

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
ИНСТИТУТ АВТОМАТИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКИЙ СЛОВЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. Б.И. ЕЛЬЦИНА**

Диссертационный совет Д.05.14.488

На правах рукописи
УДК 004.042, 004.732, 004.713

МИРЗАКУЛОВА ШАРАФАТ АБДУРАХИМОВНА

**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ
ИНФОРМАЦИОННЫМИ ПОТОКАМИ, ПОСТУПАЮЩИМИ
НА ПОРТ ETHERNET-КОММУТАТОРА**

Специальность 05.13.01 – Системный анализ, управление и
обработка информации

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Бишкек – 2016

Работа выполнена в Сибирском государственном университете телекоммуникаций и информатики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования России

Научный руководитель:

Доктор технических наук,
профессор
Шувалов В. П.

Официальные оппоненты:

Доктор технических наук,
Янко Д.В. ;
к.т.н. Акматбеков Р.А.

Ведущая организация:


КазННТУ им. Сатпаева

Защита состоится 29 апреля 2016 г. в 10:00 часов на заседании Диссертационного совета Д.05.14.488 в Институте автоматики и информационных технологий Национальной Академии Наук Кыргызской Республики по адресу: 720071, г.Бишкек, пр. Чуй, 265, ауд. 118.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Национальной Академии Наук Кыргызской Республики по адресу: 720071, г.Бишкек, пр. Чуй, 265 «а».

Автореферат разослан 28 марта 2016 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета к.ф.м.н.



Керимкулова Г.К.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. Во всем мире растут потоки информации, передаваемой в компьютерных сетях. Не является исключением и компьютерные сети Республики Казахстан (РК). За период с 2010 по 2015 год объем информации здесь вырос в три раза, что создаёт определенные трудности в её обработке: увеличиваются потери пакетов, растёт задержка и джиттер, т.е. ухудшаются показатели QoS.

При проектировании новых сетей в РК, как правило, ориентируются на модели хорошо изученных простейших потоков. Это приводит к необходимости проектирования компьютерных сетей рассчитанных с большим запасом по пропускной способности.

В то же время в мире все чаще и чаще при проектировании компьютерных сетей ориентируются на более сложные модели, отражающие специфику мультисервисного трафика, т.е. модели строятся с учетом его самоподобия.

Данная диссертационная работа посвящена не только исследованию трафика, полученного на реальной сети Республики Казахстан, доказательству его самоподобия с определением параметров, но и разработке способов обработки такого трафика, поступающего на порт коммутатора 2 уровня, с целью улучшения показателей QoS.

В начале 90-х годов в связи с появлением быстрых протоколов, с высокой производительностью персональных компьютеров сеть стала делиться на большое количество сегментов – и более эффективным оказался IP-коммутатор (switch), который способен параллельно продвигать кадры сразу между всеми парами своих портов и обеспечивать разгрузку сети посредством локализации трафика в пределах отдельных сегментов. IP-коммутатор работает на втором уровне модели OSI. Следует заметить, что IP-коммутаторы, обладающие высокой производительностью, все чаще стали использоваться на сетях связи, вытесняя концентраторы и маршрутизаторы.

Объектом исследования является трафик, поступающий на буфер порта IP-коммутатора второго уровня компьютерной локальной сети.

Цель и задачи исследования. Целью работы является разработка способов обработки самоподобного трафика коммутатором второго уровня, обеспечивающих качество обслуживания потоков данных. Для достижения поставленной цели в диссертации последовательно решаются следующие задачи:

1. Исследование реального трафика данных на самоподобие.
2. Разработка имитационных моделей поступающего трафика на буфер порта коммутатора в программной среде GPSS World при поступлении кадров в соответствии с распределениями Пуассона и Парето.
3. Разработка алгоритмов работы управляющих устройств обеспечивающих обслуживание самоподобного трафика.
4. Разработка имитационной модели работы коммутатора при обслуживании самоподобной нагрузки с использованием разработанных управляющих устройств.

Методы исследования. При решении поставленных задач в работе использованы теория вероятностей и математическая статистика, теория фракталов, теория хаоса, имитационное моделирование.

Научная новизна:

- впервые в РК детально исследован, на предмет выявления самоподобия, реальный трафик;
- разработаны имитационные модели, отображающие поступление требований на обслуживание IP-коммутатором, что позволяет оценить работоспособность IP-коммутатора;
- разработаны имитационные модели обработки самоподобного трафика коммутатором второго уровня, что обеспечивает возможность получения ВВХ;
- предложены два способа динамического распределения объёма буфера памяти между портами коммутатора в условиях поступления самоподобного трафика, позволившие снизить потери пакетов.

Практическая значимость полученных результатов:

- создан комплекс программ для ЭВМ под названием «Программы имитационного моделирования для исследования параметров трафика в сетевых устройствах», свидетельство №1172 от 12.08.2011;
- получен инновационный патент № 27529 на изобретение «Способ и система управления потоками при передаче пакетов данных». Заявка № 2012/0993.1 от 26.09.2012 г., зарегистрирован в Государственном реестре изобретений Республики Казахстан от 29.03.13 г. [5];
- получен инновационный патент № 27529 на изобретение «Способ обработки пакетов данных в телекоммуникационной сети». Заявка № 2012/1322.1 от 13.12.2012 г., зарегистрирован в Государственном реестре изобретений Республики Казахстан от 24.09.2013г. [6].

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

- алгоритм работы контроллера по динамическому перераспределению буфера порта IP-коммутатора (алгоритм № 1);
- алгоритм работы IP-коммутатора, использующего приоритеты;
- имитационные модели работы IP-коммутатора при генерации потока кадров с интервалами времени между соседними кадрами, распределёнными по двум законам: экспоненциальному и Парето, а также имитационная модель обслуживания самоподобного трафика с использованием разработанного алгоритма № 1;
- имитационные модели работы IP-коммутатора, использующего приоритеты.

Личный вклад соискателя. Все результаты, представленные в диссертационной работе и имеющие научную новизну, получены автором лично и под руководством научного руководителя.

В работе [18] Шувалову В.П. принадлежат постановки задач.

Апробация результатов исследования. Основные результаты работы докладывались на 8-ой МНТК "Энергетика, телекоммуникации и высшее образование в современных условиях". Алматы 2012г., VIII Международной отраслевой

научно-технической конференции «Технологии информационного общества», Москва 20-21 февраля 2014 г., VII Международной научно-практической конференции «Перспективы развития информационных технологий, Новосибирск 18 апреля 2012 г., Международная научно-практическая конференция "Актуальные проблемы развития инфокоммуникаций и информационного общества", Ташкент, ТУИТ 27.06.2012г.

Публикации. Основные научные результаты, полученные в диссертационной работе, опубликованы в 20 печатных работ, из них 15 – в рецензируемых журналах, в том числе 5 из списка ВАК РФ, 4 тезисов докладов международных и республиканских конференций. Кроме этого получено одно Свидетельство о государственной регистрации прав на объект авторского права: «Комплекс программ для ЭВМ под названием «Программы имитационного моделирования для исследования параметров трафика в сетевых устройствах» №1172 от 12.08.2011; два инновационных патента на изобретение.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, основных выводов, заключения, списка литературы и шестнадцати приложений, оформленных в виде отдельного тома. Основная часть работы изложена на 168 страницах компьютерного текста, имеется 5 таблиц, 128 иллюстраций, список литературы на 21 страницах содержит 190 наименований.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В первой главе рассмотрены особенности развития телекоммуникаций в Казахстане. Проведен анализ существующих математических моделей систем распределения информации, структуры измеренного трафика для протоколов TCP, ARP, UDP и общего трафика; произведена количественная оценка вероятностно-временных характеристик рядов распределений и статистическая проверка гипотез о виде закона распределения. Осуществлена оценка согласия распределения межпакетных интервалов эмпирических данных (ARP) на соответствие экспоненциальному распределению по критерию согласия Колмогорова-Смирнова. При этом D статистика значима, что говорит о том, что эмпирическое распределение не экспоненциальное. В качестве примера на рис.1 показана аппроксимация экспоненциальным распределением эмпирического распределения ARP, а на рис. 2 показано распределение интенсивности пакетов эмпирического распределения количества событий (общего трафика) и ее с аппроксимация пуассоновской функцией распределения.

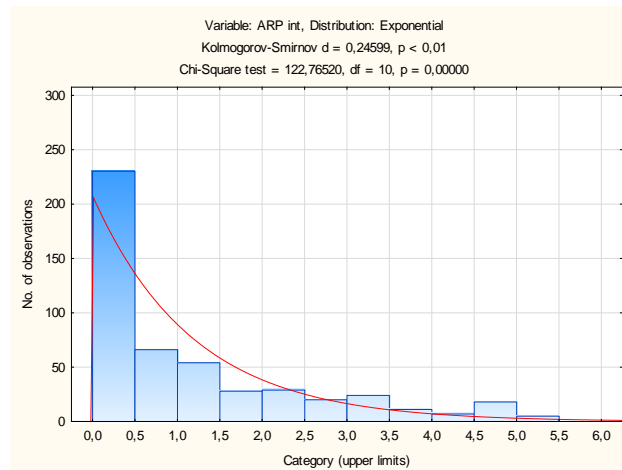


Рис.1. Использование экспоненциального распределения для аппроксимации эмпирического распределения интервалов между пакетами ARP

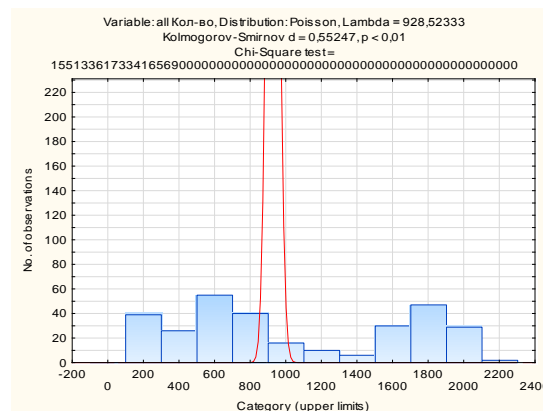


Рис.2. Аппроксимация общего трафика распределением Пуассона

Вторая глава посвящена исследованию измеренного реального трафика.

Исследование общего трафика данных показало, что моменты между поступлениями заявок подчинены распределению Парето (рис. 3).

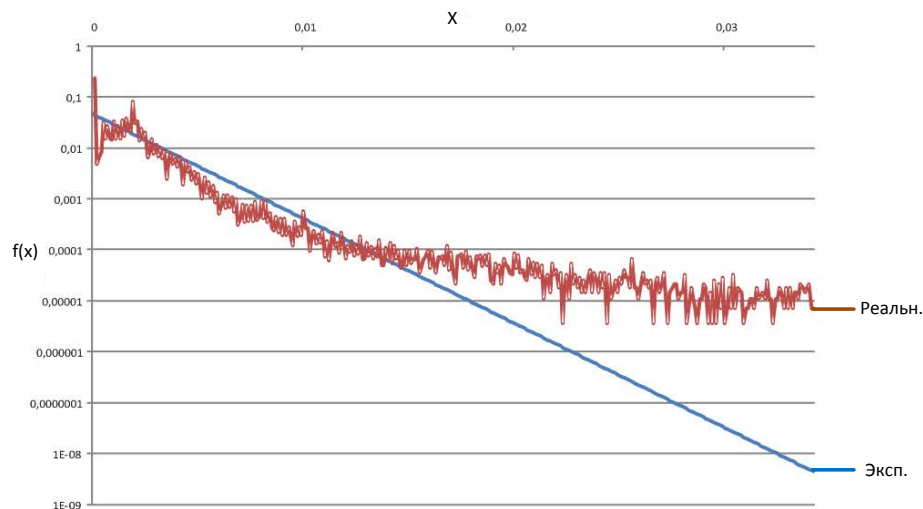


Рис. 3. Распределение интервалов между вызовами

Осуществлено сглаживание рядов распределений пакетов UDP методом агрегирования процесса. Выявлено, что структура агрегированных рядов подобна структуре исходного ряда. Установлено, что измеренный поток пакетов UDP сохраняет свойство самоподобия до определённого предела. При параметре масштабирования a равном 1000 достигается предел статистической устойчивости процесса при его агрегировании. Этот агрегированный ряд в этой работе назван элементарной единицей фрактального трафика (рис. 4). Увеличение параметра a выше 1000 приводит к изменению значений BBX и полученный ряд признаки самоподобия уже проявляет слабо.

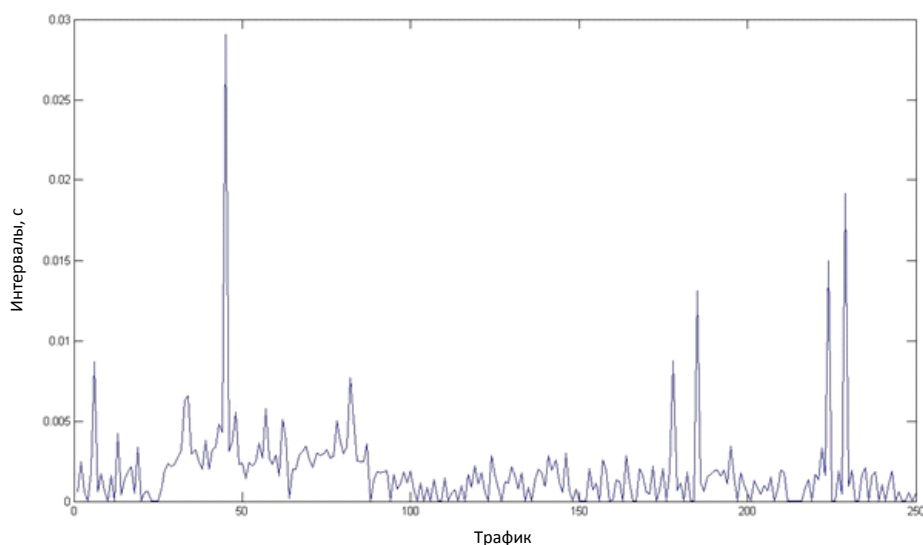


Рис. 4. Элементарная единица фрактального трафика

Получена зависимость a^H от параметра масштабирования a на основе ряда UDP (рис. 5), (где H – параметр Хёрста) для различных значений H , а также промоделированы процессы для значений H , равных 0,6; 0,7; 0,8; 0,95 и $H=1$.

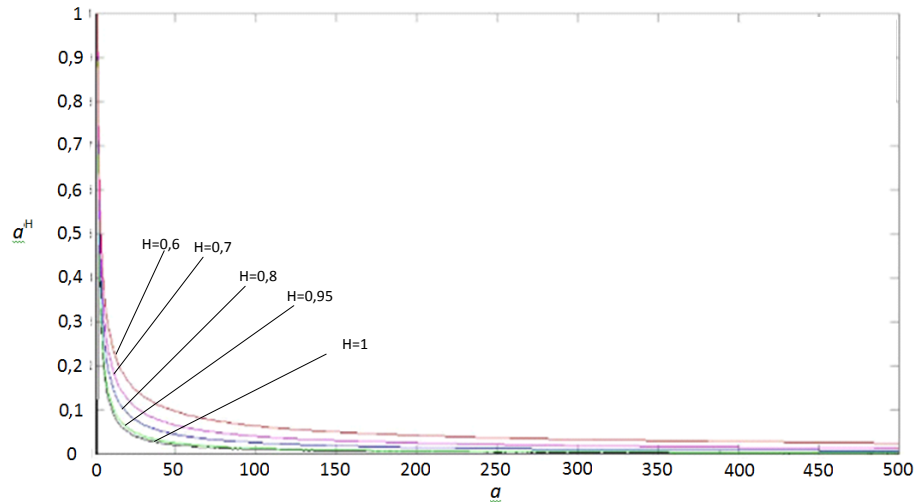


Рис. 5. Зависимости a^H от a

На основе дисперсионного анализа DFA (Detrended Fluctuation Analysis) исследованы одномерные случайные блуждания в сетевом трафике с целью выявления эффектов длительных корреляций и осуществлен анализ среднеквадратичной ошибки линейной аппроксимации в зависимости от размера аппроксимирующего участка, которые рассматриваются в качестве локального тренда. Вычисление среднеквадратичной ошибки линейной аппроксимации осуществлялось в диапазоне $220 \cdot n$. Длина отрезков n от 1 до 85 (рис. 6). Величина характеризующая флуктуацию, вычислялась по формуле

$$F(n) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N [y(k) - y_n(k)]^2}, \quad (2.1)$$

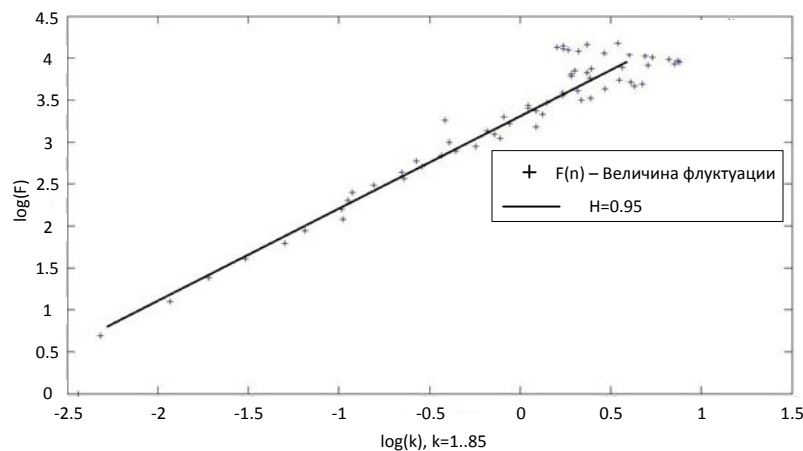


Рис. 6. Зависимость $F(n)$ от n

Осуществлено исследование потока UDP на медленное затухание дисперсии выборочного среднего при его усреднении. На рис. 7 видно, что действительно дисперсия выборочного среднего медленно затухает при усреднении процесса в 250 раз. Это свойство медленно убывающей дисперсии говорит о существовании больших пульсаций в процессе, не сглаженных при усреднении.

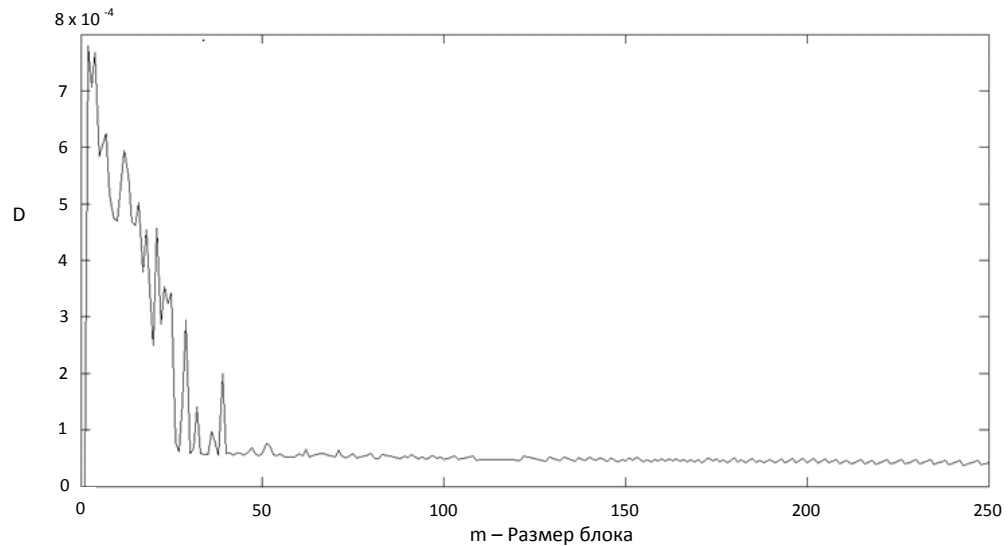


Рис. 7. График изменения дисперсии

Процесс агрегирования, выполненный в среде Matlab показывает, что поступление пакетов на обслуживание приводит к увеличению интервалов между вызовами (синдром бесконечной дисперсии), характерного для распределения Парето. На рис. 8 показана зависимость изменения дисперсии от m ($m=2, \dots, 2000$), для $H=0,725$ и $H=0,5$.

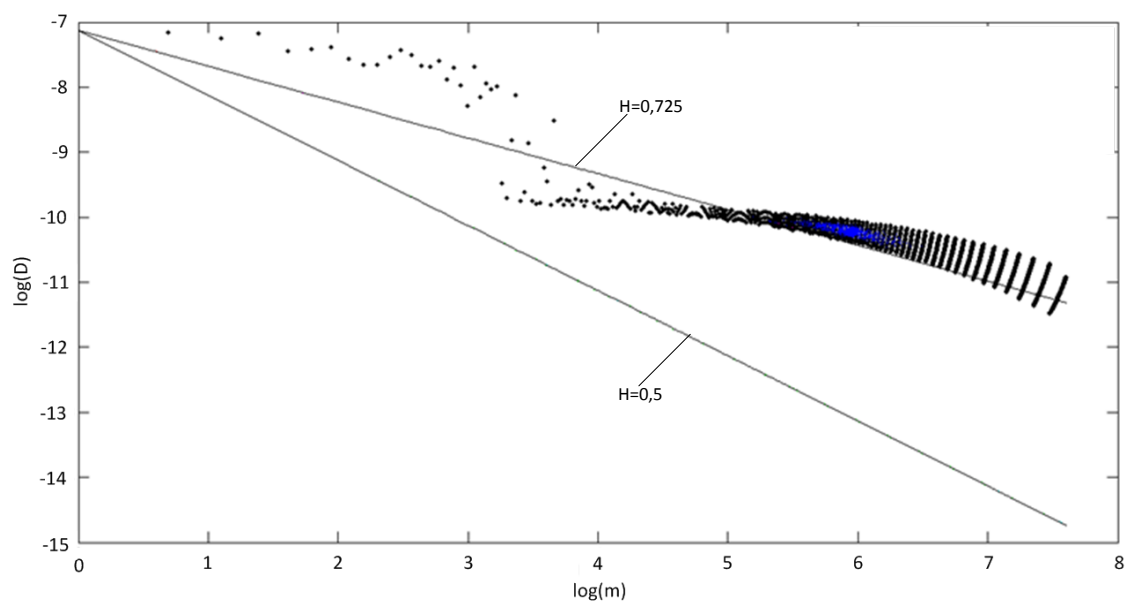


Рис. 8. Зависимость изменения дисперсии от m

Исследование зависимости автокорреляционной функции от параметра H ряда UDP показано на рис. 9. При уменьшении коэффициента H до 0,5 зависимость превратится в экспоненту.

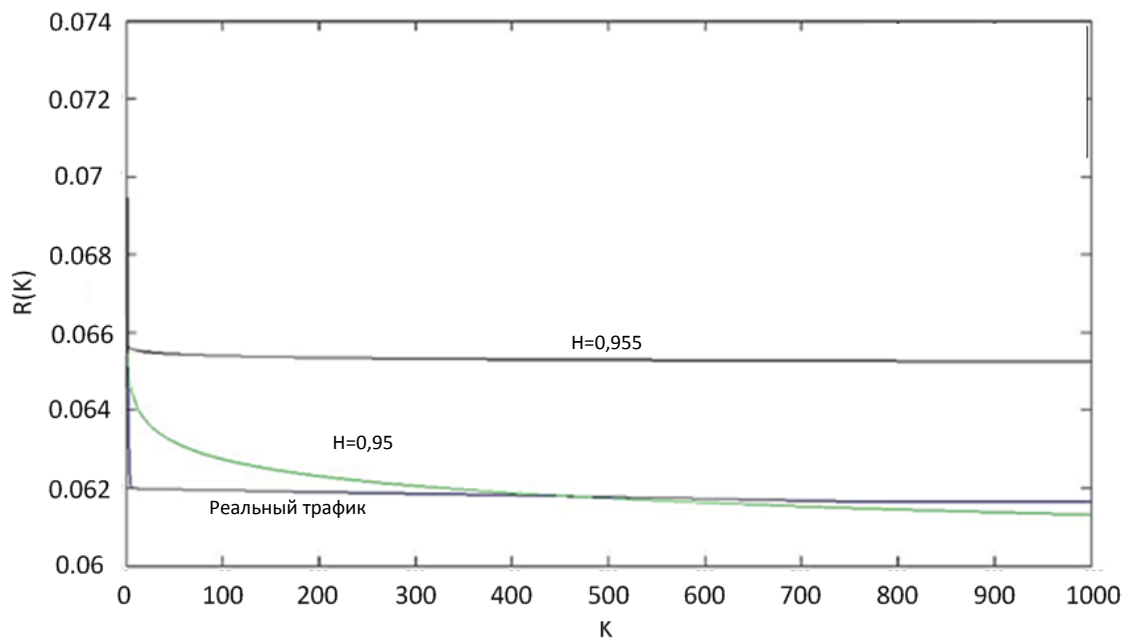


Рис. 9. Зависимость АКФ от лага

Осуществлено исследование рядов ARP и MPEG на основе метода IFS (Iterative Function System) с целью отображения одномерного множества точек на плоскости и визуальной оценки однородности или неоднородности заполнения точками пространства. Оценка детерминизма в процессе осуществляется на основании сравнения с белым шумом, который заполняет квадрат равномерно, детерминированные процессы приводят к появлению диагональных структур, а хаотические процессы – заполняют квадрат неравномерно. На рис. 10 и 11 показаны: заполнение множества точек исследуемых рядов ARP и MPEG соответственно.

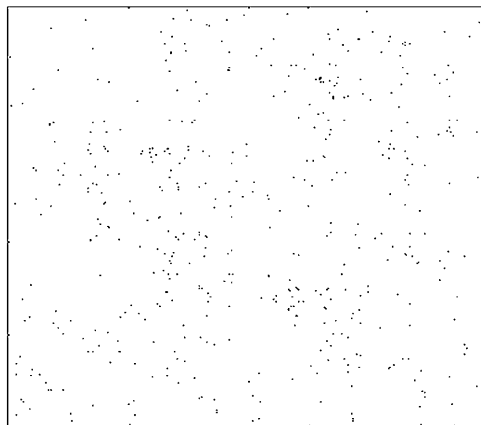


Рис. 10. Результат обработки по методу IFS (ARP)

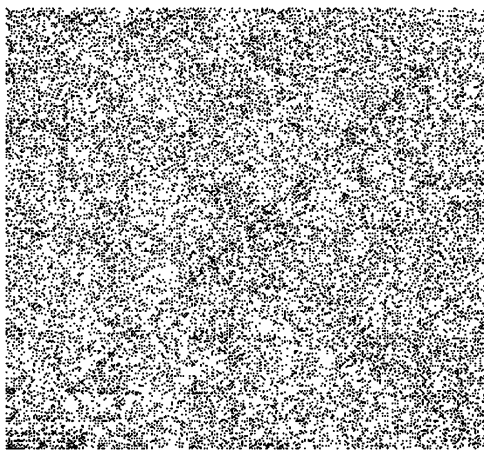


Рис. 11. Результат обработки по методу IFS clumpiness test (MPEG)

Выполнено исследование величины корреляционной размерности (D_2) в пакете программ TISEAN и произведена оценка сложности динамики ряда MPEG. На приведённом на рис. 12 графике зависимости изменения корреляционной размерности от размерности вложения для ряда MPEG видно, что порождающая система является не случайной, а управляемой большим числом параметров. Размерность вложения равна 12, корреляционная размерность – 7,79 при которой можно говорить о некотором насыщении зависимости $D_2(D_{emb})$.

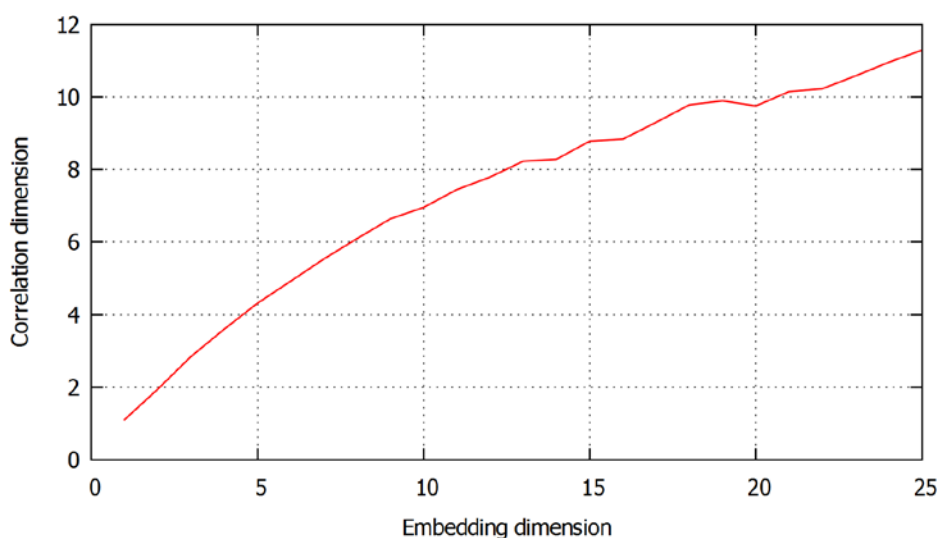


Рис. 12. Зависимость корреляционной размерности от размерности вложения

Одной из основных характеристик странного аттрактора является чувствительность его траекторий по отношению к начальным условиям. Это означает, что две траектории близкие друг другу в фазовом пространстве в некоторый начальный момент времени, экспоненциально расходятся за малое среднее время. Вместе с тем, поскольку аттрактор имеет граничные размеры, две траектории в нём не могут расходиться бесконечно. Экспоненциальную расходи-

мость-сходимость фазовых траекторий можно оценить с помощью показателей Ляпунова. Наибольший показатель Ляпунова вычислен в соответствии с известным алгоритмом, разработанным в 1994 году Н. Kantz`ом. Для вычислений использовались процедуры, реализованные в пакете TISEAN.

На рис. 13 и 14 представлены кривые зависимостей $S(l)$ для ARP ряда и общего ряда наблюдений соответственно.

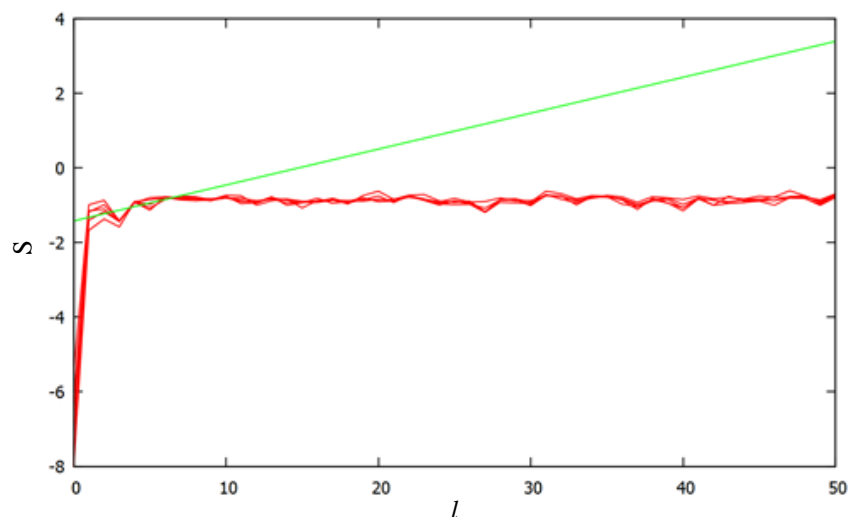


Рис. 13. Зависимости $S(l)$ для ряда ARP

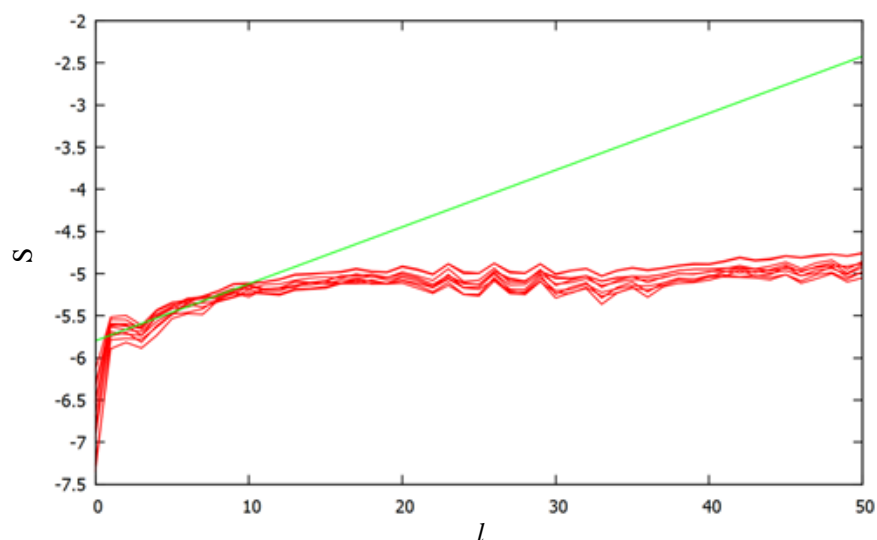


Рис. 14. Зависимости $S(l)$ для общего ряда наблюдений

Анализ представленных выше графиков свидетельствует, что для ряда ARP линейный участок задан в интервале 1-6. Наклон прямой равен 0,0962692, что и соответствует величине показателя Ляпунова.

Для общего ряда наблюдений линейный участок задан в интервале 9-17. Наклон прямой равен 0,0361674, что и соответствует величине показателя Ля-

пунова. Так как в пределах аттрактора небольшие изменения начальных условий могут приводить к сильным изменениям в эволюции системы, показатель Ляпунова может являться мерой того, насколько сильны могут быть эти изменения.

В главе три предложены два способа: управление потоками кадров в буферах портов коммутатора при помощи управляющего устройства для распределения объёма буфера памяти между портами коммутатора при поступлении самоподобного трафика [4] и способ по приоритетной обработке самоподобного трафика [5].

На рис. 15 показан временной ряд (общий трафик): по оси абсцисс – номер индекса (количество пакетов), а по оси ординат – интервалы между пакетами части измеренного сетевого трафика, поступающего на порт (с буфером) коммутатора, на котором видно, что плотность потока не стационарна. Линия, параллельная оси абсцисс (уровень нормальной нагрузки), показывает: всё, что выше этой линии, порт (с буфером порта) коммутатора второго уровня успеет обработать. Всё, что ниже этой линии, порт (буфер порта) коммутатора не успеет обработать, что может привести к переполнению буферов портов коммутатора и вызвать дополнительные потери и/или задержки и снизить качество обслуживания в целом. При этом нестационарность потока событий означает, что плотность потока непостоянна, имеются промежутки времени, в течение которых событий больше, чем обычно при простейшем трафике, трафик характеризуется высокой пачечностью.

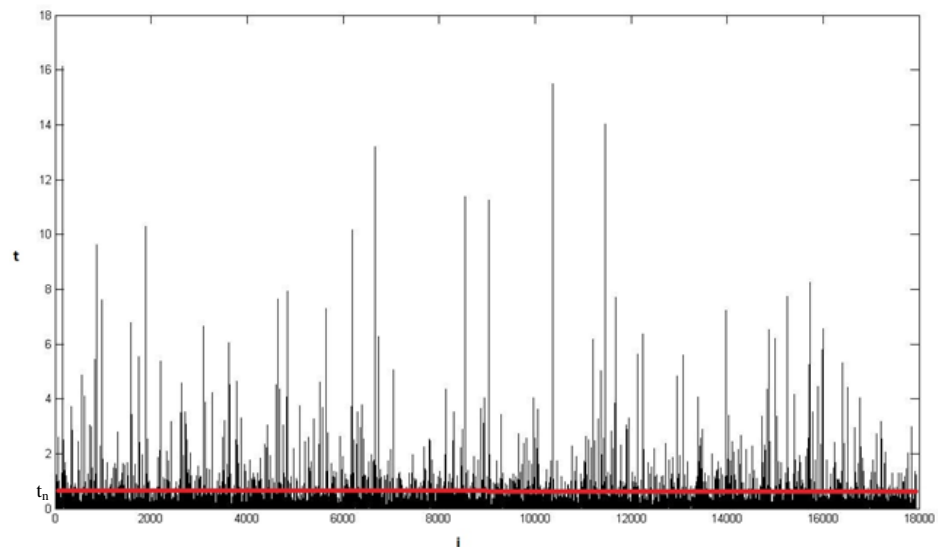


Рис. 15. Временной ряд

На рис. 16 представлены два графика, на которых распределения плотности интервалов самоподобного потока по закону Парето и по экспоненте. Закрашенная область – это дополнительный объём буфера, который необходим для обработки самоподобного трафика поступающего на порт коммутатора второго уровня.

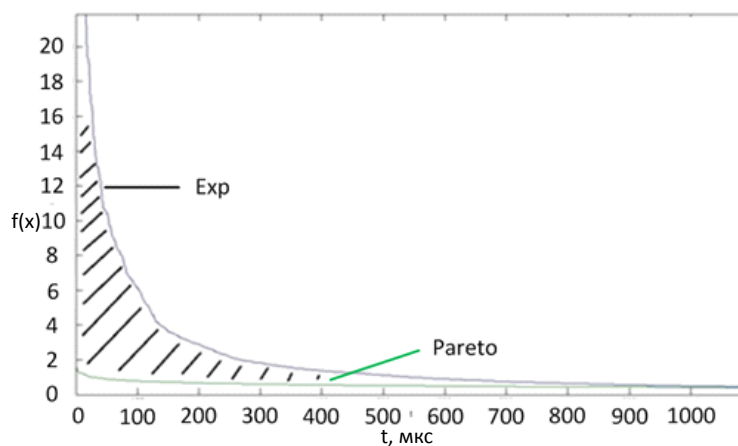


Рис. 16. Распределение самоподобного и простейшего потоков

Алгоритм работы контроллера по динамическому перераспределению емкости буфера порта IP-коммутатора алгоритма №1 представлен на рис. 17:

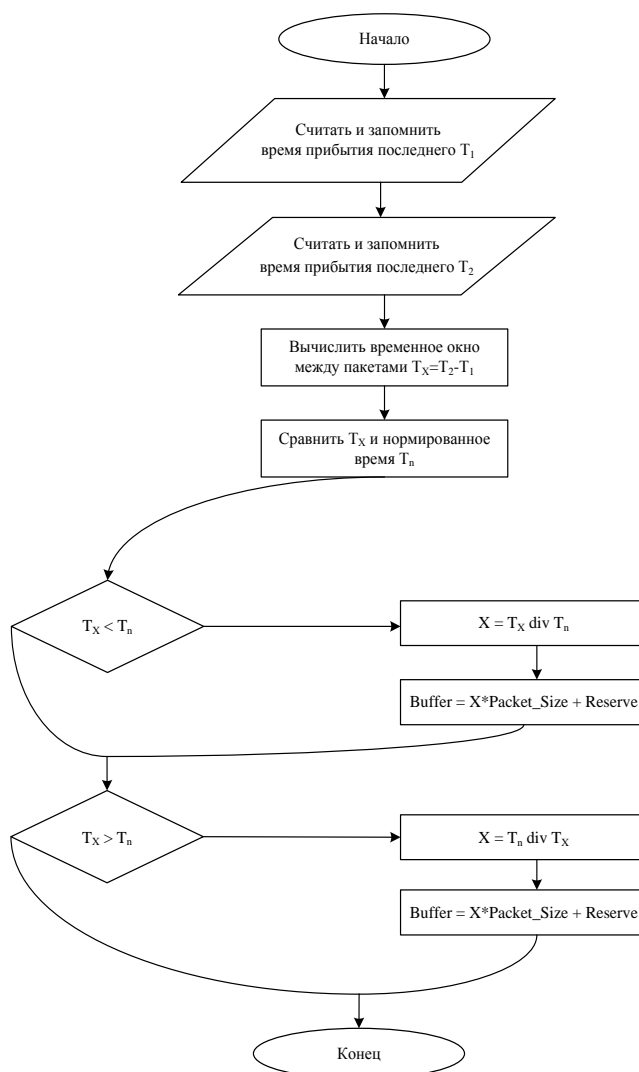


Рис. 17. Алгоритм работы контроллера по динамическому перераспределению буфера порта IP-коммутатора

- шаг 1 – считывание и хранение времени прибытия последнего пакета;
- шаг 2 – считывание времени прибытия следующего пакета T_2 ;
- шаг 3 – вычисление временного окна между пакетами $T_x = T_2 - T_1$;
- шаг 4 – сравнение T_x с нормированным временем T_n , где T_n среднее значение интервала между пакетами;
- шаг 5 – если $T_x < T_n$, то с помощью целочисленного деления определяется, во сколько раз быстрее поступают требования, чем успевает обработать порт IP-коммутатора;
- шаг 6 – из общего буфера выделяется необходимая ёмкость;
- шаг 7 – если $T_x > T_n$, то с помощью целочисленного деления определяется, во сколько раз медленнее поступают требования, чем успевает обработать порт IP-коммутатора;
- шаг 8 – из нормированного буфера порта изымается неиспользованная ёмкость буфера для других портов в случае необходимости.

Второй способ предусматривает обеспечение приоритетного обслуживания мультисервисного трафика с организацией четырех приоритетных очередей. В свою очередь коммутаторы также поддерживают 4 различные очереди для временного хранения кадров при большой интенсивности поступающих пакетов во избежание потерь. Принцип работы временного распределителя приоритетной работы коммутатора по обслуживанию самоподобного трафика показан на рис. 18. Горизонтальная линия соответствует математическому ожиданию случайной величины, кривая – плотности распределения межпакетных интервалов для самоподобного трафика.

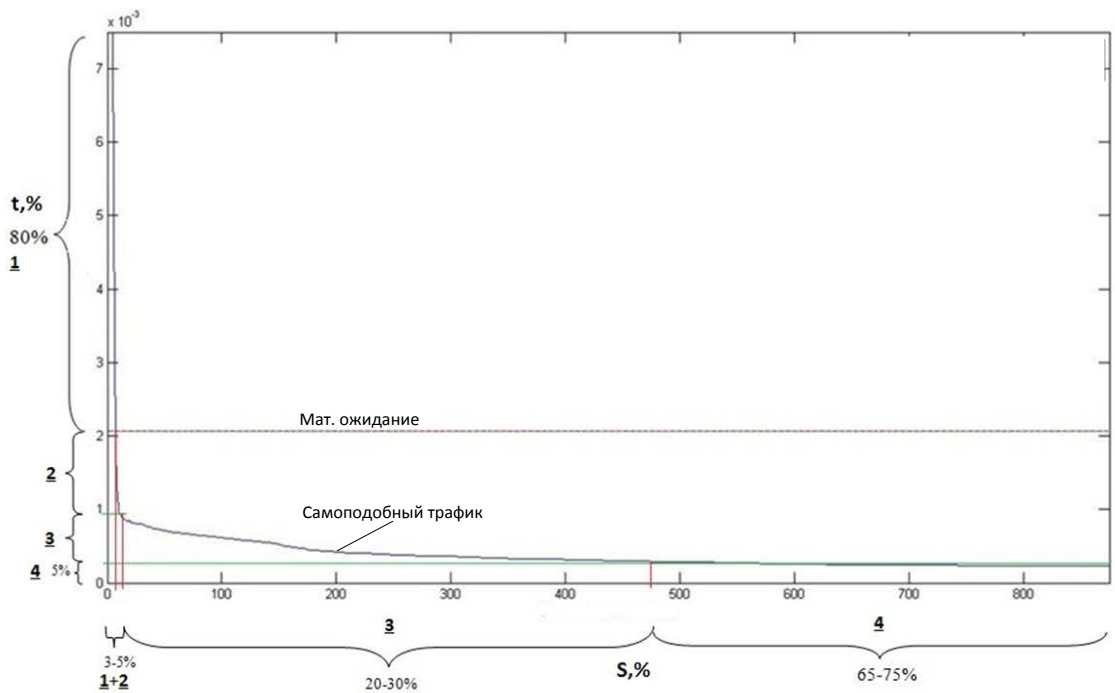


Рис. 18. Временное распределение приоритетной работы устройства

Устройство будет отводить (читать, обрабатывать) 80% времени на обработку высокоприоритетного трафика (приоритет первый), а остальные 20% времени устройство выделяет наименее приоритетным пакетам (со 2 по 4). Пересечение «головы» распределения Парето и математического ожидания этого распределения является линией раздела. Оставшиеся 20% будут распределены следующим образом: точка излома кривой Парето – время, затрачиваемое на обработку пакетов со 2-ым приоритетом, далее продолжение «головы» распределения Парето до его «хвоста» – 3-ий приоритет и «хвост» распределения Парето – 4-ый приоритет. По оси абсцисс показан объем выделяемого буфера для каждого из приоритетов, который определяется через проекцию оси ординат на ось абсцисс. Пакетам с приоритетом 1 будет выделяться минимальный объем буфера из общего буферного пространства, отведенного коммутатору на соответствующий порт, и он будет зависеть от математического ожидания случайной величины (межпакетных интервалов). Пакетам с приоритетом 2 будет выделяться объем, который зависит от точки излома кривой Парето, и эта точка меняется и зависит от параметра H (показателя степени самоподобия). Чем меньше H , тем точка излома становится выше по оси ординат. В общем для пакетов с приоритетами 1 и 2 будет выделяться 3 – 5% от объема буферного пространства. На пакеты с приоритетами 3 выделяется 20 – 30% общего буферного пространства (зависит от кривой Парето). На пакеты с 4-ым приоритетом (эластичный трафик) выделяется 65 – 75% от общего буферного пространства, выделяемого на порт. Алгоритм работы предлагаемого устройства по приоритетному обслуживанию самоподобного трафика состоит в следующем (рис. 19):

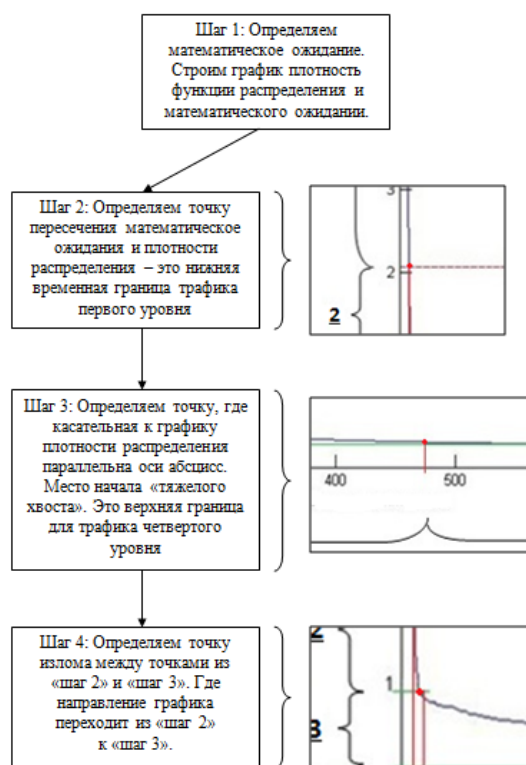


Рис. 19. Алгоритм работы, использующего приоритеты

- шаг 1 – определение (вычисление) математического ожидания случайного процесса поступления пакетов и плотности распределения. Строится график плотности функции распределения и математического ожидания;
- шаг 2 – определение точки пересечения математического ожидания и плотности распределения – эта нижняя временная граница трафика для первого приоритета;
- шаг 3 – определение точки начало «хвоста» распределения (то есть точки, когда хвост распределения параллелен оси абсцисс). Это верхняя граница для пакетов с приоритетом 4;
- шаг 4 – определение точки излома между точками из «шаг 2» и «шаг 3», где направление графика переходит из «шаг 2» к «шаг 3».

В главе четыре приведены разработанные имитационные модели работы IP-коммутатора при генерации потока кадров с интервалами времени между соседними кадрами, распределёнными по двум законам: экспоненциальному и Парето, а также имитационная модель обслуживания самоподобного трафика с использованием разработанного алгоритма № 1. На рис. 20 построены зависимости среднего времени ожидания обслуживания при различных параметрах самоподобия H : нижний график соответствует экспоненциальному распределению потока; средний – самоподобному при $H=0,7$; верхний – самоподобному при $H=0,9$.

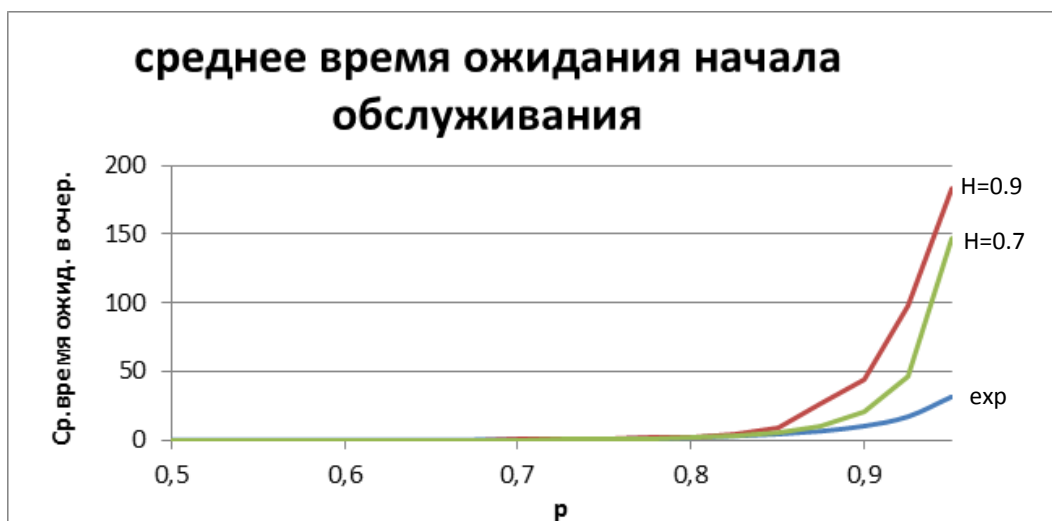


Рис. 20. Среднее время ожидания начала обслуживания

При загрузке самоподобного трафика среднее время ожидания начала обслуживания больше, чем среднее время ожидания при поступлении простейшего потока. При увеличении степени самоподобия ($H=0,9$) значение средней очереди при загрузке системы, равное 0,57, возрастает (рис. 21).

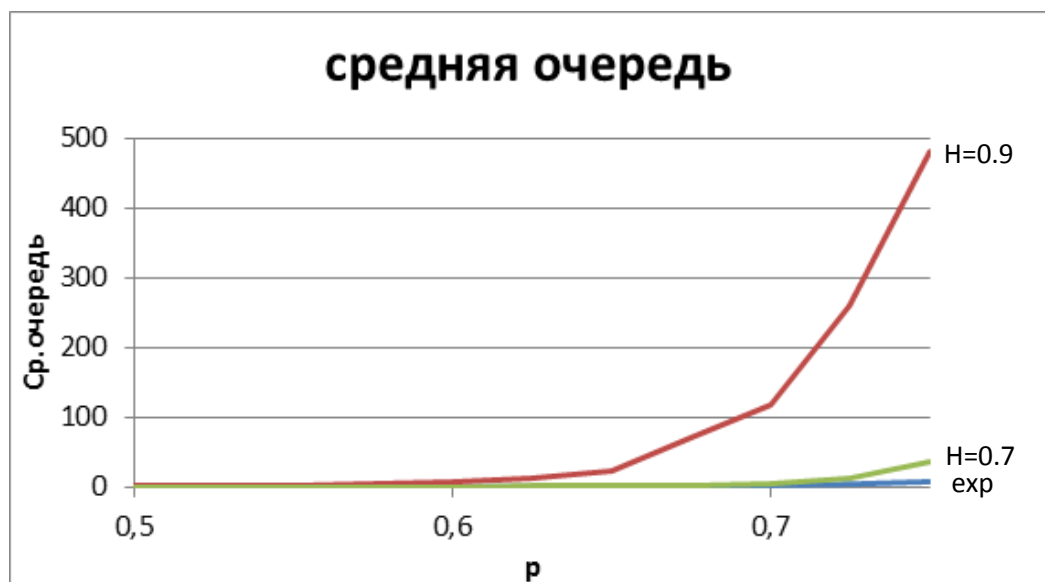


Рис. 21. Зависимость средней очереди от загрузки

На рис. 22 построены зависимости потери заявок при увеличении длины очереди при загрузки системы разными потоками (простейшим и самоподобным). Самый нижний график показывает потери при загрузке простейшим потоком, средний график – самоподобный поток при $H=0,7$ и верхний график самоподобный – при $H=0,9$.

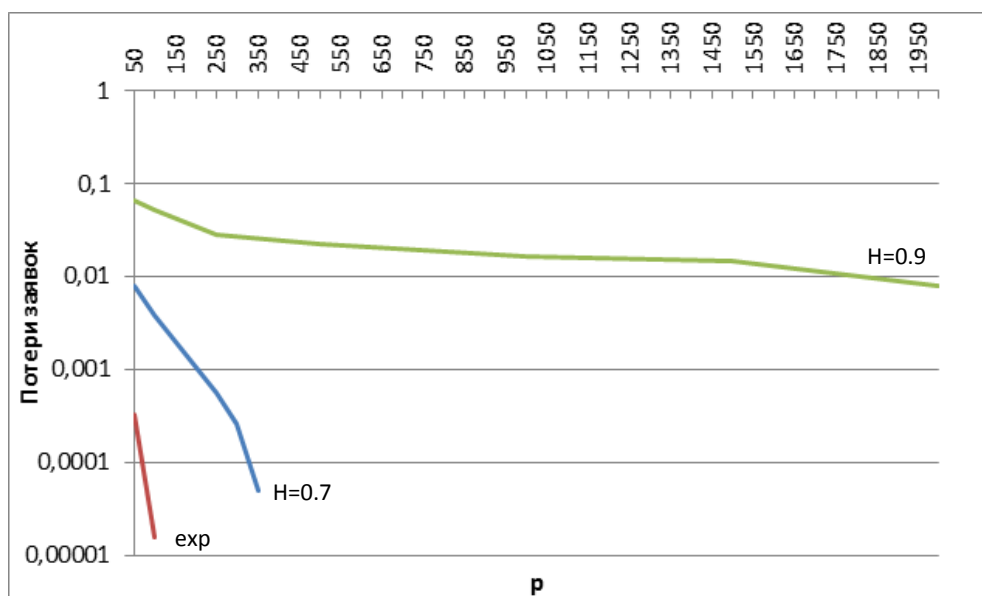


Рис. 22. Потери заявок

На графиках рис. 23 даны зависимости вероятности потерь кадров при поступлении самоподобного трафика с использованием первого способа предлагаемого алгоритма и без него для $H=0,9$. Применение разработанного способа позволяет уменьшить потери кадров.

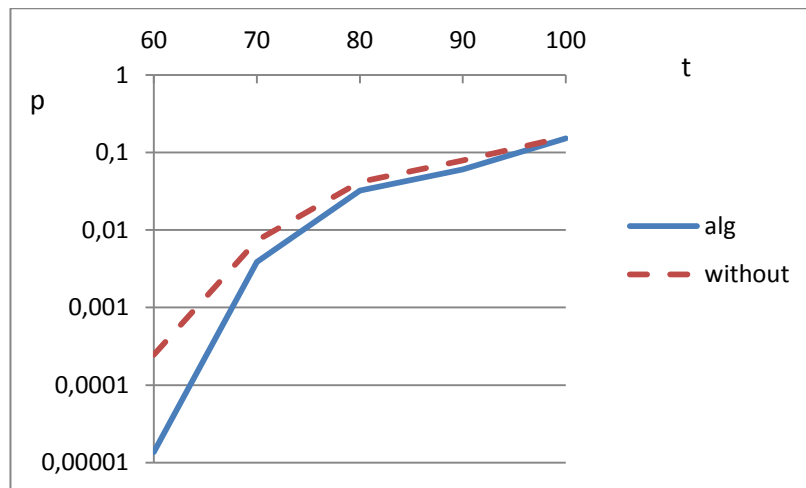


Рис. 23. Зависимость вероятности потерь в коммутаторе p от длительности обработки t в коммутационной матрице при $H=0,9$

Алгоритм №2 [5] распределяет области четырех очередей: 80%, 89%, 95%, 100%. Определение границ интервалов производилось по функции распределения. Сравнение производилось с системой в которой распределение по очередям равномерное (25%, 50%, 75%, 100%) при $H=0,5$. В результате моделирования определено, что размерность буфера для каждой очереди можно выбрать для первой 30, для второй 25, для третьей 15, для четвертой 10. Данные значения выбраны исходя из занятости мест в очереди при $H=0,5$. На рис. 24 показаны зависимости вероятностей потерь для четырех очередей при обслуживании коммутатором самоподобного потока с параметром Хёрста равного 0,9.

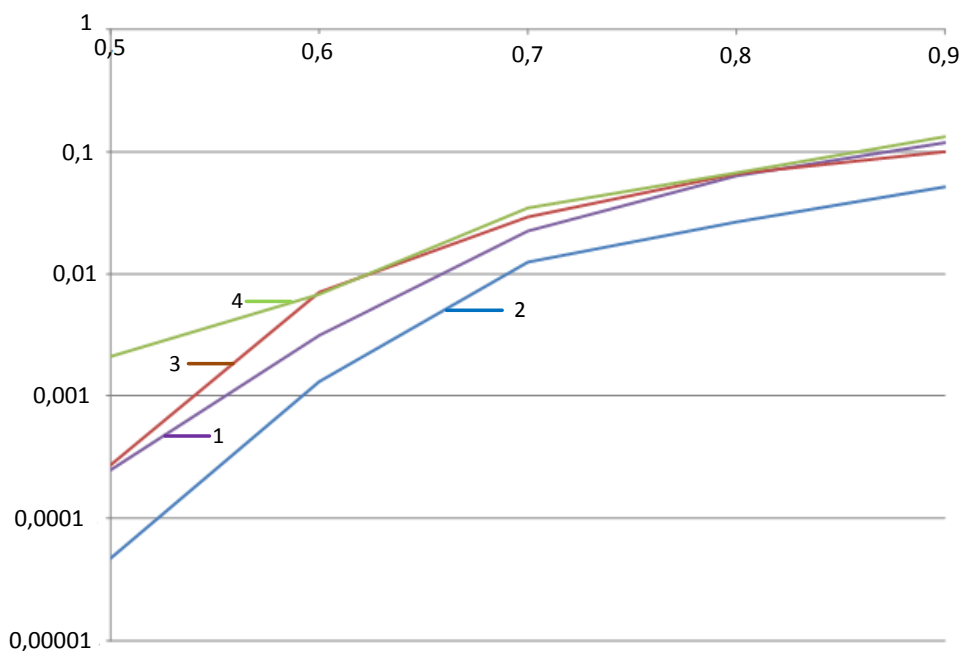


Рис. 24. Зависимость суммарных потерь

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

В результате проведенных научных исследований по теме диссертационной работы «Исследование трафика, поступающего на порт Ethernet коммутатора», было получено следующее:

1. Проведен системный анализ предметной области, который показал перспективность и актуальность обработки сетевыми устройствами современного сетевого трафика.

2. Проведены экспериментальные исследования измеренного реального трафика. Результаты исследований показали, что измеренный трафик обладает признаками самоподобия (долговременная зависимость, медленно затухающие вероятностные распределения с «тяжёлыми хвостами»). Установлено, что поступления пакетов протоколов ARP и UDP обладают свойством самоподобия с показателями степени самоподобия H , равными 0,85 и 0,95 соответственно, параметр тяжелохвостового распределения общего трафика имеет значение $\alpha=1,2$. Выделена элементарная единица фрактального трафика (общий трафик). Исследованы ряды ARP и MPEG на основе теста IFS, который показал, что эти процессы имеют локализованные сгустки и обладают хаотической динамикой, что диагностируется наличием положительного ляпуновского показателя. Получена положительная оценка наибольшего показателя Ляпунова для ARP ($\lambda_1 = 0,096$) и общего ряда наблюдений ($\lambda_1 = 0,036$), что свидетельствует о хаотичности процесса, означающее возможность предсказания (прогнозирования) редких событий (высоких пульсаций) сетевого трафика для предоставления широкого спектра услуг связи в соответствии с показателями QoS. Исследованы динамики рядов наблюдений (ARP, MPEG) в пространстве состояний или в фазовом пространстве с использованием метод «задержек» и реконструированы фазовые портреты рядов на основе программы TISEAN в форматах 2D и 3D.

3. Разработаны имитационные модели, позволяющие моделировать потоки как простейший, так и самоподобный, использованные для сравнения пропускной способности коммутатора второго уровня при различном виде потоков.

4. Разработано управляющее устройство и алгоритм его работы для распределения объёма буфера памяти между портами коммутатора, разработанного в соответствии с требованиями классической теории телетрафика. При этом осуществлено логическое объединение ёмкостей всех буферов портов в один динамический, с выделением администратором сети каждому порту регулируемой резервной ёмкости буфера.

5. Разработано управляющее устройство и алгоритм его работы по приоритетному обслуживанию самоподобного трафика без потерь.

6. Разработаны имитационные модели по двум способам обслуживания самоподобного потока коммутатором.

7. Проведены экспериментальные проверки разработанных устройств. Результаты экспериментальных испытаний показали, что эти устройства улучша-

ют качество обслуживания самоподобного потоков и полностью отвечает поставленной цели работы.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. **Мирзакулова, Ш.А.** Исследование сетевого трафика [Текст] / Ш.А. Мирзакулова, Л.О. Балгабекова, А.К. Жолмырзаев // Журн. науч. публ. аспирантов и докторантов. – Курск, 2012. – № 5. – С. 106-109.

2. **Мирзакулова, Ш.А.** Исследование мультисервисного сетевого трафика в программе "Fractan" [Текст] / Ш.А. Мирзакулова, Л.О. Балгабекова // Наука и бизнес: пути развития. – 2013. – № 9(27). – С. 78-82.

3. **Мирзакулова, Ш.А.** Моделирование процесса обслуживания самоподобного трафика коммутатором второго уровня [Текст] / В.П. Шувалов, Ш.А. Мирзакулова // Т-Comm. Телекоммуникации и транспорт. – 2014. – № 8. – С. 102-105.

4. Пат. 27529. Республики Казахстан. "Способ и система управления потоками при передаче пакетов данных" [Текст] / Ш.А. Мирзакулова, Л.О. Балгабекова, А.К. Жолмырзаев; заявл. 26.09.2012 г.; опубл. 29.03.13.

5. Пат. 27529. Республики Казахстан. "Способ обработки пакетов данных в телекоммуникационной сети [Текст] / Ш.А. Мирзакулова, Л.О. Балгабекова, А.К. Жолмырзаев; заявл. 13.12.2012; опубл. 24.09.13.

6. А.с. № 1172. Астана. Комплекс программ для ЭВМ под названием «Программы имитационного моделирования для исследования параметров трафика в сетевых устройствах» [Текст] / Р.И. Исаев, К.Х. Туманбаева, Ш.А. Мирзакулова, Л.О. Балгабекова. – опубл. 12.08.2011.

7. **Мирзакулова, Ш.А.** Исследование распределения интервалов между вызовами реального потока IPTV [Текст] / Д.Ю. Пономарев, Ш.А. Мирзакулова, Л.О. Балгабекова // Вестн. АУЭС. – Алматы, 2011. – № 1. – С. 14-17.

8. **Мирзакулова, Ш.А.** Dimension rating of the network traffic embedding. Components of Scientific and Technological Progress [Text] / S.A. Mirzakulova, L. O. Balgabekova, A.K. Zholmyrzaev // SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL. – Paphos, Cyprus, 2013. – N 3. – P. 46-48.

9. Исследование распределений запросов протокола ARP [Текст] / М.З. Якубова, Ш.А. Мирзакулова, Л.О. Балгабекова и др. // Вестн. КазАТК. – Алматы, 2012. – № 1. – С. 90-94.

10. **Мирзакулова, Ш.А.** Исследование характеристик реального трафика локальной сети передачи данных [Текст] / Р.И. Исаев, Ш.А. Мирзакулова // Узб. агентство связи и информатизации, ГУП «UNICON.UZ». Центр науч.-техн. и маркетинговых исслед. – Ташкент, 2011. – № 3. – С. 22-26.

11. **Мирзакулова, Ш.А.** Исследование плотности поступления пакетов протокола UDP на самоподобие [Текст] / Ш.А. Мирзакулова, Л.О. Балгабекова, А.К. Жолмырзаев // Вестн. АУЭС. – Алматы, 2012. – № 3. – С. 70-76.

12. **Мирзакулова, Ш.А.** Исследование стохастического процесса распределений пакетов DHCP на статистическое самоподобие [Текст] / Ш.А. Мирзакулова, Л.О. Балгабекова // Вестн. КазАТК. – Алматы, 2012. – № 1. – С. 90-94.
13. **Мирзакулова, Ш.А.** Исследование измеренного IPTV трафика на самоподобие [Текст] / М.З. Якубова, Ш.А. Мирзакулова, Л.О.Балгабекова // Вестн. КазАТК. – Алматы, 2011. – № 4. – С. 83-87.
14. **Мирзакулова, Ш.А.** Анализ моделей вероятности потери кадров в буфере коммутатора второго уровня с учётом фрактальности трафика [Текст] / Ш. А. Мирзакулова, И.С. Камалов // Вестн. АУЭС. – Алматы, 2011. – № 1. С. 26-30.
15. **Мирзакулова, Ш.А.** Анализ моделей вероятности потери пакетов в буферах сетевых устройств с учётом фрактальности трафика [Текст] / Ш.А. Мирзакулова, Л.О. Балгабекова // Вестн. КазАТК. – Алматы, 2011. – № 1. С. 8-12.
16. **Мирзакулова, Ш.А.** Влияние самоподобности поступающего трафика на величину буфера Ethernet коммутатора [Текст] / К.Х. Туманбаева, Ш.А. Мирзакулова // Вестн. КазАТК. – Алматы, 2011. – № 1. – С. 19-23.
17. **Мирзакулова, Ш.А.** Исследование измеренного сетевого трафика [Текст] / Ш.А. Мирзакулова, Л.О. Балгабекова, А.К. Жолмырзаев // VII Междунар. науч.-практ. конф. Перспективы развития информ. технологий. Новосибирск, 18 апр. 2012 г. – Новосибирск, 2012. – С. 86-90.
18. **Мирзакулова, Ш.А.** Исследование автокорреляционной функции распределения пакетов протокола UDP [Текст] / Ш.А. Мирзакулова, Л.О. Балгабекова, А.К. Жолмырзаев. // Междунар. конф. Актуальные проблемы развития инфокоммуникаций и информационного общества. – Ташкент: ТУИТ, 2012. – С. 135-139.
- 19 **Мирзакулова, Ш.А.** Анализ исследования измеренного трафика [Текст] / Ш.А. Мирзакулова. // Известия вузов Кыргызстана. - Бишкек, 2015. - №7. С17-19.
- 20 **Мирзакулова, Ш.А.** Эффективность обслуживания самоподобного трафика на основе разработанного алгоритма по приоритетной обработке [Текст] / Ш.А. Мирзакулова. // Известия вузов Кыргызстана. - Бишкек, 2015. - №7. С24-26.

РЕЗЮМЕ

диссертации Мирзакуловой Шарафат Абдурахимовны на тему: «Разработка алгоритмов управления информационными потоками, поступающими на порт Ethernet-коммутатора» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 - Системный анализ, управление и обработка информации.

Ключевые слова: простейший поток, самоподобный поток, имитационная модель, качество обслуживания, обработка трафика.

Объект исследования: IP-коммутатор второго уровня компьютерной локальной сети.

Цель работы: повышение качества обслуживания потоков данных IP-коммутатором.

Методы исследования: теория вероятностей и математическая статистика, теория фракталов, теория хаоса, имитационное моделирование.

Полученные результаты и их новизна:

- впервые в РК детально исследован, на предмет выявления самоподобия, реальный трафик;
- разработаны имитационные модели, отображающие поступление требований на обслуживание на коммутатор второго уровня, что позволяет оценить работоспособность IP-коммутатора;
- разработаны имитационные модели обработки самоподобного трафика коммутатором второго уровня, что обеспечивает возможность получения ВВХ;
- предложены два способа динамического распределения объёма буфера памяти между портами коммутатора в условиях поступления самоподобного трафика, позволившие снизить потери пакетов.

Рекомендации по использованию: Результаты диссертационной работы позволят увеличить эффективность управления потоком мультимедийного самоподобного потока данных благодаря разработанным управляющим устройствам и алгоритмам его работы для распределения объёма буфера памяти между портами коммутатора, разработанным в соответствии с требованиями классической теории телетрафика. При этом осуществлено логическое объединение ёмкостей всех буферов портов в один динамический, с выделением администратором сети каждому порту регулируемой резервной ёмкости буфера. Алгоритм обработки позволит либо добавление динамической памяти, либо изъятие излишней памяти буфера порта в динамическую память, а также обеспечить приоритетное обслуживание самоподобного трафика.

Область применения: проектирование, научное исследование, системы массового обслуживания, теория фракталов, моделирование для исследования параметров трафика в сетевых устройствах.

РЕЗЮМЕ

Мирзакулова Шарафат Абдурахимовнанын «Ethernet-коммутатордун портуна келип түшүп жаткан маалыматтардын агымдарын башкаруунун алгоритмдерин иштеп чыгуу» темасындагы, 05.13.01 – Маалыматты системалуу талдоого алуу, башкаруу жана иштеп чыгуу адистиги боюнча техникалык илимдердин кандидаты окумуштуу даражасын изденип алууга карата жазылган диссертациясынын

РЕЗЮМЕСИ

Негизги сөздөр: жөнөкөй агым, өзүнө окшошкон агым, имитациялык модель, тейлөө сапаты, трафикти иштеп чыгуу.

Изилдөөнүү объекти: компьютердик локалдуу түйүндүн экинчи деңгээлинин IP-коммутатору.

Иштин максаты: IP-коммутатор тарабынан маалыматтар агымын тейлөөнүн сапатын жогорулатуу.

Изилдөө методдору: ыктымалдуулук теориясы жана математикалык статистика, фракталдар теориясы, хаос теориясы, имитациялык моделдештирүү.

Алынган жыйынтыктар жана алардын жаңычылдыгы:

- КРда алгачкы жолу реалдуу трафик өзүнө окшоштукту аныктоо предметине карата деталдаштырып изилденген;
- түйүндөрдүн ишке жөндөмдүүлүгүнө баа берүүгө мүмкүндүк бере турган экинчи деңгээлдеги коммутаторго карата тейлөө талаптарынын келип түшүшүн чагылдырышкан имитациялык моделдер иштелип чыгарылган;
- BBX алуу мүмкүндүгүн камсыздай турган экинчи деңгээлдин коммутатору тарабынан өзүнө окшош трафикти иштеп чыгуунун имитациялык моделдери иштелип чыгарылган;
- пакеттердин жоготулуусун төмөндөтүүгө мүмкүндүк бере турган өзүнө окшош трафиктин келип түшүүсү шарттарындагы коммутатордун портторунун ортосундагы эс тутум буферинин көлөмүн динамикалуу бөлүштүрүүнүн эки ыкмасы сунушталган.

Колдонуу боюнча сунуштоолор: Диссертациялык иштин жыйынтыктары иштелип чыккан башкаруу түзүлүшүнөн улам жана телетрафиктин классикалык теориясынын талаптарына ылайык иштелип чыккан анын коммутатордун портторунун ортосундагы эс тутум буферинин көлөмүн бөлүштүрүү үчүн ишинин алгоритминен улам маалыматтардын өзүнө окшош мультимедиялык агымынын агууларын башкаруунун натыйжалуулугун жогорулатууга мүмкүндүк берет. Мында порттордун бардык буферлеринин сыйымдуулуктарын бир динамикалуу көлөмгө, түйүн администратору тарабынан буфердин жөнгө салынуучу резервдик сыйымдуулугун бөлүштүрүү

менен логикалуу бириктилиши жүзөгө ашырылган. Иштеп чыгуунун алгоритми динамикалуу эс тутум кошууга, же болбосо порттун буферинин артыкбаш эс тутумун динамикалуу эс тутумга алып салууну, ошондой эле өзүнө окшош трафики артыкчылык берүү менен тейлөөгө шарт түзөт.

Колдонуу тармагы: долбоорлоо, илимий изилдөө, массалык тейлөө системалары, фракталдар теориясы, түйүндүк түзүлүштөрдөгү трафиктин параметрлерин изилдөө үчүн моделдештирүү.

DISSERTATION AUTHOR'S ABSTRACT

Mirzakulova Sharafat Abdurakhimovna dissertation on the topic of « The development of algorithms for managing the information flow, coming into the Ethernet-switch port » for PhD degree candidate on specialty of 05.13.01 – System analysis, data management and data processing.

Keywords: simple flow, self-similar flow, simulation model, quality of service, traffic processing.

Object of study: second level LAN IP switch.

Objective of study: improving the quality of service of data flows in IP switch.

Study methods: probability theory and mathematical statistics, fractal theory, chaos theory, simulation modelling.

Results and its novelty:

- It is the first time in Republic of Kazakhstan that the real traffic was studied in detail to identify the self-similarity;
- the simulation models were developed to reflect the receipt of requests for service on second level switch, which allows to evaluate the performance of networks;
- the simulation models were developed to process self-similar traffic using second level switch, which allows to obtain probabilistic temporal characteristics;
- two methods of dynamic allocation of the buffer memory between switch ports in the conditions of receipt of self-similar traffic were proposed, which allowed to reduce packet loss.

Recommendation for use: Results of this dissertation will allow to increase efficiency of flow control of self-similar multimedia data flow thanks to the developed control device and its work algorithm for allocation of the memory buffer size between switch ports, which was developed accordance with requirements of classical theory of teletraffic. Wherein logical grouping of capacities of every buffer of every port into a single dynamic one, with the allocation of adjustable reserve buffer capacity to each port by network administrator. Processing algorithm will allow either the addition of dynamic memory or moving excessive memory of port buffer to dynamic memory, priority based service of self-similar traffic as well.

Application area: design, scientific research, queueing systems, fractal theory, simulation for the research of traffic parameters in network devices.



Мирзакулова Шарафат Абдурахимовна

**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ
ИНФОРМАЦИОННЫМИ ПОТОКАМИ, ПОСТУПАЮЩИМИ
НА ПОРТ ETHERNET-КОММУТАТОРА**

Автореферат диссертации

Подписано к печати 18.03.2016. Формат 60х84 1/16. Объем 1,5 п.л.
Бумага офсетная. Тираж 100 экз. Заказ №

Отпечатано в типографии BelPrint

720000, г.Бишкек, ул.Киевская, 44
Издательство Кыргызско-Российского
Славянского университета