

ГИАП ОД	Документ зарегистрирован
	« 27 » 05 2016 г.
	Вх. № 81-187/26

Отзыв официального оппонента

Викулова Антона Сергеевича

на диссертацию Янковского Никиты Андреевича

на тему «Модели и методы динамического распределения ресурсов в сетях 5G», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Актуальность темы диссертации

Диссертация Н.А. Янковского посвящена разработке моделей и методов динамического распределения ресурсов в сетях 5G, обеспечивающих эффективное обслуживание гетерогенного трафика в условиях высокой плотности устройств и жестких требований к качеству обслуживания (QoS).

Необходимость внедрения новых эффективных технологий для обеспечения сверхнадежной связи с низкой задержкой (URLLC), массовых межмашинных коммуникаций (mMTC) и расширенной мобильной широкополосной связи (eMBB) подчеркивается Стратегией развития отрасли связи Российской Федерации до 2035 года. Современные сотовые сети связи должны одновременно обслуживать тысячи устройств интернета вещей, критически важные промышленные приложения и высокоскоростной мультимедийный трафик. Несмотря на длительное изучение данной области, остаются нерешёнными некоторые вопросы в комплексном управлении ресурсами сетей 5G с использованием цифровых вычислительных устройств. В частности, к таковым относятся низкая эффективность сосуществования трафика различных типов в восходящем и нисходящем каналах, отсутствие адаптивных механизмов мультиплексирования и неоптимальность статических схем ассоциации пользователей к базовым станциям. Таким образом, разработка моделей и алгоритмического обеспечения для базовых станций и сетевых элементов, используемых при динамическом распределении ресурсов, представляет собой актуальную научную задачу.

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

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, обладают высоким уровнем формализации и обоснованности. Диссертация отличается высокой степенью достоверности, что подтверждается корректным применением методов теории массового обслуживания, теории вероятностей, теории информации, методов оптимизации и имитационного моделирования. Полученные теоретические и экспериментальные результаты не противоречат общепринятым научным положениям и согласуются с результатами других авторов. Все основные результаты диссертации получены автором самостоятельно. Основные результаты работы опубликованы в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК, а также в изданиях, индексируемых в Scopus, и представлены на всероссийских и международных конференциях.

Научная новизна

1. Математические модели восходящего канала и нисходящего канала отличаются от известных учетом сценариев использования сетей 5G, что позволяет организовать эффективное совместное обслуживание гетерогенного трафика, удовлетворяющее QoS.

2. Метод доступа устройств M2M к ресурсам сетей 5G, отличается от известных учетом специфики обслуживания данных малого объема, динамическим изменением числа используемых преамбул, а также системой приоритизации трафика, что позволяет снизить задержку и улучшить энергоэффективность за счет сокращения повторных передач.

3. Метод мультиплексирования битовых потоков URLLC и eMBB трафика в нисходящем канале сетей 5G отличается от известных возможностью адаптивного изменения схемы распределения ресурсов между различными видами трафика, что позволяет для некоторых вариантов снизить среднюю задержку.

4. Математическая модель динамической ассоциации устройств с базовой станцией, отличается от известных учетом особенностей трафика устройств M2M, расположенных на границе соты, позволяющие снизить среднюю задержку передачи сообщений по нисходящему каналу связи.

Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

Теоретическая значимость результатов диссертации обусловлена созданием новых моделей и методов динамического распределения ресурсов, развивающих теорию телетрафика и системного анализа применительно к сетям 5G.

Практическая ценность результатов диссертации обусловлена возможностью реализации предложенных моделей и алгоритмов в телекоммуникационном оборудовании для повышения эффективности использования ресурсов, обеспечения гарантированного качества обслуживания и увеличения пропускной способности сетей 5G. Практическая ценность результатов нашла свое отражение во внедрении результатов диссертации: основные научные результаты диссертации внедрены в учебный процесс федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» при проведении практических занятий и лабораторных работ по дисциплинам «Вычислительные системы, сети и телекоммуникации» и «Инфокоммуникационные системы и сети».

Характеристика содержания диссертации и публикаций по теме работы

Содержание диссертации, общий объем которой составляет 131 страниц, включает введение, четыре главы, заключение, список литературы из 90 наименований и приложения. Работа содержит 47 рисунков и 8 таблиц.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи, определены научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы. В первой главе выполнен системный анализ архитектуры и сценариев использования сетей 5G, выявлены проблемы распределения ресурсов и сформулирована постановка задачи исследования. Во второй главе предложены методы для восходящего канала: алгоритм скользящего сетевого кодирования и метод динамического изменения числа преамбул на основе машинного обучения; представлены результаты моделирования. В третьей главе разработан метод адаптивного мультиплексирования для нисходящего канала на основе комбинации LDPC и TCM кодов. В четвертой главе предложен метод динамической ассоциации пользователей с использованием LSTM-сетей и асимптотической нижней границы задержки. В заключении сформулированы основные результаты работы.

По теме диссертации опубликовано 17 научных работ: 6 работ – в журналах из перечня ВАК; 5 – в изданиях, индексируемых Scopus, и 5 – в сборниках конференций, индексируемых РИНЦ, по теме диссертации получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Диссертация написана технически грамотным языком, обладает внутренним единством и логической последовательностью изложения. Оформление работы соответствует требованиям ГОСТ. Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации.

Замечания по диссертационной работе

При общей положительной оценке диссертации необходимо отметить следующие замечания:

1. В разделе 1.1.3 в явном виде не упомянута плоскость M-plane, хотя из контекста следует, что ее трафик рассматривается как часть плоскости управления (Control Plane).

2. В разделе 2.3 в явном виде не учтены межкадровые интервалы, которые вместо этого неявно учтены общей длительности передачи сообщения.
3. В разделе 2.4 рассматривается механизм HARQ, при этом не принимается во внимание возможная функциональность soft/chase combining, допускающая итоговый успешный прием без полностью корректно принятого пакета.
4. В главах 2 и 3 даются модели восходящего и нисходящего каналов. При этом неясно почему результаты моделирования приведены для различных диапазонов возможного числа устройств в системе – до 200 для восходящего и до 2000 для нисходящего каналов.
5. В разделе 4.5 приведены результаты моделирования средней задержки для различных алгоритмов динамической ассоциации. Для лучшей наглядности лучше было бы привести конкретные значения в процентах снижения задержки в предлагаемом методе относительно известных ранее, выбрав отдельный сценарии для иллюстративного примера.
6. Не везде аббревиатуры раскрыты при первом упоминании, например на стр. 9. Также имеют место несущественные стилистические шероховатости, например на стр. 5, 62, 70.

Отмеченные недостатки не влияют на качество теоретических и практических результатов диссертационного исследования.

Заключение

Диссертация соискателя Янковского Никиты Андреевича является законченной научно-квалификационной работой. В диссертации решена научная задача разработки моделей и методов, обеспечивающих эффективное динамическое распределение ресурсов в сетях 5G для удовлетворения показателей QoS в условиях гетерогенного трафика и высокой плотности устройств. Результаты, представленные в диссертации, обладают научной новизной, обоснованы и достоверны, имеют апробацию на конференциях разного уровня и опубликованы в рецензируемых научных изданиях из

перечня, рекомендованного ВАК, а также в изданиях, индексируемых в Scopus.

Оформление работы соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям. Содержание и научные результаты диссертационной работы соответствуют пунктам 2, 6, 8 и 18 паспорта научной специальности 2.2.15 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций». Автореферат в полной мере отражает основное содержание диссертации.

Несмотря на отмеченные замечания, диссертация Янковского Н.А. на тему «Модели и методы динамического распределения ресурсов в сетях 5G» соответствует требованиям Положения «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 и оценивается положительно, а ее автор – Янковский Никита Андреевич – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций».

«12» мая 2026 г.

Официальный оппонент,
кандидат технических наук,
Руководитель направления
беспроводных решений
ООО «Лаборатория Кьютэк»



Викулов А.С.

Подпись заверяется:

Верно
Генеральный директор
Арсянова Г.Р.
19.05.2026 г.

