетом качества его обслуживания;

- метод передачи языка жестов, как элемент костюма телеприсутствия для людей с ограниченными возможностями.

Определенной новизной обладают также:

- обзор перспективных телекоммуникационных технологий и архитектур, в т.ч. воздушно-наземных сетей (SAGIN), а также метавселенных и методов их реализации как одной из услуг в сетях связи шестого поколения;

- разработка стенда для исследования иммерсивных технологий и передачи символов языка жестов по сетям связи.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы обеспечивается:

- проведенным анализом особенностей и технических аспектов реализации услуг телеприсутствия в сетях связи шестого поколения (на примере языка жестов);

- корректным использованием модельно-методического аппарата;

- численными оценками, полученными при проведении натуральных экспериментов на базе лабораторного стенда и с помощью методов имитационного моделирования.

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, обоснованы обзором публикаций по тематике исследования и проведенными исследованиями, основанными на методах теории телетрафика, теории оптимизации, теории вероятностей, а также на метаэвристических алгоритмах и методах имитационного моделирования.

Ценность диссертации для науки и практики определяется системным характером и четкой постановкой проблемы исследования, в том числе с учётом

широкого круга факторов, влияющих на процессы предоставления услуг телеприсутствия в сетях связи шестого поколения (6G).

К важным достоинствам работы также следует отнести следующее:

– теоретические положения диссертации доведены до конкретных моделей и методов;

– полученные результаты могут быть использованы при дальнейшем исследовании других услуг телеприсутствия.

Основные результаты работы сформулированы в автореферате диссертации и 11 научных работах. Содержание автореферата и опубликованных материалов подробно отражает содержание диссертационной работы.

Главные положения исследования изложены в 2 работах, которые опубликованы в рецензируемых журналах из перечня ВАК и 2 работах, опубликованных в трудах, индексируемых в международных базах цитирования (Scopus и Web of Science), а также в 7 других изданиях и сборниках материалов конференций.

Практическая ценность полученных результатов

Практическая ценность результатов диссертационной работы состоит в том, что полученные модели и методы могут быть использованы для разработки новых и модернизации существующих сетей связи общего пользования при внедрении услуги телеприсутствия и планомерном переходе к сетям 5G/6G. Они позволят существенно повысить эффективность использования ресурсов сети и качество предоставления данной перспективной услуги.

Полученные результаты могут использоваться в учебном процессе на уровне бакалавриата, магистратуры и аспирантуры при чтении курсов теоретического и прикладного характера.

Практическое применение результаты могут найти при проведении научных и научно-прикладных исследований, при проведении различного рода тестирования телекоммуникационного оборудования или сетевых сервисов, а также в ходе внедрения перспективных услуг на сетях связи общего пользования.

Замечания по содержанию и оформлению диссертации

По диссертационной работе имеются следующие замечания:

1. В работе автор подробно рассматривает архитектуру и особенности интегрированной сети космос-воздух-земля SAGIN (Space-Air-Ground integrated network) как основу для сетей пятого (5G) и шестого (6G) поколения. При этом в настоящий момент существует и активно используется понятие интегрированной

сети космос-воздух-земля-море SAGSIN (Space-Air-Ground-Sea integrated network), которое является более обширным и учитывает возможности взаимодействия с объектами, находящимися на воде и под водой, а также передачу данных по подводным линиям связи и т.д. Тем не менее в работе сеть SAGSIN никак не упоминается и не рассматривается.

2. Местами в работе не хватает ссылок на источники литературы. Так на стр. 18-19 автор описывает преимущества терагерцового диапазона для сетей 6G-SAGIN, ссылаясь на ряд научных экспериментов, проведенных университетом Аалто и Нью-Йоркским университетом. При этом ссылки на источники отсутствуют. В подразделе 1.3 «Правовые аспекты применения метавселенных» не приведено ни одной ссылки на источники.

3. В работе местами встречаются некорректно употребленные термины и обозначения. Так, в подразделе 2.1 вместо «интенсивности» автор применяет термин «скорость» прихода пакетов, а вероятность обозначается как $O(t)$.

4. В главе 2 развернутые контроллеры SDN моделируются при помощи системы массового обслуживания (СМО) M/M/s. Обоснование выбора именно такой СМО в диссертации отсутствует.

5. При разработке алгоритма для автоматизации миграции сервисов предлагается осуществлять горизонтальное масштабирование количества нод на узле. Однако оценка временных затрат на эту операцию, способную существенно повлиять на скорость обработки поступающих запросов, не приводится.

6. В диссертации в конце 1 и 5 глав отсутствуют выводы, которые являются желательным элементом научной работы.

7. В работе довольно часто встречаются опечатки и стилистические неточности.

Перечисленные замечания не уменьшают общую положительную характеристику работы.

Общее заключение

Диссертационная работа К.А. Кузнецова представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой решена актуальная задача исследования и разработки методов предоставления услуг телеприсутствия в сетях связи шестого поколения. Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации, раскрывает основные положения работы и полученные результаты. Диссертационная работа и область решаемых задач соответствует паспорту специальности 2.2.15 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций». Выводы по результатам исследований достоверны и

обоснованы. Положения, выносимые на защиту, в достаточной мере опубликованы в рецензируемых изданиях и апробированы на научных конференциях.


Считаю, что диссертация Кузнецова Константина Алексеевича «Исследование и разработка методов предоставления услуг телеприсутствия в сетях связи шестого поколения» полностью соответствует критериям, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (ред. от 16.10.2024), и предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Кузнецов Константин Алексеевич заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата технических наук специальности 2.2.15 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций».

Официальный оппонент,

заведующий научно-исследовательской лабораторией «Инновационные проекты» ФГБОУ ВО ПГУТИ

д.т.н., доцент

08 ноября 2024 г.

 И.В. Карташевский

Сведения об оппоненте:

Карташевский Игорь Вячеславович, гражданин Российской Федерации, доктор технических наук по специальности 05.12.13 - Системы, сети и устройства телекоммуникаций (2020), доцент по специальности 2.3.5 - Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и комплексов программ (2024), заведующий научно-исследовательской лабораторией «Инновационные проекты» Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики (ПГУТИ).

Адрес: ул. Льва Толстого, д. 23, Самара, 443010

Телефон: +7(927)0131513


E-mail: i.kartashevskiy@psuti.ru

Подпись Карташевского И.В. заверяю:

Учёный секретарь Учёного совета ПГУТИ

к.э.н., доцент

08 ноября 2024 г.

 Н.А. Стефанова

