

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации  
Масленникова Андрея Геннадьевича

Разработка метода обработки трафика в очередях маршрутизаторов мультисервисной сети на основе нечёткой логики

на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности  
05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций

### Актуальность темы

Актуальность избранной диссертантом темы не вызывает сомнений, поскольку применяемые в современных сетях связи механизмы обработки очередей в маршрутизирующих устройствах не позволяют добиться высокой эффективности работы очереди. Низкая эффективность обоснована упрощённой логикой работы существующих механизмов, типа TailDrop или RED, ограниченной рамками невысокой производительности маршрутизаторов предыдущего поколения. С ростом производительности маршрутизаторов стал актуальным вопрос выбора нового метода обработки очередей, демонстрирующего большую эффективность работы.

### Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Автором изучены и критически проанализированы многие известные механизмы обслуживания очередей в маршрутизирующих устройствах, такие как Adaptive RED, AVQ, TailDrop, FEM, FLC, PI, RED, REM. На основе проведённого анализа автор предлагает провести имитационное моделирование указанных механизмов обработки трафика в очередях и показать, как работа различных механизмов влияет на FTP-, HTTP- и UDP-трафик. По результатам имитационного моделирования автором делается вывод, что существующий во многих телекоммуникационных сетях механизм обработки TailDrop вызывает чрезмерные потери HTTP-пакетов в TCP-соединениях. В случае же применения методов с активным управлением вероятности сброса пакетов процент потерь существенно уменьшается. С точки зрения обоснованности данный результат не вызывает сомнения, поскольку подробно описана процедура построения и верификация имитационной модели по измерениям качественных характеристик механизмов обслуживания очередей маршрутизатора.

Автором подробно изучена работа разработанного метода обработки трафика в очереди на основе нечёткой логики при различных характеристиках канала передачи данных и даны качественные оценки зависимостей основных характеристик качества обслуживания трафика, таких как процент потерь, задержка передачи и джиттер. Автор делает обоснованное заключение, что основные потери приходятся на неуправляемый

UDP-трафик, а вариация задержки неэластичного трафика уменьшается с увеличением пропускной способности обслуживающего канала.

В третьей главе автором предложена аналитическая модель с гистерезисным пороговым управлением для описания работы регулятора очереди с нечёткой логикой, которая при численном решении методом LU-разложения позволяет получить вероятностно–временные характеристики системы. Обоснованность полученных результатов аналитической модели автор подтверждает верифицирующим имитационным моделированием.

Обоснованность полученных результатов и сделанных выводов автор проверяет с использованием виртуального маршрутизатора на базе Linux-системы с учётом нагрузки реальным трафиком данных. Автором показано, что разработанный им метод обработки трафика в очереди маршрутизатора на базе нечёткой логики не только позволяет получить более эффективное управление загруженностью очереди, но и снижает потери пакетов данных относительно стандартного механизма TailDrop и RED.

### **Оценка новизны и достоверности**

В целом, результаты, полученные автором, являются новыми научными знаниями в области теории массового обслуживания Интернет трафика, а метод обработки очередей на основе нечёткой логики – применим для работы в маршрутизаторах. Однако требует дополнительных доказательств применимость представленного метода для различных «картин» трафика в сети, а именно для сетей с преобладающей долей «мобильного» трафика, для сетей с большой долей видео-трафика (как UDP, так и TCP), для сетей пиринговой передачи данных, для сетей со сверхвысокой и сверхнизкой загруженностью, для сетей с обеспечением качества обслуживания, для сетей передачи ключевого трафика на фоне не основного.

Достоверность теоретических результатов работы подтверждается экспериментальными данными, представленными в известных работах, посвящённых подобной теме. Основные результаты диссертации опубликованы в 11 статьях, обсуждались на семи различных конференциях и получили одобрение ведущих специалистов.

### **Замечания**

1. В работе автором не приведено сравнение различных приложений, использующих TCP-транспорт, с выявлением ключевых отличий и оценкой применимости разработанной модели для их моделирования.
2. В исследованиях не нашёл отражения вопрос, связанный с динамическим изменением размера очереди вследствие перераспределения приоритетов обслуживания различных потоков трафика.

Приведённые замечания не снижают общей теоретической и практической ценности работы.

### **Заключение**

Диссертация является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным автором самостоятельно на высоком научном уровне. В работе приведены научные результаты, позволяющие их квалифицировать как решение задачи, состоящей в разработке нового метода обслуживания пакетов в очереди маршрутизирующего устройства, имеющего существенное значение для провайдеров услуг Интернет современных телекоммуникационных сетей. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы.

Автореферат отвечает требованиям Положения о порядке учёных степеней и присвоения научным работникам учёных званий, а его автор Масленников Андрей Геннадьевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

К. т. н., ведущий системный инженер ООО «Инлайн технолоджис»  
Россия, 125167, г. Москва, Ленинградский пр-т, д. 39, стр. 80, тел.: +7 (495) 721-35-05  
E-mail: a\_pilugin@in-line.ru

«04» февраля 2016 г.  
Дилюгин А. В./

Подпись Пилюгина Александра Владимировича заверяю  
Заместитель начальника отдела кадров

Чернышская С. В.