

ОТЗЫВ

официального оппонента,

кандидата технических наук, доцента Абилова Альберта Винеровича на диссертационную работу Масленникова Андрея Геннадьевича на тему: «Разработка метода обработки трафика в очередях маршрутизаторов мультисервисной сети на основе нечёткой логики», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций»

1. Актуальность темы диссертации

В настоящее время наблюдается быстрый рост скорости доступа к информационным услугам — видео по запросу, интерактивные приложения для совместной работы, интернет вещей и т.д. Это приводит к необходимости справляться со скачкообразной динамикой трафика, заполнению очередей маршрутизаторов. Известные методы управления очередями (TailDrop, RED, AdaptiveRED, AVQ и другие) для борьбы с перегрузкой в моменты высокой нагрузки допускают ухудшение параметров качества обслуживания и имеют свои недостатки. Таким образом, актуальными являются задачи разработки и исследования новых методов борьбы с перегрузками сети.

В ряде известных работ для управления очередями было предложено использовать методы, основанные на регуляторах с нечеткой логикой, где в качестве входных используются такие параметры, как разница между текущей и эталонной длиной очереди, приращения ошибки длины очереди за интервал измерения, предыдущая измеренная ошибка, отношение текущей длины очереди к максимальному размеру, средневзвешенная скорость поступления пакетов. Основные идеи теории нечетких множеств Лотфи Заде были сформулированы для решения сложных нелинейных задач, не допускающих точных математических решений. Масленников А.Г. находит оригинальное практическое применение данной теории — использовать нечеткую логику для управления нагрузкой путем контроля и маркировки поступающих в очередь пакетов. При этом в качестве первого входного параметра предложено использовать разницу между текущим и заданным значением длины очереди, а в качестве второго – интенсивность трафика. Предложенные решения были исследованы методами математического и имитационного моделирования, а также путем экспериментов. Таким образом, открываются новые возможности для предотвращения перегрузок и планирования характеристик трафика передачи данных.

2. Оценка научной новизны полученных результатов

В первой главе автор сравнивает методы управления очередями с помощью открытой программной платформы имитационного моделирования NS-2 (Network Simulator-2). Проведенное моделирование дало возможность

ФГБОУ ВО ПГУТИ	
Вх. №	758/186
от	10.02. 2016 г.

оценить параметры качества обслуживания передачи данных для различных методов в одинаковых заданных условиях.

Во второй главе на основе алгоритма нечеткого вывода Мамдани строится нечеткий регулятор длины очереди маршрутизатора, который позволяет заблаговременно начать маркировку пакетов до возникновения перегрузки, этим самым не допустить переполнения очереди и удержать ее у заданного значения вне зависимости от изменения интенсивности нагрузки. Исследование предложенного в работе регулятора также проводится с помощью имитационной модели в программной среде NS-2.

В третьей главе автор сравнивает полученные в предыдущей главе результаты имитационного моделирования с результатами, полученными на основе расчета по двум математическим моделям: жидкостной и гистерезисного управления с порогами.

В четвертой главе описаны принципы управления трафиком и структура Linux-маршрутизатора. Применение метода на основе нечеткой логики в Linux-маршрутизаторе дала автору возможность экспериментально проверить работу разработанного метода. Сравнение значения потерь пакетов и джиттера для предложенного метода FLC и известных методов TailDrop и RED показало, что разработанный метод обеспечивает лучшие показатели качества обслуживания. Таким образом, научная новизна исследования согласуется с поставленными в диссертационной работе задачами.

Соискателем вынесены на защиту следующие результаты, имеющие научную и практическую значимость:

1. Разработанная для среды NS-2 имитационная модель позволяет провести сравнительный анализ между различными методами обработки трафика в очереди маршрутизатора, такими как TailDrop, RED, ARED, PI, REM, AVQ, FLC, при одинаковых условиях в режиме перегрузки и при сложной нелинейной динамике трафика в мультисервисной сети.

2. Разработанный метод обработки трафика в очереди маршрутизатора на основе регулятора с нечёткой логикой (FLC) предотвращает перегрузку в мультисервисной сети и не допускает переполнения и опустошения очереди, а также обеспечивает стабилизацию длины очереди около заданного эталонного значения со среднеквадратичным отклонением 10% от среднего значения при перегрузке в сети.

3. Процесс обработки трафика в очереди в маршрутизаторе на базе регулятора с нечёткой логикой впервые описан с помощью математической модели процесса обслуживания с гистерезисным управлением с порогами. Составлена и решена система уравнений равновесия (СУР) этого процесса. Получены выражения для вероятностно-временных характеристик.

4. Использование метода обслуживания очереди на основе FLC в Linux-маршрутизаторе улучшает параметры качества передачи данных, такие как процент потери пакетов и джиттер, и в режиме перегрузки превосходит характеристики, получаемые при использовании традиционных в маршрутизаторах методов TailDrop и RED в исследуемом диапазоне

характеристик канала передачи данных, представляющих практический интерес.

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов, рекомендаций и заключений

Достоверность научных результатов обеспечивается расчётами с использованием методов математической статистики и теории вероятности. Автор сравнивает аналитические результаты с данными, полученными при имитационном моделировании и с измерениями параметров качества, полученными в натурном эксперименте с использованием Linux-маршрутизатора.

4. Практическая ценность и реализация результатов работы

Результаты, полученные автором работы, дают возможность внедрения нового метода в сетях передачи данных. Это особенно важно, так как метод реализован на основе операционной системы с открытым исходным кодом. Разработанный метод активного управления очередями в маршрутизаторах позволяет прогнозировать задержку в очереди, улучшить параметры качества обслуживания трафика TCP/IP в условиях перегрузки при недостаточной скорости канала передачи данных или при нелинейной динамике трафика.

Результаты диссертационной работы использованы в учебном процессе кафедры «Сети связи и системы коммутации» ФГОБУ ВО МТУСИ и протестированы в ЗАО «Датател», что подтверждается соответствующими актами.

5. Апробация диссертации и публикации

Основное содержание и результаты работы докладывались и обсуждались на 7 различных конференциях, в том числе международных на английском языке. По результатам проведенных исследований опубликовано 11 работ, в том числе 2 статьи в журналах из перечня, рекомендованного ВАК РФ для публикации результатов диссертационных работ.

6. Оценка структуры, содержания и оформления диссертации

Диссертация написана в форме, позволяющей получить полное и достаточно подробное представление о результатах исследований, проведенных автором. При использовании сторонних источников в диссертации даются необходимые ссылки. Работа Масленникова А.Г. по структуре и оформлению в целом выполнена аккуратно, схемы, таблицы и графики представлены наглядно. Автореферат в целом соответствует основному содержанию диссертации.

Основные положения и результаты проведенных исследований обсуждались на международных и всероссийских конференциях. Научные положения, выводы и заключения соискателя по итогам диссертационной работы достаточно полно отражены в опубликованных научных статьях. В

диссертации определен вклад автора в разработку проблемы в работах, опубликованных коллективно с соавторами. Полученные в диссертации результаты работы соответствуют поставленным целям.

Тема диссертации соответствует паспорту заявленной научной специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций, а именно пунктам:

п.4 - исследование путей совершенствования управления информационными потоками;

п.14 - разработка методов исследования, моделирования и проектирования сетей, систем и устройств телекоммуникаций.

7. Замечания по диссертации

Следует отметить имеющиеся в диссертационной работе недостатки и неточности:

1. В диссертационной работе имеется ряд незначительных стилистических ошибок по тексту (стр. 12, 19, 23, 38, 46).

2. В имитационном моделировании в качестве системы обслуживания трафика рассматривается один маршрутизатор с функцией нечеткого управления длиной очереди. Однако практический интерес также представляет вариант прохождения трафика через несколько маршрутизаторов, использующих нечеткую логику.

3. Из текста работы (разд. 1.4, стр. 33) следует, что пограничный маршрутизатор подключен к каналу со скоростью 50 Мбит/с, однако согласно иллюстрации на рис. 1.9, этот канал имеет скорость 200 Мбит/с.

4. В автореферате диссертации присутствуют неточности с нумерацией разделов 2-й главы (в разд. 2.1 отражено содержание разделов 2.1–2.5; в разд. 2.2 и 2.3 отражено содержание разделов 2.6 и 2.7, соответственно).

5. В разделе 2.5 текста диссертации формы функций принадлежности входных и выходных переменных задаются в диапазоне значений от $-1,5$ до $1,5$ (табл. 2.1 и 2.2), однако согласно графику на рис. 2.6 диапазон этих значений задается в пределах от -1 до 1 .

6. Представленные в разделе 2.7 текста диссертации результаты оценки методом имитационного моделирования параметров качества предложенного механизма управления очередью на основе нечеткой логики подтверждают его эффективность. Однако в работе не хватает явного сравнения этих результатов с известными методами, рассмотренными в Главе 1, чтобы оценить полученный выигрыш. Такое сравнение с методами TailDrop и RED проводится в Главе 4 на основе экспериментальных исследований.

В целом, указанные недостатки не снижают положительной оценки диссертационной работы.

8. Общая оценка диссертационной работы

Диссертация Масленникова А.Г. «Разработка метода обработки трафика в очередях маршрутизаторов мультисервисной сети на основе нечёткой логики» является законченным научно-исследовательским трудом,

выполненным автором на высоком научном уровне. Задача актуальна, решение обладает научной новизной, диссертационная работа выполнена автором самостоятельно. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы.

Диссертационная работа соответствует всем требованиям, предъявляемым к диссертациям Положением о порядке присуждения ученых степеней, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор **Масленников Андрей Геннадьевич** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Официальный оппонент

Декан Приборостроительного факультета
ФГБОУ ВПО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова»
кандидат технических наук, доцент

А.В. Абилов

10 февраля 2016г.

Подпись А.В. Абилова заверяю
Ученый секретарь ФГБОУ ВПО «ИжГТУ
имени М.Т. Калашникова»,
д.т.н., профессор

В.А. Алексеев

Абилов Альберт Винерович, заслуженный деятель науки Удмуртской Республики, кандидат технических наук, доцент, декан приборостроительного факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова (ФГБОУ ВПО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова»).

Кандидатскую диссертацию защитил по специальности 05.13.16 – Применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях.

Контактная информация: Приборостроительный факультет, ФГБОУ ВПО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова». 426069, Ижевск, ул. Студенческая, д. 7. Раб. тел.: 8(3412) 776055, доб. 1133, Email: p_dekan@istu.ru