

Утверждаю

И.о. генерального директора
ФГУП ЦНИИС

А.Н. Грязев

2016 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – Федерального государственного унитарного предприятия «Центральный научно-исследовательский институт связи» (ФГУП ЦНИИС) – на диссертацию 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».

Комиссия в составе: начальника лаборатории ФГУП ЦНИИС, д.т.н., Цыма Александра Юрьевича и главного научного сотрудника ФГУП ЦНИИС к.т.н. Сергеевой Татьяны Павловны рассмотрела представленные диссертацию, автореферат и опубликованные автором работы.

По результатам рассмотрения материалов диссертации Масленникова Андрея Геннадьевича на тему: «Разработка метода обработки трафика в очередях маршрутизаторов мультисервисной сети на основе нечёткой логики» принято следующее заключение.

Цель диссертационной работы А.Г. Масленникова – поиск научно обоснованных решений по предотвращению перегрузок в современных сетях передачи данных и улучшению качества обслуживания трафика мультисервисной сети на основе стека протоколов ТСП/IP. В работе показана возможность эффективно управлять длиной очереди пакетов в маршрутизаторе на основе теории нечеткой логики при сложном характере нагрузки.

Актуальность темы. Внедрение новых технологий, таких как интернет вещей (IoT) и межмашинное взаимодействие (M2M), приведет в ближайшее время к резкому увеличению трафика в IP-сетях. Развитие сетевой инфраструктуры, как правило, отстает от реального роста трафика, что уве-

ФГБОУ ВО ПГУТИ		
Вх. №	752/86	
от	29.01	2016 г.

личивает риск существенного роста числа перегрузок в сетях передачи данных. В этих условиях поставленная задача – разработать метод, который позволяет управлять процессом наполнения очереди в маршрутизаторе, не дает снижаться коэффициенту использования канала и не допускает потерь пакетов, - представляется очень актуальной.

Научная новизна. Основные научные результаты, полученные в диссертационной работе, являются новыми и заключаются в следующем:

1. Разработан новый метод обработки трафика в очередях маршрутизаторов на основе нечёткой логики, отличающийся тем, что текущая длина очереди удерживается около заданного эталонного значения в режиме перегрузки маршрутизатора с учетом интенсивности нагрузки и приращения вероятности сброса пакетов при сложной динамике трафика.

2. Разработана имитационная модель процесса обслуживания пакетов в очереди маршрутизатора с нечётким регулятором (FLC) в сетевом симуляторе NS-2. Имитационная модель позволила сравнить эффективность методов управления очередями и параметры качества в условиях перегрузки в мульти-сервисной сети.

3. Разработана математическая модель процесса обслуживания пакетов в очереди при использовании регулятора с нечёткой логикой на основе гистерезисного управления с порогами. Модель позволяет рассчитывать вероятностно-временные характеристики системы в зависимости от интенсивности поступающей нагрузки, путём численного решения системы уравнений равновесия (СУР), и тем самым оценивать среднюю задержку пакетов в очереди.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Теоретическую значимость имеют:

– Математическая модель процесса обработки трафика в очереди на основе жидкостной модели ТСП-потока, описанная с помощью дифференциальных уравнений. Достоверность теоретического подхода подтверждена результатами имитационного моделирования.

– Математическая модель процесса обслуживания пакетов в очереди при использовании контроллера с нечёткой логикой на основе гистерезисного управления с порогами, позволяющая рассчитывать вероятностно-временные характеристики системы в зависимости от интенсивности поступающей нагрузки путём численного решения системы уравнений равновесия (СУР).

Практической ценностью обладают:

– Построенная имитационная модель, позволяющая оценивать такие параметры качества передачи данных, как эффективная скорость передачи данных, процент потерянных пакетов, задержка передачи пакета из конца в конец, в зависимости от типа нагрузки, а также исследовать влияние проектируемой си-

стемы на параметры качества обслуживания.

– Реализация разработанного метода обработки трафика в виде программного модуля для Linux-маршрутизаторов, что открывает возможности обработки трафика в очередях посредством контроллера FLC в пограничных маршрутизаторах, прогнозировать задержку в очереди, улучшить параметры качества обслуживания эластичного трафика в условиях перегрузки при недостаточной скорости канала передачи данных или при взрывном росте трафика. Вышеуказанное подтверждается актами использования.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций. Достоверность и обоснованность результатов диссертационного исследования подтверждается:

- адекватным и корректным применением использованных математических методов;
- проверкой допущений математической модели с помощью имитационного моделирования и натурального эксперимента;
- апробацией результатов исследования на научно-технических конференциях и в научных статьях;
- экспериментальной проверкой при лабораторном тестировании Linux-маршрутизатора фирмы ЗАО «Датател».

Замечания по диссертационной работе

1. Использование нечетких множеств на реальном оборудовании может нагрузить процессор маршрутизатора, который не предназначен для дополнительных интенсивных вычислений.

2. Трафик на основе протокола UDP не имеет механизмов управления нагрузкой. Поэтому пакеты UDP в предлагаемом методе будут сбрасываться чаще, чем пакеты TCP, и не будет выполняться принцип справедливого обслуживания.

Однако, указанные недостатки не снижают в целом положительной оценки диссертационной работы.

Общее заключение по работе

Работа выполнена на высоком научном уровне, автор демонстрирует высокую квалификацию в телекоммуникационных и информационных технологиях, в разделах теории телетрафика, имитационного моделирования и теории сетей связи.

Основные результаты диссертации докладывались на научно-технических конференциях, в полной мере опубликованы, в том числе в перечне рецензируемых научных журналов и полностью отражены в автореферате диссертации.

Проведенные исследования и результаты являются новыми и актуальными, а степень их обоснованности и достоверности является достаточной.

Значимость полученных автором диссертации результатов для развития отрасли связи:

1. Построенная имитационная модель позволяет провести сравнительный анализ между различными методами обработки трафика в очереди маршрутизатора, такими как Tail Drop, RED, ARED, PI, REM, AVQ, FLC при одинаковых условиях в режиме перегрузки и при сложной динамике трафика в мультисервисной сети.

2. Результаты имитационного моделирования показали, что существующие методы обработки трафика в очередях допускают значительные колебания длины очереди и тем самым ухудшают показатели качества обслуживания, такие как средняя задержка передачи пакета в сети, джиттер, процент потерянных пакетов и коэффициент использования канала. Методы активного управления с использованием нечёткой логики более подходят для работы в условиях нелинейного, скачкообразного изменения интенсивности нагрузки.

3. Разработанный метод обработки трафика в очереди маршрутизатора на основе регулятора с нечёткой логикой (FLC) способен эффективно предотвращать 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.

4. 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. Численное решение СУР построенной модели с гистерезисным управлением позволяет оценить среднюю длину очереди и среднеквадратичное отклонение в широком диапазоне коэффициента нагрузки, включая режим перегрузки ($\rho > 1$).

5. 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 Tail Drop и RED в исследуемом диапазоне характеристик канала передачи данных представляющих практический интерес.

Диссертация охватывает все поставленные задачи, связанные с разработкой метода обработки трафика в маршрутизаторах мультисервисной сети для предотвращения перегрузок и улучшения параметров качества обслуживания передачи данных.

Диссертационная работа полностью удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к квалификационным работам на соискание учёной степени кандидата технических наук, соответствует пунктам 4 и 14 паспорта специальности 05.12.13 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций».

Масленников Андрей Геннадьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Отзыв подготовили:

Цым Александр Юрьевич, гражданин Российской Федерации, начальник лаборатории ФГУП ЦНИИС, доктор технических наук, старший научный сотрудник, Заслуженный работник связи Российской Федерации,

Россия, 111141, г. Москва, 1-й проезд Перова поля, д. 8, тел.: 8 (495) 304-5797, E-mail: atsym@zniis.ru, и

Сергеева Татьяна Павловна, гражданка Российской Федерации, главный научный сотрудник ФГУП ЦНИИС, кандидат технических наук.

Россия, 111141, г. Москва, 1-й проезд Перова поля, д. 8, тел.: 8 (495) 304-5797, E-mail: tsergeeva@zniis.ru.

Отзыв заслушан и одобрен на техническом совещании научной лаборатории НЛ - 213 Федерального государственного унитарного предприятия «Центральный научно-исследовательский институт связи» (ФГУП ЦНИИС).

Начальник лаборатории ФГУП ЦНИИС

А.Ю. Цым

Главный научный сотрудник

ФГУП ЦНИИС

Т.П. Сергеева