

## ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию работу Миронова Олега Юрьевича

«Разработка и исследование алгоритмов динамического резервирования канального ресурса защищенных корпоративных мультисервисных сетей связи», представленной соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций»

**Актуальность темы.** В настоящее время основу защищенных корпоративных мультисервисных сетей связи составляют виртуальные частные сети, важнейшим свойством которых является реализация конфиденциальности и целостности передаваемой информации наряду с обеспечением качества обслуживания предоставляемых сервисов.

В обобщенном виде такая сеть состоит из сети доступа и транспортной сети, взаимосвязь между которыми осуществляется с помощью VPN-шлюза, являющегося средством криптографической защиты информации. Канальный ресурс транспортной сети арендуется у операторов Единой сети электросвязи РФ, что обуславливает необходимость эффективного его использования при предоставлении сервисов реального времени, таких, как IP-телефония, видеотелефония, видеоконференция с требуемым уровнем качества обслуживания. При этом, для обеспечения гарантированного качества обслуживания каждому сервису предоставляется канальный ресурс, объем которого оценивается исходя из максимально возможной нагрузки от пользователей всех категорий.

Другой особенностью таких сетей является формирование множества защищённых логических соединений (VPN-туннелей), создаваемых VPN-шлюзами, установленными на границе сети доступа и транспортной сети. В результате происходит агрегирование потоков данных в криптотуннелях, шифрование полезных данных сигнального протокола RSVP архитектуры IntServ, что влечет за собой проблему организации управления допуском на уровне отдельных потоков данных в составе VPN-туннеля. Минимально наблюдаемым потоком данных, доступным для управления, выступает шифрованный трафик VPN-туннеля, который можно идентифицировать по внешним (открытым) IP-адресам VPN-шлюзов. Идентификация вида предоставляемой услуги, количества установленных

сеансов связи, внутренних IP-адресов терминалов отправителя и получателя в составе агрегированного потока данных VPN-туннеля становится невозможной за исключением идентификации VPN-туннелей.

Данные особенности защищенных корпоративных мультисервисных сетей связи оказывают существенное влияние на качество предоставляемых услуг. Так, в условиях увеличения количества абонентских терминалов, не предусмотренного на этапе проектирования сети, возможно возникновение состояния перегрузки, которое может привести к блокированию обслуживания приоритетных потоков данных. При функционировании сети в штатном режиме (отсутствие перегрузки) отсутствует возможность перераспределения канального ресурса, зарезервированного для обслуживания низкоприоритетных услуг, в пользу высокоприоритетной в случае увеличения нагрузки данной услуги, что свидетельствует о низкой эффективности использования арендуемого канального ресурса.

Вследствие этого, для гарантированного обеспечения требуемого качества обслуживания потоков данных сервисов реального времени в защищенных корпоративных мультисервисных сетях связи необходимо решить задачу оценивания требуемого канального ресурса с учетом всех указанных особенностей функционирования данных сетей.

Существующие математические модели оценивания требуемого канального ресурса для динамически изменяющейся нагрузки не могут быть применимы в системе управления потоками VPN-шлюзов сети доступа с точки зрения эффективного использования имеющегося канального ресурса транспортной сети при условии обеспечения гарантированного уровня качества обслуживания трафика реального времени вследствие того, что служебная информация, необходимая для их функционирования, зашифрована, что, в свою очередь, не позволяет идентифицировать отдельные потоки данных и обеспечить их приоритетное обслуживание.

Наличие указанной проблемы дает основание утверждать, что цель диссертационного исследования Миронова Олега Юрьевича, а также сформулированная в ее рамках тема исследования, является актуальной.

Основой диссертационного исследования является разработка алгоритмов динамического оценивания, резервирования и перераспределения канального ресурса защищенной корпоративной мультисервисной сети связи, позволяющих обеспечить гарантированный уровень требуемого качества обслуживания потоков данных предоставляемых сервисов

как в условиях штатного функционирования сети доступа, так и в условиях возникновения перегрузки. Особенностью данных алгоритмов является учет процесса агрегирования потоков данных сервисов реального времени в VPN-шлюзах сети доступа с точки зрения влияния на значения таких параметров трафика, как мгновенная пиковая, средняя скорость информационного потока, длина пакетов, средняя задержка и вариация средней задержки для сервисов реального времени.

В основе разработанных алгоритмов лежит оценивание требуемого объема канального ресурса для гарантированного обеспечения качества обслуживания потоков данных сервисов реального времени на основе теории сетевых вычислений (Network Calculus), позволяющей по известным численным параметрам формирователя трафика (в системе управления потоками VPN-шлюза сети доступа защищенной корпоративной мультисервисной сети связи) рассчитать граничные оценки параметров качества обслуживания. Влияние, оказываемое VPN-шлюзом, на параметры передаваемого трафика в работе исследовано путем проведения полунатурного эксперимента, в результате которого были получены поправочные коэффициенты для соответствующих параметров передаваемого трафика, учитывающие искажения, вносимые криптомодулем. Это позволило усовершенствовать существующие модели агрегированных потоков на выходе VPN-шлюза и использовать их для оценивания канального ресурса потока данных VPN-туннеля. Полученные решения нашли свое отражение при разработке алгоритма динамического резервирования канального ресурса агрегированного потока данных. Указанные решения позволили формализовать модель оценки требуемого канального ресурса агрегированного потока данных VPN-туннеля, необходимого для гарантированного обеспечения качества обслуживания предоставляемых сервисов. В рамках этого решения предложены алгоритм допуска потоков в транспортную сеть и комплекс алгоритмов согласования трафика с VPN-туннелем.

Полученные в ходе исследования решения были реализованы программно в системе управления потоками VPN-шлюза сети доступа защищенной корпоративной мультисервисной сети связи ПАО АКБ Авангард.

**Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций.** Основные научные положения, выводы и рекомендации диссертации получены как с помощью теоретических исследований, так

и экспериментально.

Автор для обоснования полученных результатов, выводов и рекомендаций достаточно корректно использует известные научные методы, адекватные природе изучавшихся процессов. В диссертации проведен достаточно обширный анализ состояния вопроса, включая подробное рассмотрение имеющихся подходов в области решения задачи оценивания канального ресурса для обеспечения требуемого качества обслуживания сервисов реального времени в мультисервисных сетях связи. При этом автором изучены и критически анализируются известные подходы и теоретические положения отечественных и зарубежных авторов в области математического моделирования агрегированных потоков данных, базирующихся, в частности, на механизмах управления допуском потоков данных в сеть. Эти работы достаточно полно отражают состояние исследуемой в диссертации проблемы.

Теоретическая состоятельность работы подтверждается непротиворечивостью полученных в исследовании результатов с данными, представленными в исследованиях других ученых, работающих в той же предметной области. При этом теоретические результаты исследования в общем случае не противоречат как полученным в ходе исследования результатам численных экспериментов, так и опыту эксплуатации существующих мультисервисных сетей связи.

**Оценка новизны и достоверности основных научных положений, выводов и рекомендаций.**

В качестве новых научных результатов автором выдвинуты:

1. Алгоритм динамического резервирования канального ресурса агрегированного потока данных сервисов реального времени, отличающийся от известных учетом влияния параметров трафика и максимальной допустимой задержки, связанной с процессом агрегирования потоков данных в VPN-шлюзах, на требуемый объем канального ресурса, распределяемого между множеством VPN-туннелей.

2. Алгоритм допуска потоков в транспортную сеть, отличающийся от известных учетом приоритетов поступающих на обслуживание потоков данных, длительности сеансов сервисов реального времени, способа агрегирования потоков в VPN-шлюзах и уменьшением вероятности потерь вызовов от приоритетных пользователей.

3. Комплекс алгоритмов согласования трафика с VPN-туннелем, позволяющих совместно с алгоритмом допуска потоков в транспортную сеть

повысить степень использования канального ресурса: в условиях штатного функционирования сети доступа за счет перераспределения незадействованного канального ресурса между предоставляемыми инфокоммуникационными сервисами, а в условиях возникновения перегрузки за счет решения задачи выбора оптимального набора допущенных к обслуживанию потоков с учетом их приоритетов и длительности сеанса.

Достоверность и обоснованность полученных результатов подтверждается научно организованными экспериментами, корректным применением известных методов исследования, адекватных природе изучаемых процессов и явлений, непротиворечивостью и воспроизводимостью результатов, полученных теоретическим путем, с использованием имитационного моделирования.

Результаты диссертационной работы апробированы на научно-технических конференциях и опубликованы в научных статьях. Основные результаты диссертации использованы в виде программного комплекса алгоритмов классификации и сглаживания трафика, управления планировщиком маршрутизатора, алгоритма допуска потоков в транспортную сеть, внедренные в систему управления потоками VPN-шлюза сети доступа защищенной корпоративной мультисервисной сети связи ПАО АКБ «Авангард» (г. Орел), где их применение позволило повысить эффективность использования арендуемого канального ресурса. Результаты внедрения подтверждены соответствующим актом.

Основные положения диссертационного исследования отражены в 16 публикациях, а именно, в 4 научных статьях в ведущих рецензируемых научных журналах и в 7 публикациях в материалах международных и всероссийских конференций. По результатам исследований получены 1 патент на изобретение и 4 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

#### **Замечания по диссертационной работе.**

1. Недостаточное количественное обоснование актуальности проведения представленного в тексте диссертации исследования. Материал первой главы в достаточно общем виде представляет предметные области функционирования защищенных корпоративных мультисервисных сетей связи и, в основном, на качественном уровне обосновывает проблемное место – отсутствие алгоритмов, обеспечивающих решение задачи оперативного управления, связанной с оцениванием, резервированием и перераспределением требуемого канального ресурса для агрегированного

потока данных, передаваемого в VPN-туннелях. При этом количественный анализ не приводится.

2. Постановка научной задачи исследования (разработка алгоритма динамического резервирования канального ресурса агрегированного потока данных сервисов реального времени, передаваемого в VPN-туннеле защищенной корпоративной мультисервисной сети связи, позволяющего оценить требуемый канальный ресурс для обслуживания с гарантированным уровнем качества) сделана в упрощенном виде, при этом ограничения и допущения сформулированы для решения частных задач исследования.

3. В рамках второй главы (п.п. 2.3 «Разработка алгоритма динамического резервирования канального ресурса агрегированного потока данных») представлен алгоритм оценивания канального ресурса, необходимого для гарантированного обеспечения требуемого качества обслуживания предоставляемых сервисов реального времени. При этом используются поправочные коэффициенты для соответствующих параметров передаваемого трафика, полученные в результате проведения статистического эксперимента с ограничением по используемому определённому типу оборудования. Это не в полной мере отображает возможность использования разработанного алгоритма для широкого класса оборудования, применяемого в защищенных корпоративных мультисервисных сетях связи.

4. В подразделе третьей главы, посвященном разработке алгоритма допуска потоков данных реального времени в транспортную сеть (п.п. 3.2 «Выработка и обоснование критериев эффективного использования канального ресурса») требуется более полное обоснование новизны подхода к вычислению приоритета  $i$ -ого потока данных, характеризующего общий для класса услуг уровень его значимости.

При этом отмеченные недостатки не снижают качество полученных теоретических и практических результатов диссертационного исследования.

**Заключение.** Диссертация является законченным научно-квалификационным трудом, в котором изложены подходы к повышению эффективности использования арендуемого канального ресурса транспортной сети защищенной корпоративной мультисервисной сети связи путем совершенствования системы управления потоками маршрутизатора внутренней сети VPN-шлюза сети доступа за счет внедрения специализированного программного обеспечения, что соответствует пунктам 4 «Исследование путей совершенствования управления информационными потоками», 5 «Развитие и разработка новых методов дифференцированного

доступа абонентов к ресурсам сетей, систем и устройств телекоммуникаций». Полученные автором результаты достаточно достоверны, а предлагаемые выводы обоснованы. Изложение материала базируется на необходимом для получения достоверного результата количестве исходных данных. В целом по результатам исследования сделаны вполне четкие выводы. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации. Диссертационная работа отвечает критериям Положения о порядке присуждения ученых степеней, а ее автор Миронов Олег Юрьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций» (технические науки).

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОППОНЕНТ,

профессор кафедры «Информационная безопасность»

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет

«Московский институт электронной техники»

доктор технических наук, доцент



Александр Викторович Душкин

Почтовый адрес (рабочий):

124498, Россия, Москва, Зеленоград, Площадь Шокина, д. 1,

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет

«Московский институт электронной техники»,

кафедра «Информационная безопасность»

Телефон рабочий: +7 (499) 740-92-13

E-mail: a\_dushkin@mail.ru

Подпись Душкина А.В. заверяю.

Начальник отдела кадров НИУ МИЭТ

04.12.2019 г.



С.В. Заболотный