



Российский университет
дружбы народов (РУДН)

ул. Милухо-Майков д. 9, Москва, Россия, 117196
ОГРН: 1027739185523, ОКПО 02066463, ИНН 7726073790

телефон: +7(495) 479 50 80, факс: +7(495) 431 15 11
www.rudn.ru, info@rudn.ru

41 М.О.Б. 20.11.
№ С100-18/101

Отзыв официального оппонента

на диссертацию Ндайикунда Жувена «Разработка и анализ модели динамического распределения ресурса беспроводных узлов доступа при передаче неоднородного трафика IoT», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 — Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Актуальность темы диссертационной работы

Телекоммуникационные сети развиваются в направлении создания условий для обслуживания самых разнообразных пользователей услуг связи. В скором времени подавляющая часть из них будет представлять из себя технические устройства, наделенные элементами интеллекта для сбора и пересылки данных. Для решения этой задачи сеть должна трансформироваться из физической среды, используемой для установления соединения, в интеллектуальный технический объект предоставления неограниченного набора сервисов, отвечающих требованиям клиентов по качеству обслуживания. Одним из путей для достижения сформулированной цели является использование архитектуры network slicing, обеспечивающей условия для динамического распределения и кастомизации ресурса сети при пересылке с требуемым качеством разнообразных информационных потоков. Необходимо отметить, что создание условий по обеспечению качества обслуживания еще не означает, что сформулированы правила применения найденных технических решений. Они нуждаются в настройке, которая состоит в выборе значений параметров, регулирующих прием и распределение ресурса между поступающими заявками с учетом свойств поступающих

60/22
12 05 22.

информационных потоков, в частности неоднородности требований к ресурсу передачи информации. Стандартные решения, основанные на полном доступе к ресурсу и на статичных сценариях его распределения, не всегда эффективны и плохо приспособлены к изменению профиля трафика. Это делает актуальными исследования, направленные на создание условий по дифференцированному обслуживанию гетерогенного трафика, основанных на процедурах, адаптированных к свойствам информационных потоков, в частности на использовании процедуры резервирования ресурса. Для обоснованного применения сформулированного подхода необходимо построение соответствующих математических моделей и проведение их анализа. Именно эти вопросы были рассмотрены в диссертационном исследовании Ндайикунда Жувена, что говорит об актуальности выбранной тематики и ее важности для практических приложений.

Краткая характеристика работы

Во введении обсуждается актуальность темы исследования, степень разработанности темы, объект и предмет исследования, цели и задачи диссертационной работы, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, методология и методы исследования, соответствие паспорту специальности, положения, вынесенные на защиту, степень достоверности и апробация результатов.

В **первой** главе анализируются основные технологии передачи информации в беспроводных узлах доступа. Отмечены преимущества и недостатки существующих исследований.

Вторая глава посвящена построению и исследованию обобщенной модели распределения ресурса передачи информации в беспроводном узле доступа, выделенного оператору систем наблюдения для передачи информационных потоков, инициируемых видеочамерами и датчиками. Сессии связи видеочамер обслуживаются на условиях трафика сервисов реального времени, т.е. требуют фиксированную скорость передачи информации на все время соединения. Совместно с приоритетным трафиком реального времени обслуживаются заявки на передачу эластичных данных, которые делят между собой весь свободный ресурс в

соответствии с положениями дисциплины Processor Sharing. Для создания условий по дифференцированному обслуживанию трафика используется функция внутренней блокировки, зависящая от общего уровня занятости ресурса. Построена система уравнений равновесия, связывающая стационарные вероятности модели, и на их основе определены основные показатели качества обслуживания поступающих запросов.

В **третьей** главе построены алгоритмы оценки характеристик совместного обслуживания заявок. Точные значения характеристик получены в результате решения системы уравнений равновесия итерационным методом Гаусса-Зейделя. Для его реализации предложено рекурсивное представление системы уравнений равновесия в виде цикла по целочисленным компонентам состояния модели. Рассмотрены алгоритмы оценки характеристик в частных случаях, которые используются для реализации процедуры статичного слайсинга.

В **четвертой** главе анализируются особенности создания условий по дифференцированному обслуживанию поступающих запросов на основе сценариев статичного и динамичного слайсинга. Приведены численные примеры, иллюстрирующие особенности и эффективность реализации рассмотренных подходов.

В **заключении** представлены основные выводы по работе.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Для создания условий по дифференцированному обслуживанию гетерогенного трафика автор предлагает использовать хорошо зарекомендовавшие себя в теории телетрафика мультисервисных сетей связи алгоритмы резервирования ресурса, основанные на использовании функции внутренней блокировки.

Достоверность научных положений и выводов обосновывается корректным применением математического аппарата, программного обеспечения и моделирования.

По теме диссертации опубликовано 14 печатных работ, из них 4 в изданиях, индексированных в базах WoS и Scopus, и 3 статьи в журналах из перечня ВАК. Основные результаты работы обсуждались на научном семинаре кафедры ССисК,

а также 4 международных научных конференциях: (FRUCT–2019); Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications (2020, 2021); DCCN –2020 и др.

Оценка новизны и достоверности полученных результатов

1. Новым по сравнению с известными моделями обслуживания неоднородного трафика в беспроводном узле доступа стал учет совместного влияния приоритизации для неэластичного трафика, переменного требования к ресурсу для эластичного трафика, а также стратегии доступа с пороговым управлением.
2. Даны рекомендации по использованию известного метода, основанного на решении системы уравнений равновесия итерационным алгоритмом Гаусса-Зейделя, для оценки характеристик новой обобщенной модели узла доступа.
3. Разработанная модель и алгоритмы оценки ее характеристик применены для анализа дифференцированного обслуживания потоков неоднородного трафика при двух основных сценариях выделения ресурсов – полностью с ограничением доступа (динамический сценарий) и полное разделение ресурса (статичный сценарий).
4. На основе данных численных исследований показано, что использование динамического сценария позволяет уменьшить требование к объему ресурса, обеспечивающего требуемый уровень потерь сессий, по сравнению с применением для этих же целей статичного сценария.

Теоретическая значимость результатов обусловлена модернизацией существующих математических моделей по части учета основных особенностей совместного обслуживания гетерогенного трафика современных коммуникационных приложений в беспроводных узлах доступа. Практическая значимость обуславливается возможностью применения предложенных моделей при планировании реальных мультисервисных сетей и в учебном процессе, что подтверждается актом внедрения. Достоверность полученных аналитических результатов подтверждается согласованностью характеристик построенной новой модели в частных случаях с известными для классических моделей теории массового обслуживания результатами.

Замечания по диссертационной работе

1. Следует с большей подробностью определить понятие сессии связи, в частности, те ее характеристики, которые используются при построении модели. К ним относится требуемая скорость передачи, длительность, частота появления сессий и т.д.
2. При построении модели автор использует предположение об экспоненциальном характере функции распределения времени обслуживания сессий передачи трафика сервисов реального времени и объема передаваемого файла. Следовало бы, хотя средствами имитационного моделирования, оценить устойчивость полученных в диссертации выводов при изменении функции распределения времени обслуживания поступающих запросов.
3. Характеристики построенной автором обобщенной модели беспроводного узла доступа находятся в результате решения системы уравнений равновесия итерационным методом Гаусса-Зейделя. При этом автор рассматривает традиционный вариант алгоритма и не исследует возможности ускорения процесса счета, например, в результате использования релаксационного множителя.
4. Литературный обзор по теме диссертационной работы выполнен на уровне достаточном для обоснования актуальности темы и отличия полученных результатов от других более ранних исследований. Однако в диссертации не хватает ссылок на работы ряда известных российских и зарубежных авторов, в частности, на труды: А. Е. Кучерявого, И. А. Кочетковой (Гудковой), I. D. Moscholios, J. Virtamo.
5. Содержание подразделов 1.2 и 3.5 можно было бы сократить или вынести в приложения к диссертации.
6. В диссертации имеются ряд опечаток, стилистические неточности и недостатки форматирования текста.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней

Автореферат отражает содержание диссертации, раскрывает основные положения работы и полученные результаты. В заключении автореферата приведены основные выводы по диссертации.

Диссертация соответствует паспорту специальности 2.2.15 в п.1, 2 и 6 и в целом представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную автором самостоятельно на высоком техническом уровне. Решаемые в работе вопросы являются актуальными, а положения, выносимые на защиту, обладают научной новизной.

Замечания по диссертации не снижают ценности научно-квалификационной работы.

Диссертационная работа Ндайикунда Жувена полностью соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.03.2013 №842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 — «Системы, сети и устройства телекоммуникаций».

Официальный оппонент:

Юлия Васильевна Гайдамака

Подпись Гайдамаки Ю.В. удостоверяю.
Ученый секретарь ФГАОУ ВО
«Российский университет дружбы народов»,
доктор физико-математических наук,
профессор

В.М. Савчин

Сведения об оппоненте:

Гайдамака Юлия Васильевна, доктор физико-математических наук по специальности 05.13.17, профессор кафедры «Прикладная информатика и теория вероятностей» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов» (ФГАОУ ВО РУДН).

Адрес: 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6

Телефон: +7 (495) 955-09-99, e-mail: gaydamaka-yuv@rudn.ru