



**Российский университет
дружбы народов (РУДН)**

ул. Миклухо-Маклая, д. 6, Москва, Россия, 117198
ОГРН 1027739189323; ОКПО 02066463; ИНН 7728073720

Телефон: +7495 434 53 00, факс: +7495 433 15 11
www.rudn.ru; rudn@rudn.ru

22 октября 2021
№ 05-07/3779

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор – проректор по научной работе,
доктор медицинских наук, профессор,
член-корреспондент РАН

  Костин А.А.
«22» 10 2021 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования
"Российский университет дружбы народов" - на диссертационную работу
Чистовой Натальи Александровны «Исследование влияния на сокращение цифро-
вого разрыва и разработка методов формирования цифровых кластеров сетей связи
с ультра малыми задержками», представленную к защите
в Диссертационном Совете Д 55.2.004.01 на базе ФГБОУ ВО
«Санкт-Петербургский государственный университет 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

Третье десятилетие 21 века в области систем, сетей и устройств телекоммуникаций началось с бума научных работ в области сетей связи с ультра малыми задержками. И это не случайно. Именно сети связи с ультра малыми задержками определили на долгосрочный период основные принципы дальнейшего развития сетей связи. Объясняется это фундаментальным характером изменения параметров для этих сетей. Круговая задержка в них может составлять 1мс, что в связи с фундаментальными ограничениями по скорости распространения света

делает возможным предоставление услуг таких сетей в пределах круга, ограниченного радиусом в 50 км. Последнее приводит к децентрализации сети и к перераспределению ее ресурсов в сторону создания множества центров обработки данных (ЦОД). Поэтому задачи по определению числа и размещения ЦОД, а также реальных расстояний с учетом неоднородного размещения пользователей и особенностей построения волоконно-оптической сети являются одними из важнейших на сегодняшний день и на перспективу. Исходя из сказанного, тема представленной на отзыв диссертационной работы «Исследование влияния на сокращение цифрового разрыва и разработка методов формирования цифровых кластеров сетей связи с ультра малыми задержками» является, несомненно, актуальной.

Новизна научных положений, выводов и рекомендаций. Теоретическая и практическая ценность диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав с выводами по каждой из них, заключения, списка литературы и приложения. Диссертационная работа изложена на 123 страницах и включает введение, 4 главы, заключение, список сокращений, приложение и список литературы, состоящий из 158 источников.

Научная новизна диссертационной работы проявляется уже непосредственно в самом названии. Сети связи с ультра малыми задержками на сегодняшний день одно из самых перспективных направлений исследований в области сетей связи. Большое число научных работ уже посвящено сетям связи с ультра малыми задержками, а еще большее – будет посвящено в последующие годы, поскольку эти сети представляют из себя основу развития как собственно сетей связи, так и цифровой экономики в целом.

Автор начинает свою работу с исследования влияния сетей связи с ультра малыми задержками на цифровой разрыв, сокращение которого как раз и является одной из главных целей построения эффективной цифровой экономики. На основе анализа большого числа статистических данных Наталье Александровне Чисовой удалось найти новую меру цифрового разрыва, а именно: число работающих в области информатизации и связи на 100 тысяч человек, работающих во всех областях деятельности в Российской Федерации. Самое главное при этом то, что на

значение этой меры возможно воздействовать, если взять курс на опережающее развитие сетей связи с ультра малыми задержками.

Появление сетей связи с ультра малыми задержками принципиально преобразует не только сами сети, но и направление их дальнейшего развития в сторону децентрализации сети, что в свою очередь создает предпосылки для децентрализации экономики. Для понимания степени этой децентрализации автор анализирует средние расстояния между различными поселениями Российской Федерации и использует уже известные характеристики зоны обслуживания для сетей связи с ультра малыми задержками, радиус которой ограничен 50 км для услуг, например, Тактильного Интернета. Полученный результат в тысячи необходимых центров обработки данных (ЦОД) имеет вполне объяснимое влияние на будущее цифровой экономики в целом. Высококвалифицированные специалисты с высшим образованием должны появиться там, где будут установлены ЦОДы, т.е. в каждом районном центре Российской Федерации. Именно это и даст возможность сократить цифровой разрыв. По прогнозу автора, выполненному на основе техники ассоциативного прогнозирования, доля пользователей услуг сетей связи с ультра малыми задержками составит более 60% к 2030 году.

Далее автор детально изучает проблему формирования цифровых кластеров, в центре которых и должны располагаться центры обработки данных. Разработан метод формирования цифровых кластеров сетей связи пятого и последующих поколений на основе качества предоставления услуг, отличающийся от известных тем, что при формировании цифрового кластера учтены плотность пользователей, а также одновременное предоставление услуг Тактильного Интернета и услуг дополненной реальности. При этом для оценки задержки использовано приближенное решение Крамера и Лангенбах-Бельца для системы $GI/G/1$.

Для решения задачи размещения ЦОД при неравномерном распределении пользователей по территории предложен модифицированный алгоритм FOREL, отличающийся от известных тем, что область допустимых положений центра цифрового кластера ограничена множеством M . Это позволяет добиться того, чтобы точки предоставления различных услуг совпадали, что даст возможность сокращения протяженности линий связи в цифровом кластере.

В заключительной четвертой главе диссертационной работы разработан метод выбора размера цифрового кластера в сети с ультра малыми задержками с учетом длины трассы прокладки кабеля на основе оценки фрактальной размерности дорожной сети на территории цифрового кластера. Этот метод позволяет оценить степень отличия трасс прокладки кабеля от прямых линий и определить значение длины, на которое необходимо уменьшить радиус планируемого цифрового кластера (для реальных значений фрактальной размерности до более, чем в 2 раза).

Теоретическая значимость диссертационной работы состоит в выявлении взаимосвязи между Валовым Региональным Продуктом и числом занятых в области информатизации и связи (на 100 тысяч занятых во всех областях деятельности), при этом предусматривается опережающее развитие сетей связи с ультра малыми задержками, что приведет к созданию тысяч цифровых кластеров с центрами обработки данных в областных и районных центрах и может обеспечить сокращение цифрового разрыва между регионами в несколько раз. Разработанные методы формирования цифровых кластеров расширяют представления о построении сетей связи с ультра малыми задержками с учетом масштабного внедрения услуг дополненной реальности, а также увязывают размеры цифрового кластера с фрактальными характеристиками дорожной сети, поскольку прокладка трасс кабеля осуществляется, как правило, вдоль дорог.

Практическая значимость диссертационной работы состоит в создании методики определения размера цифрового кластера на основе данных о дорожной сети в районе размещения цифрового кластера и ее фрактальной размерности и требований по круговой задержке для планируемых к внедрению услуг сетей связи с ультра малыми задержками. Методика реализована в виде алгоритма оценки размера цифрового кластера.

Полученные в диссертационной работе результаты использованы в ПАО «ГИПРОСВЯЗЬ» при разработке «Методики определения размера цифрового кластера при проектировании сетей связи с ультра малыми задержками» и в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургском государственном университете телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича» (СПбГУТ) при чтении лекций и проведении практических занятий по курсам «Интернет Вещей и самоорганизующиеся сети» и «Современные проблемы науки в области инфокоммуникаций», а также при выполнении НИР по теме «Разработка моделей и методов организации сетей связи 2030 для цифровой экономики».

Основные результаты диссертационной работы рекомендуются к использованию Министерством цифрового развития, связи и массовых коммуникаций при разработке документов по созданию эффективной цифровой экономики, для проведения научно-исследовательских работ в области современных телекоммуникационных сетей и систем в отраслевых научно-исследовательских институтах ФГУП ЦНИИС, ФГУП 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 связи в университетах ВШЭ, РУДН, СПб НИУ ИТМО, СПбПУ Петра Великого, ПГУПС Императора Александра I, СПбГУТ им. проф. М.А.Бонч-Бруевича, ПГУТИ, МТУСИ, СибГУТИ и др.

Достоверность полученных результатов, выводов и рекомендаций диссертационной работы подтверждается корректным применением математического аппарата, обсуждением результатов диссертационной работы на международных конференциях и семинарах, публикацией основных результатов диссертации в ведущих рецензируемых журналах.

Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации

Основные результаты диссертационной работы получены автором самостоятельно. Направления исследований диссертационной работы, формулировки проблем и постановки задач обсуждались с научным руководителем проф. А.Е. Кучерявым, что отражено в совместных публикациях, в которых основные результаты принадлежат автору.

Полнота опубликования и апробация результатов исследования

По теме диссертации опубликовано 7 научных работ, из них 4 статьи в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень изданий, рекомендуемых ВАК Министерства высшего образования и науки Российской Федерации, 1 статья в рецензируемых изданиях, входящих в международные базы данных SCOPUS и WoS (Q2), 2 статьи в журналах, включенных в РИНЦ.

Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на следующих международных и российских конференциях и семинарах: BRICS Forum on Networks Innovation, October 29-30, 2020, Shenzhen, China. МИИТ, China Academy of Information and Communications Technology (CAICT), Российско-Вьетнамском ИКТ Форуме, Москва – Ханой, Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, 30 марта 2021 г., конференции NEW2AN 2020 Internet of Things, Smart Spaces, and Next Generation Networks and Systems, август 2020, С.-Петербург, IX и X Международных научно-технических и научно-методических конференциях «Актуальные проблемы инфокоммуникаций в науке и образовании» АПИНО 2020 и 2021, СПбГУТ, семинарах кафедры сетей связи и передачи данных СПбГУТ.

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. В автореферате выделены все решаемые в каждой главе задачи и представлены научные результаты.

Недостатки работы

1. На стр.31 диссертационной работы достаточно подробно рассмотрены отличия сетей связи шестого поколения от сетей связи пятого поколения. Однако при этом отсутствуют какие-либо данные о значении круговой задержки для сетей связи шестого поколения.
2. Требуется дополнительное обоснование предположения о том, что увеличение длины трассы (волоконно-оптической линии) пропорционально фрактальной размерности дорог на территории предполагаемого кластера (стр.88).
3. Имеются недочеты редакционного характера, встречаются опечатки и стилистические погрешности (например, на стр.36, 40, 41, 78).

Заключение

Отмеченные недостатки не могут повлиять на общую положительную оценку диссертационной работы Чисовой Натальи Александровны. Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена научная задача выявления влияния на цифровой разрыв сетей связи с ультра малыми задержками и разработки методов формирования цифровых кластеров для этих сетей, имеющая 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 широко апробированы на значимых российских и зарубежных конференциях. Основные научные результаты диссертации достаточно полно опубликованы в ведущих российских и зарубежных изданиях. Название работы полностью отражает ее содержание, содержание диссертации соответствует пунктам 3,11,12,14 специальности 05.12.13 - Системы, сети и устройства телекоммуникаций. Автореферат адекватно отражает содержание диссертационной работы и ее основные результаты. На основании

изложенного считаем, что диссертация Чистовой Натальи Александровны «Исследование влияния на сокращение цифрового разрыва и разработка методов формирования цифровых кластеров сетей связи с ультра малыми задержками» соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (в редакции от 11.09.2021 года), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 - Системы, сети и устройства телекоммуникаций, а ее автор Чистова Наталья Александровна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук.

Заключение принято на заседании кафедры прикладной информатики и теории вероятностей федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов» 20.10.2021, протокол № 0200-19-04/03.

21.10.2021

Доцент кафедры прикладной информатики и теории вероятностей РУДН, к.ф.-м.н. (специальность 05.13.17 – Теоретические основы информатики), доцент



Кочеткова Ирина Андреевна

Профессор кафедры прикладной информатики и теории вероятностей РУДН, д.ф.-м.н. (специальность 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ), профессор



Севастьянов Леонид Антонович

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов» (ФГАОУ ВО РУДН)
Адрес: 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6
<http://www.rudn.ru/>
+7 (495) 434-70-27
rector@rudn.ru