

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Татарниковой Татьяны Михайловны на диссертацию Аль-Кереа Захраа Ахмед Хуссейн «Исследование и разработка методов построения сетей связи с распределенным искусственным интеллектом для поддержки услуг телеприсутствия», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Актуальность темы диссертации

Развитие искусственного интеллекта (ИИ), в настоящее время, стало одним из наиболее важных технологий в развитии современных инфокоммуникационных систем, особенно это касается расширения набора предоставляемых услуг и качества их предоставления. Смена поколений сетей связи, т.е. переход к сетям 5G, а затем и к 6G ведет к росту основных показателей качества функционирования, и применение технологий ИИ позволяет реализовать услуги, для которых ранее было недостаточно ресурсов.

В частности, одним из актуальных направлений является развитие услуг телеприсутствия. Это направление преследует цель повышения иммерсивности телекоммуникаций благодаря использованию новых технологий передачи и формирования ощущений. Для реализации таких услуг, в частности, услуг голографической (псевдо-голографической) связи (НТС – Holographic Type Communications) требуются значительные объемы ресурсов: существенно (в разы или сотни раз) большая пропускная способность и меньшая величина задержки доставки данных. В свою очередь, высокий объем ресурсов требует эффективности их использования через механизмы распределения ресурсов и трафика, что обуславливает появление нового модельно-методического аппарата, связывающего объемы ресурсов, показатели и требования к качеству обслуживания и возможности современных сетей. Использование технологий ИИ в настоящее время, является одним из актуальных подходов построения такого модельно-методического аппарата при решении задач по предоставлению современных и перспективных услуг связи.

Тема диссертационной работы Аль-Кереа Захраа Ахмед Хуссейн актуальна, поскольку направлена на решение именно этой задачи. Целью работы является исследование и разработка эффективных методов построения перспективных сетей связи на основе интеллектуальных пограничных вычислений и гибридных алгоритмов выгрузки для предоставления услуг телеприсутствия.

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

Достоверность результатов работы подтверждается корректным применением математического аппарата, результатами имитационного моделирования, публикациями и выступлениями как на российских, так и на международных конференциях.

Основные результаты диссертации, обладающие научной новизной:

1. Разработана гибридная модель на основе оптимизации роя частиц и генетического алгоритма, позволяющая улучшить распределение ресурсов, повысить энергоэффективность и уменьшить задержки передачи данных. С помощью имитационного моделирования показано, что предложенная модель обеспечивает 75%-ное снижение энергопотребления и 50%-ное снижение задержки, что делает ее эффективной для сервисов, требующих малой задержки и высокой энергоэффективности.

2. Гибридная модель и метод, в котором используется динамический порог, позволяющий получить объективную оценку эффективности обработки конкретной задачи и определить выбор метода вычислений (МЕС, INC или гибридный). Результаты моделирования и расчет времени вычислений показывают, что предложенная решения сокращают задержку примерно на 70%.

3. Комбинированный метод оптимизации размещения сервисов и минимизации задержек в устройствах телеприсутствия в среде мобильных граничных вычислений который позволяет снизить задержку на 50 %.

Публикации по теме диссертации

Основные результаты диссертации изложены в 17 опубликованных работах, в том числе 3 публикации в изданиях из перечня ВАК (из них 3 в изданиях, соответствующих искомой специальности), 6 в изданиях,

индексируемом в SCOPUS и WoS, 8 работ в других научных изданиях и материалах конференций, индексируемых в РИНЦ.

Содержание диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложения. Общий объем диссертации 162 страницы, включая список литературы из 127 наименований. В приложении к диссертационной работе приведен документ, подтверждающий внедрение основных результатов диссертационной работы в ученый процесс СПбГУТ.

Во введении приводится обоснование актуальности выбранной темы диссертационного исследования и степень её разработанности, сформулированы цель, задачи и положения, выносимые на защиту, описывается новизна, теоретическая и практическая значимость работы.

В первой главе работы приводится достаточно подробный анализ современного состояния развития и перспектив развития сетей связи. Рассмотрены общие направления перехода к сетям 6G.

Описан процесс внедрения услуг телеприсутствия в сетях 6G, обеспечивающий повышение иммерсивности услуг связи и качества их восприятия пользователями. Рассмотрены основные методы реализации услуг с использованием интеллектуальных пограничных вычислений. Интеграция в сетях 6G услуг телеприсутствия и интеллектуального пограничного пространства, практические приложения и основные варианты использования, основные проблемы и перспективные направления развития.

Во второй главе приводятся результаты анализа эволюция архитектуры сетей 6G: внедрение распределенного интеллекта и конвергенция космических, воздушных, наземных и подводных систем связи. Дается анализ распределенной архитектуры интегрированной сети 6G. Описан подход к построению и реализации имитационной модели интеллектуальной распределенной архитектуры интегрированной сети 6G.

В третьей главе автор разрабатывает гибридный метод выгрузки трафика для распределенных граничных вычислений в сетях 6G. Автор рассматривает подход к гибридной разгрузке ресурсов в сети 6G, интеграцию пограничных и внутрисетевых вычислений с множественным доступом. Автор предлагает трехуровневую сетевую архитектуру для разгрузки ресурсов Edge-Cloud, разрабатывает модель гибридной системы разгрузки при интеграции

вычислений на уровнях MEC и INC. Разработана имитационная модель и выполнено компьютерное моделирование, позволившее получить оценку эффективности гибридных стратегий разгрузки.

В четвертой главе автор предлагает подход использования интеллектуальной бессерверной вычислительной системы для услуг телеприсутствия. Рассмотрены предпосылки, мотивация использования пограничных вычислений с множественным доступом и миграция сервисов при предоставлении услуг телеприсутствия. Предложен подход с использованием комбинированной платформы SMRA и MEC для минимизации задержек при предоставлении услуг телеприсутствия. Проведено математическое моделирование и анализ производительности предлагаемого решения.

В заключении автор приводит перечень полученных результатов.

Замечания по диссертационной работе

1. При описании (определении) интеллектуальных пограничных вычислений автор говорит, что это форма обработки данных децентрализованным способом и подчеркивает ее достоинства. Автору следовало бы заметить, что достоинства такой формы будут проявляться лишь при определенных условиях, и раскрыть эти условия. Централизованная форма обработки тоже может быть эффективнее чем децентрализованная, при определенных условиях, и также раскрыть эти условия.

2. Сокращение задержки за счет уменьшения расстояния безусловно имеет место быть, но ее величина должна быть соизмерима с временем обработки данных сервером или пограничным вычислительным устройством. Автор часто упоминает о величине задержки в 1 мс, однако не поясняет между какими точками сети и какими событиями эта величина должна иметь место. Например, рекомендации 3GPP в 18 релизе декларируют задержку в 0,5 мс в RAN (сети радиодоступа), но не в ядре сети.

3. Рассматривая сетевую кластеризацию (страница 90), автор приводит пример применения алгоритма k-средних. В этом примере не отражен случайный характер результата, получаемый при кластеризации, зависящий от выбранных начальных условий. Это может быть существенно при решении конкретных задач.

4. Формула (2.1) дает лишь приблизительную оценку энергозатрат на передачу, т.к. на них влияют и многие другие факторы, она скорее

демонстрирует их квадратичную зависимость от расстояния, но не абсолютную величину. Поэтому в ней следовало бы использовать, не знак строгого равенства, а знак пропорциональности или приближенного равенства.

5. В формуле 2.3, при текущих условиях задачи первое слагаемое, выражающее задержку на распространение сигнала, на три-четыре порядка меньше второго слагаемого, выражающего задержку на передачу. Практически, в данном случае им можно пренебречь. Автору стоило бы отметить, что время распространения существенно, когда оно соизмеримо с остальными компонентами, определяющими задержку.

6. Разработанная и описанная в Главе 2 гибридная модель безусловно позволяет решать задачу оптимизации сети, однако зависимость качества беспроводных каналов связи от уровня сигнала, который в свою очередь зависит от расстояния, учитывается лишь косвенно через энергетические затраты, что ограничивает ее возможности по управлению качеством. На странице 99 целевая функция задачи оптимизации описана лишь вербально взвешенной суммой, не приведена ее формула и значения весовых коэффициентов для ее слагаемых.

7. В работе имеют место отдельные опечатки и неточности, например: в описании выражения (4.1), вероятно, допущена ошибка, т.к. в скобках имеет место сумма величин с различной размерностью; графики 3.3 и 3.4 мало информативны, поскольку на них приведены горизонтальные прямые, демонстрирующие лишь отсутствие зависимости от величины, отложенной по оси ординат. Следовало бы выбрать другую форму представления.

Приведенные выше замечания не снижают качества выполнения работы и ценности полученных результатов.

Выводы и заключение

Диссертационная работа Аль-Кереа Захраа Ахмед Хуссейн, посвящена решению научной задачи, имеющей существенное значение для развития телекоммуникаций в повышении эффективности перспективных сетей связи путем разработки модельно-методического аппарата, обеспечивающего поддержку услуг телеприсутствия.

Работа Аль-Кереа Захраа Ахмед Хуссейн является законченной научно-квалификационной работой, результаты которой обладают научной новизной и

практической значимостью. Материалы исследования в достаточно полном объеме отражены в публикациях автора и прошли апробацию на научных конференциях. Автореферат адекватно отражает содержание диссертации.

На основании вышесказанного считаю, что диссертационная работа «Исследование и разработка методов построения сетей связи с распределенным искусственным интеллектом для поддержки услуг телеприсутствия» полностью соответствует критериям, которым должна отвечать диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (в редакции от 28.08.2017).), а ее автор Аль-Кереа Захраа Ахмед Хуссейн заслуживает присуждения ей учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

«24» августа 2026 г.

Официальный оппонент

д.т.н., профессор,

директор института информационных
технологий и программирования ГУАП



Т.М. Татарникова

Сведения об оппоненте:

Татарникова Татьяна Михайловна, гражданка 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, директор института информационных технологий и программирования федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» (ГУАП). Адрес: 190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А., <https://guap.ru>, (812) 710-65-10., tm-tatarn@yandex.ru.

Подпись руки Татарниковой Татьяны Михайловны заверяю

