

УТВЕРЖДАЮ

Директор Федерального
государственного бюджетного
учреждения науки Институт проблем
управления им. В.А. Трапезникова
Российской академии наук
академик РАН



Д.А. Новиков

19.11.2024

ОТЗЫВ

ведущей организации – Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН на диссертационную работу Волкова Артема Николаевича «Разработка и исследование комплекса моделей и методов построения сетей связи на основе туманных вычислений и предоставления услуг телеприсутствия», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности

2.2.15 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций в диссертационном совете Д 55.2.004.01 на базе ФГБОУ ВО

«Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А.Бонч-Бруевича»

Актуальность темы диссертационной работы.

Происходящие в настоящее время изменения в прогнозировании развития сетей и систем связи на обозримую перспективу показывают, что уже непосредственно сейчас требуется проведение исследований и разработок для решения научной проблемы создания метавселенных и предоставления услуг телеприсутствия как основы будущих сетей связи. Метавселенные общепризнанно стали основной технологической тенденцией развития сетей и систем связи, а услуги телеприсутствия уже в обозримом будущем станут основным классом услуг, которые будут предоставляться пользователям (человеку и роботам). Это потребует изменения подходов к планированию архитектуры сетей связи на основе туманных вычислений, а также планированию ресурсов сети. Поэтому тема диссертации Волкова Артема

Николаевича «Разработка и исследование комплекса моделей и методов построения сетей связи на основе туманных вычислений и предоставления услуг телеприсутствия» является, несомненно, актуальной.

Новизна научных положений, выводов и рекомендаций.

Теоретическая и практическая ценность диссертационной работы.

Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения, списка литературы и двух приложений. Работа содержит 330 страниц машинописного текста, 57 рисунков, 8 таблиц и список литературы из 365 наименований.

Научная новизна диссертационной работы хорошо видна уже из самого названия. Разработка и исследование комплекса моделей и методов построения сетей связи на основе туманных вычислений и предоставления услуг телеприсутствия исключительно востребованы в настоящее время мировым сообществом, что подтверждается большим числом работ автора в ведущих российских и зарубежных журналах.

В первой главе автор приводит фундаментальный анализ одного из основных направлений развития сетей и систем связи на обозримую перспективу, а именно: метавселенных и услуг телеприсутствия. Столь пристальное внимание к этому направлению работ вполне объяснимо. На перспективу до 2030 – 2035 годов научные проблемы и научные задачи в этих направлениях исследований требуют новых подходов и решений в области специальности 2.2.15 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Вторая глава посвящена проблемам разработки и исследования новой архитектуры сетей связи, отличающейся от известных тем, что все услуги связи предоставляются на основе туманных вычислений, образующих туманности для динамического распределения ресурсов сети. Без такой новой архитектуры сети практически невозможно перейти к широкомасштабному внедрению метавселенных и услуг телеприсутствия. Разработанные решения позволяют значительно уменьшить долю трафика, поступающего в ядро сети, что обеспечивает наилучшее распределение ресурсов сети в условиях предоставления услуг телеприсутствия.

В третьей главе автор исследует проблемы предоставления услуг телеприсутствия в сельской местности и труднодоступных районах, для чего им предложено использовать распределенные оркестраторы совместно с

туманными вычислениями, а также динамическую кластеризацию для обеспечения стабильности кластера без необходимости миграции микросервисов. При реализации предлагаемого метода, координатор будет занимать такую позицию в кластере, которая может максимально обеспечить стабильность кластера при динамически передвигающемся рою устройств туманных вычислений, то есть минимизировать вероятность выхода устройства из кластера в результате случайных перемещений. В качестве модели сети используется рой роботов при проведении сельскохозяйственных работ в районе удаленного населенного пункта.

В четвертой главе диссертации разработаны модель и метод функционирования сети, отличающиеся от известных использованием бессерверной архитектуры для миграции групп типовых микросервисов при применении метаэвристического алгоритма стаи серых волков для определения группы устройств, на которую будет мигрировать группа контейнеров с микросервисами, что позволяет как определить группу устройств, а не единичное устройство, так и уменьшить время принятия решения о миграции в десятки раз по сравнению с известным метаэвристическим алгоритмом роя частиц.

Пятая глава диссертационной работы посвящена разработке метода миграции микросервисов на основе согласованного на международном уровне (Сектор стандартизации телекоммуникаций Международного Союза Электросвязи) нового протокола маршрутизации в среде динамических туманных вычислений, отличающегося от известных тем, что этот метод обеспечивает взаимодействие устройств туманных вычислений для миграции микросервисов и при этом позволяет достичь снижения потребляемой энергии устройствами туманных вычислений на 41% и уменьшить долю потерянных пакетов в среднем до 34%.

В шестой главе диссертации разработаны модели данных для датчиков и актуаторов, а также метод передачи этих данных, отличающиеся от известных тем, что данные формируются с использованием костюма телеприсутствия и передаются в объекты мультивселенных (цифровые и/или физические аватары), что позволяет обеспечить минимизацию суммарных издержек на ошибки квантования и задержку передачи данных.

Теоретическая значимость диссертационной работы состоит, прежде всего, в разработке и исследовании комплекса моделей и методов построения сетей связи на основе туманных вычислений и миграции микросервисов для обеспечения возможности повсеместной реализации на сети Российской Федерации услуг телеприсутствия. Важными результатами, имеющими существенную теоретическую ценность, представляются также модель данных для датчиков и актуаторов для костюма телеприсутствия, а также метод передачи этих данных в объекты мультивселенных (цифровые и/или физические аватары), позволяющие обеспечить минимизацию суммарных издержек на ошибки квантования и задержку передачи данных. Этот результат позволяет занять достойное место в общемировых работах по созданию мультивселенных.

Самостоятельную научную ценность имеют результаты по построению сетей связи на основе распределенных оркестраторов, что совместно с туманными вычислениями дает возможность предоставления услуг телеприсутствия в сельской местности и труднодоступных районах.

Практическая ценность работы состоит в создании научно-обоснованных рекомендаций по развитию сетей связи на основе туманных вычислений для предоставления услуг телеприсутствия, что реализуется как в методике планирования сетей связи ПАО «ГИПРОСВЯЗЬ», так и в международных стандартах (рекомендациях) сектора стандартизации телекоммуникаций Международного Союза Электросвязи.

Полученные в диссертационной работе результаты внедрены в ПАО «ГИПРОСВЯЗЬ» при разработке методики планирования сетей связи, в ФГБУ НИИР при выполнении государственных контрактов по научно-техническому и методическому обеспечению выполнения Министерством цифрового развития, связи и массовых коммуникаций функций Администрации связи Российской Федерации в Секторе стандартизации телекоммуникаций Международного союза электросвязи в работах по разработке стандартов (вкладов), в Санкт-Петербургском государственном университете телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича при проведении НИР по Мегагранту «Исследование сетевых технологий с ультра малой задержкой и сверхвысокой плотностью на основе широкого применения искусственного интеллекта для сетей 6G» по соглашению № 075-15-2022-1137 с Министерством науки и высшего

образования РФ, при выполнении НИР «Прикладные научные исследования в области создания сетей связи 2030, включая услуги телеприсутствия с сетевой поддержкой, и экспериментальная проверка решений при подготовке отраслевых кадров» в 2023г. № 123060900012-6, а также при чтении лекций, проведении практических занятий и лабораторных работ.

Основные результаты диссертационной работы рекомендуются к использованию Министерством цифрового развития, связи и массовых коммуникаций при разработке документов по созданию и внедрению сетей связи пятого и последующих поколений, в том числе нормативно-правовых актов, при проведении научно-исследовательских работ в области современных телекоммуникационных сетей и систем и при выполнении государственных контрактов по научно-техническому и методическому обеспечению выполнения Министерством цифрового развития, связи и массовых коммуникаций функций Администрации связи Российской Федерации в Секторе стандартизации телекоммуникаций Международного союза электросвязи в работах по разработке стандартов (вкладов) в отраслевом научно-исследовательском институте ФГБУ НИИР, при проектировании и планировании современных сетей связи ПАО «ГИПРОСВЯЗЬ», операторскими компаниями ПАО «Ростелеком», ПАО «Мегафон», ПАО «ВымпелКом», ПАО «МТС», а также при подготовке специалистов по современным сетям и системам связи в университетах НИУ ВШЭ, РУДН, СПб НИУ ИТМО, СПбПУ Петра Великого, ПГУПС Императора Александра I, СПбГУТ им. проф. М.А.Бонч-Бруевича, ПГУТИ, МГУСИ, СибГУТИ и др.

Достоверность полученных результатов, выводов и рекомендаций диссертационной работы подтверждается корректным применением математического аппарата, результатами натурного и имитационного моделирования, а также широким спектром публикаций и выступлений, как на российских, так и на международных научных конференциях.

Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации

Все основные результаты диссертационной работы получены автором самостоятельно. Экспериментальные исследования проведены под научным руководством автора при его непосредственном участии.

Полнота опубликования и апробация результатов исследования

Основные результаты диссертации изложены в 64 опубликованных работах, в том числе в 11 работах, опубликованных в журналах из перечня ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации; 19 работах в изданиях, включенных в международные базы цитирования; 2 отчетах о НИР; 32 работах в других научных изданиях и материалах конференций.

Основные положения диссертационной работы обсуждались и были одобрены на следующих конгрессах, конференциях и семинарах: семинар Заседание секции «Радиоэлектроника» Дома ученых имени М. Горького РАН(Санкт-Петербург, 2023), конкурс «5G bloomig cup» – БРИКС (Китай, 2023), форум V Международной конференции «Наука будущего», VIII Всероссийского молодежного научного форума «Наука будущего – наука молодых» Орел (Россия, 2023), "2nd International Meet & Expo on Robot Intelligence Technology and Applications (ROBOTMEET2023) (Ванкувер, Канада, 2023), Форум 2023 BRICS Forum on Future Networks Innovation (BFFNI) – БРИКС (Шэньчжэнь, 2023), Distributed Computer and Communication Networks (DCCN 2023) (Москва, 2023), Second International conference on Cybersecurity, Cybercrimes, and Smart Emerging Technologies (Эр-Рияд, Саудовская Аравия, (2023-2024), 26th IEEE International Conference on Advanced Communications Technology (ICACT) (Корея, 2024), UN metaverse Think-a-Thon Virtual Worlds Revolutionizing Smart Sustainable Cities & Communities (Женева, Швейцария, 2024), Глобальный Саммит «Искусственный интеллект во Благо» (Женева, Швейцария, 2024), Форум МСЭ «Сети будущего» и тренинг «Тестирование на соответствие и функциональную совместимость» (Ташкент, Республика Узбекистан, 2023), 23rd International Conference on Next Generation

Wired/Wireless Networks and Systems (NEW2AN), (Дубай, ОАЭ, 2023), 7th International Conference on Future Networks & Distributed Systems (ICFNDS) (Дубай, ОАЭ, 2023), Международная конференция по современным системам вычислений и связи следующего поколения (англ. International Conference on Advanced Computing & Next-Generation Communication, ICACNGC 2023) (Санкт-Петербург, 2023).

Правильность оформления диссертации и автореферата, соответствие автореферата диссертации ее содержанию

Диссертация и автореферат оформлены в соответствии с принятыми для научных квалификационных работ нормами и требованиями. Автореферат адекватно и в полной мере отражает основные научные результаты и положения, сформулированные в тексте диссертации. Автореферат содержит краткое изложение материалов диссертационной работы по главам и полностью соответствует содержанию самой диссертационной работы.

Замечания по диссертационной работе

1. В разделе 1.5 (стр.96) требует большего обоснования необходимость термина «мультивселенная» в связи с уже состоявшейся стандартизацией термина «метавселенная».

2. При описании архитектуры сети для сельскохозяйственных работ (рис.3.2 на стр.171) основным вариантом использования БПЛА в сети с учетом особенностей проводимых сельскохозяйственных работ и малонаселенной местности должен быть привязной БПЛА, а не «в том числе привязного типа» как это указано на стр.172.

3. На стр.204 и далее в главе 4 приведены рассуждения о типизации контейнеров с программным обеспечением для реализации тех или иных услуг. Типизация контейнеров при этом способствует реализации бессерверной архитектуры, что, безусловно, является очень важным. Хотелось бы, чтобы в работе было больше информации о критериях типизации контейнеров и, соответственно, возможном числе типов контейнеров.

4. По тексту работы встречаются опечатки и стилистические неточности.

Заключение

Замечания не могут повлиять на общую положительную оценку диссертационной работы Волкова Артема Николаевича. Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена научная проблема разработки и исследования комплекса моделей и методов построения сетей связи на основе туманных вычислений и предоставления услуг телеприсутствия в мультивселенной при использовании костюмов телеприсутствия, имеющая важное значение для отрасли цифрового развития и связи, а также специальности 2.2.15 - Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Полученные автором результаты отличаются научной новизной и практической значимостью. Результаты апробированы на значимых научных конференциях. Основные научные результаты диссертации достаточно полно опубликованы в ведущих российских и зарубежных изданиях. Название работы полностью отражает ее содержание, содержание диссертации соответствует пунктам 4, 9, 10, 12 и 18 специальности 2.2.15. Системы, сети и устройства телекоммуникаций. Автореферат адекватно отражает содержание диссертационной работы и ее основные результаты. Диссертационная работа Волкова Артема Николаевича «Разработка и исследование комплекса моделей и методов построения сетей связи на основе туманных вычислений и предоставления услуг телеприсутствия» соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (в редакции от 25.01.2024 года), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.15 - Системы, сети и устройства телекоммуникаций, а ее автор Волков Артем Николаевич заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук.

Диссертация и автореферат Волкова Артема Николаевича на тему «Разработка и исследование комплекса моделей и методов построения сетей связи на основе туманных вычислений и предоставления услуг телеприсутствия» заслушаны и обсуждены на заседании расширенного научного семинара лаборатории № 69 «Телекоммуникационные системы» Института проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН 31 октября 2024 года, протокол № 10.

Зав. Лабораторией № 69
«Телекоммуникационные системы»,
д.т.н., проф.

 Вишневецкий Владимир Миронович

19 ноября 2024 года

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова
Российской академии наук (ИПУ РАН)
Адрес: 117997, г. Москва, Профсоюзная ул. 65,
Сайт: www.ipu.ru
Телефон: +7 495 334-89-10
Факс: +7 495 334-93-40, +7 499 234-64-26
Email: dan@ipu.ru

Подпись

Вишневецкий
ЗАВЕРЯЮ

ВЕД. ИНЖЕНЕР

ГОРДЕЕВА Ю. Ю.

