

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Кирьянова Антона Геннадьевича «Разработка и моделирование методов, применяемых в протоколах канального уровня сетей Wi-Fi для доставки видеопотоков реального времени», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций»

Актуальность работы

Актуальность темы диссертации Кирьянова А.Г. обусловлена растущими потребностями в развитии технологий доставки видеоданных реального времени по современным беспроводным сетям с требуемыми показателями качества обслуживания. Интерес ученых, операторов и производителей оборудования к данной тематике обусловлен большим спросом в современном обществе на такие инфокоммуникационные услуги реального времени как аудио- и видеоконференцсвязь. Привлекательность технологии Wi-Fi при пользовании данными сервисами объясняется тем фактом, что пользователю необходимо оплачивать лишь Интернет-трафик своему провайдеру, благодаря чему стоимость предоставления сервиса значительно снижается. Более того, в последние годы бесплатный доступ в Интернет с использованием технологии Wi-Fi предоставляется повсеместно: в общественном транспорте, аэропортах, вокзалах, кафе, ресторанах, в результате чего популярность сетей Wi-Fi возросла еще сильнее.

Как это часто бывает перечисленные преимущества технологии Wi-Fi влекут за собой и существенные недостатки. Они проявляются при передаче видеопотоков реального времени. В силу децентрализованной природы сетей Wi-Fi, а также работы в нелицензируемом частотном диапазоне, обеспечение требований к качеству обслуживания в сетях Wi-Fi при передаче видеопотоков реального времени представляет собой трудную задачу, решение которой достигается благодаря разработке и грамотной настройке специальных протоколов и методов, применяемых на уровне доступа к каналу. На сегодняшний день стандарт IEEE 802.11 сетей Wi-Fi содержит описание ряда механизмов канального уровня, направленных на обеспечение качества обслуживания, однако стандарт не регламентирует способ настройки параметров этих механизмов, оставляя исследование соответствующей проблемы специалистам, занимающимся внедрением данной технологии.

Для решения сформулированной задачи было необходимо выполнить процедуру формализации механизмов, обеспечивающих качество передачи трафика реального времени, построить соответствующую математическую модель, провести численное исследование различных сценариев реализации данных механизмов и сформулировать рекомендации по их практическому применению. Именно эти вопросы рассматривались в диссертационном исследовании Кирьянова А.Г., что говорит об ее актуальности.

Новизна исследования и полученных результатов

К новым результатам следует отнести следующие положения, полученные в диссертационной работе:

1. Предложена и исследована процедура выбора ожидающих пакетов из очереди MAC-уровня в сети Wi-Fi при обслуживании нескольких потоков видеотрафика и наличии кратковременных отказов. Проведенное теоретическое и численное исследование показало ее высокую эффективность по сравнению с существующими подходами.
2. Предложены и исследованы алгоритмы динамического резервирования ресурса передачи при обслуживании видеопотоков реального времени с использованием периодических резервирований. Полученные результаты дают возможность выполнить более эффективную настройку параметров резервирования, что выражается в уменьшении объема фактически занятого ресурса передачи информации.
3. Разработана аналитическая модель передачи нескольких видеопотоков в условиях помех с использованием общего периодического резервирования. Теоретические результаты, полученные с использованием модели, дают возможность оценить оптимальный период резервирования и оценить эффективность применения общего резервирования по сравнению с отдельным резервированием для каждого потока.

Содержание работы

Диссертационная работа Кирьянова А.Г. состоит из введения, четырех глав, в которых изложены основные результаты работы, заключения, списка литературы и приложения.

В первой главе приводится общее описание процесса передачи видеопотока реального времени по сети с обсуждением условий, необходимых для выполнения

требований к качеству обслуживания. Рассматриваются различные протоколы и средства, которые применяются на каждом из уровней стека сетевых протоколов для решения этой задачи. Особое внимание уделяется методам доступа к каналу в сетях Wi-Fi. Приводится их описание, обсуждаются особенности методов случайного и детерминированного доступа. Первая глава также содержит подробный обзор существующих работ, посвященных разработке и исследованию различных методов канального уровня, которые применяются для обеспечения требований к качеству обслуживания в сетях Wi-Fi. Анализ литературы по каждой из задач диссертации позволяет обосновать вывод об отсутствии на сегодняшний день их эффективного решения.

Во второй главе диссертации исследуется передача нескольких видеопотоков реального времени по сети Wi-Fi с помощью метода случайного доступа. В частности, рассматривается проблема кратковременных отказов канала, которая приводит к эффекту блокирования очереди головным пакетом и к ухудшению качества передачи видеопотоков. Для решения данной проблемы автор разрабатывает оригинальную дисциплину обслуживания очереди, позволяющую эффективно передавать потоки разной интенсивности в сценарии с кратковременными отказами канала. При помощи имитационного моделирования показано, что предложенная дисциплина позволяет существенно повысить качество передаваемых видеопотоков по сравнению с используемой по умолчанию дисциплиной FIFO, а также по сравнению с адаптивным циклическим планировщиком, известным из литературы как решение проблемы блокирования очереди головным пакетом в сети Wi-Fi. Для более детального исследования предложенной дисциплины обслуживания очереди, автор разрабатывает аналитическую модель рассматриваемой системы на основе цепи Маркова с дискретным временем. Аналитическое моделирование подтвердило эффективность предложенного решения.

Третья глава диссертации посвящена изучению передачи видеопотока реального времени при помощи метода детерминированного доступа. Рассматривается передача видеопотока при помощи динамически устанавливаемых периодических резервирований канала. Резервирование позволяет значительно уменьшить число коллизий с другими станциями сети, однако из-за сторонних шумов и интерференции не гарантирует надежную передачу пакета данных с первой попытки. Видеопоток обладает переменной интенсивностью и необходимый объем канального ресурса изменяется со временем. Для учета этой особенности трафика предложены алгоритмы, согласно которым объем зарезервированного канального ресурса также изменяется динамически. В диссертации показано, что частое применение процедуры установления или отмены резервирований,

существенно увеличивает объем фактически занятого (т.е. недоступного другим станциям сети) канального ресурса. Для уменьшения отрицательных последствий этого явления, автором разрабатывается еще один алгоритм динамического резервирования канального ресурса, нацеленный на более равномерное резервирование ресурса по времени. Для оценки эффективности предложенных алгоритмов в третьей главе предложена аналитическая модель передачи видеопотока реального времени с помощью динамически устанавливаемых периодических резервирований. Как для алгоритмов, предложенных в диссертации, так и для любого другого алгоритма динамического резервирования канального ресурса, модель позволяет определить средний объем фактически занятого канального ресурса, а также проверить выполнения требований к качеству обслуживания потока, в качестве которых рассматриваются ограничения на время доставки пакета и долю потерянных пакетов за определенный интервал времени.

В четвертой главе исследуется статический подход к резервированию канального ресурса для передачи нескольких видеопотоков реального времени. Поскольку частое изменение объема зарезервированного канального ресурса приводит к существенному росту объема фактически занятого канального ресурса, то имеет смысл зарезервировать некоторый фиксированный объем канального ресурса на относительно длительный промежуток времени. В случае передачи нескольких потоков переменной интенсивности предлагается устанавливать единое общее резервирование, в котором могли бы передаваться пакеты всех потоков. Для обоснования процедуры выбора интервалов резервирования, автор разрабатывает аналитическую модель передачи нескольких потоков, чувствительных к качеству обслуживания, с использованием общего периодического резервирования. Применение данной модели позволяет найти максимальный период резервирования, при котором требования к качеству обслуживания все еще выполнены для каждого из передаваемых потоков. Помимо выбора оптимального периода резервирования разработанная модель дает возможность оценить выигрыш от использования общего резервирования при передаче нескольких потоков, по сравнению с использованием индивидуальных резервирований для каждого отдельного потока.

В заключении перечислены наиболее значимые результаты диссертационной работы, а в приложении приведены акты о применении на практике методов и моделей, разработанных в диссертации.

Степень обоснованности и достоверности научных выводов и рекомендаций, приведенных в диссертационном исследовании

Полученные теоретические результаты обоснованы применением строгих математических методов теории вероятностей и статистического моделирования, подтверждены численными экспериментами. Достоверность положений и выводов диссертации подтверждается апробацией работы, основные результаты которой докладывались на российских и международных конференциях и семинарах. Результаты работы внедрены и используются на практике, что подтверждается соответствующими актами.

Значимость для науки и практики

Проведенные в диссертации исследования в определенной степени заполняют пробелы, оставленные в предыдущих теоретических работах, относящихся к аналитическому моделированию и анализу эффективности механизмов доставки трафика реального времени в сетях стандарта Wi-Fi. Результаты, полученные в диссертации, имеют несомненную важность и для практического использования. Это следует из самой постановки задачи исследования и доведения полученных результатов до эффективных расчетных схем. Результаты научных исследований диссертанта могут найти практическое применение для решения задач настройки механизмов доставки видеотрафика с заданными требованиями к качеству обслуживания в сетях стандарта Wi-Fi.

Недостатки работы

По содержанию работы имеются следующие замечания.

1. В качестве требований к качеству обслуживания в диссертации рассматриваются ограничения на долю потерянных пакетов и время доставки пакета. Следует пояснить, почему в работе качество обслуживания не оценивается с использованием ограничения на вариацию времени доставки пакета (сетевой джиттер) (глава 1).

2. В работе не обсуждается физическая природа и связанные с нею параметры кратковременных отказов канала, что несомненно важно учитывать при построении аналитической модели передачи видеопотоков (глава 2).
3. Предложенная во второй главе аналитическая модель р-настойчивой дисциплины обслуживания очереди получается слишком детальной и ее численный анализ требует использования большого объема вычислительных ресурсов. Вероятно, следовало ввести некоторые допущения, чтобы уменьшить размерность модели.
4. В работе не оценивается вычислительная сложность расчета стационарных вероятностей цепи Маркова, используемой для вычисления доли потерянных пакетов (глава 2). Не уточняется зависимость решения этой задачи от величины структурных параметров цепи. Неясно, как вычисляется собственный вектор матрицы переходных вероятностей.
5. Требуется дополнительное обоснование выбора исходных данных при проведении численного исследования эффективности предложенных алгоритмов (глава 2-4), а также формулировка предположений, используемых при построении имитационной модели.
6. Отмечено несколько опечаток (стр. 37, 65, 86, 114).

Выводы по диссертации

Указанные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы Кирьянова А.Г. Диссертационная работа содержит совокупность новых научных результатов, выдвинутых на публичную защиту, и свидетельствует о способности автора к самостоятельной научной работе. Все предложенные решения строго аргументированы и критически оценены по сравнению с другими известными решениями. Автором указаны все случаи заимствования, приведены ссылки на источники использованных в исследовательских целях материалов. Основные научные результаты своевременно и полно опубликованы, в том числе и в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Автореферат правильно отражает содержание диссертационной работы.

На основе вышеизложенного можно заключить, что диссертация Кирьянова Антона Геннадьевича «Разработка и моделирование методов, применяемых в протоколах канального уровня сетей Wi-Fi для доставки видеопотоков реального времени» является законченной научно-квалификационной работой и удовлетворяет критериям «Положения

о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 05.12.13 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций», а ее автор, Кирьянов Антон Геннадьевич, заслуживает присвоения ему учёной степени кандидата технических наук по этой специальности.

1 декабря 2016 г.

Официальный оппонент,
и.о. заведующего кафедрой «Сети связи и системы
коммутации», МТУСИ

д.т.н., профессор



С.Н. Степанов

Подпись Степанова С.Н. заверяю

Учёный секретарь Учёного совета МТУСИ



Т.В. Зотова

Сведения об оппоненте:
Степанов Сергей Николаевич, гражданин Российской Федерации, доктор технических наук по специальностям 05.25.01 – «Теоретические основы информатики» и 05.12.14 – «Сети, узлы связи и распределение информации», профессор, и.о. заведующего кафедрой «Сети связи и системы коммутации», Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (МТУСИ). Адрес: ул. Авиамоторная, д.8а, Москва, 111024.

Телефон: (495) 957-77-31, E-mail: stpnvsrg@gmail.com