

На правах рукописи

Чернягин Денис Викторович

**АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТРАФИКОМ НЕОДНОРОДНЫХ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ**

Специальность: 05.13.01 – Системный анализ, управление и
обработка информации (область: информационные, телекоммуникационные и
инновационные технологии)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Дубна 2011

Работа выполнена на кафедре системного анализа и управления в
Международном университете природы, общества и человека «Дубна»

Научный руководитель:

Кандидат технических наук

КРЮКОВ

Юрий Алексеевич

Официальные оппоненты:

Доктор технических наук

САХАРОВ

профессор

Юрий Серафимович

Кандидат физико-математических наук

КОРЕНЬКОВ

Владимир Васильевич

Ведущая организация: Воронежский государственный технический университет (ВГТУ)

Автореферат разослан «_____» _____ 2011

Защита диссертации состоится «__» _____ 2011 года в _____ часов на заседании диссертационного Совета Д 800.017.02 в Международном университете природы, общества и человека «Дубна», по адресу: Московская обл., г. Дубна, ул. Университетская 19 в аудитории 1-300.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Международного университета природы, общества и человека «Дубна», по адресу: Московская обл., г., Дубна, ул. Университетская, 19.

Ученый секретарь

диссертационного совета Д 800.017.02

кандидат физико-математических наук

Токарева Н.А.

Актуальность проблемы

В последние годы наметился переход от разнородных телекоммуникационных сетей, каждая из которых была предназначена для оказания узкого круга услуг, к сетям следующего поколения (Next Generation Network, NGN) или, так называемым, мультисервисным сетям. В таких сетях предоставляются услуги по передаче голоса, данных и видео, они объединяют мобильные и фиксированные сети. В результате формирования мощных и разветвленных мультисервисных сетей связи количество пользователей неуклонно растет. Так как пользователи используют сети связи в своей профессиональной деятельности (удаленная работа, дистанционное обучение, IP-телефония и т.д.) и для проведения досуга (web, музыка, видео, игры, чаты, потоковое видео высокого разрешения и т.д.), то перечень востребованных услуг с привлечением телекоммуникационных сетей и их загруженность растут быстрыми темпами. Широко распространились системы с архитектурой «клиент-клиент» т.е. P2P-системы (peer-to-peer system – сетевая инфраструктура без централизованного сервера).

По оценкам компании Cisco Systems в промежутке между 2007 и 2009 г. произошло удвоение объема мирового Интернет трафика и, в период до 2011 г., трафик вырос еще на 77%. При этом широкополосные приложения, основанные на P2P-сервисах, остаются главным источником роста Интернет трафика.

К сожалению, процессы модернизации существующих сетей связи отстают от потребностей пользователей, и все чаще возникает ситуация перегруженности каналов связи, что влечет за собой задержки при передаче пакетов информации и даже их потери. Особенно критичны к потерям пакетов потоки времязависимого трафика, играющего все более значимую роль в спектре востребованных сервисов.

Сеть передачи данных можно представить в виде управляемой системы с контуром управления, состоящим из генераторов данных, линии передачи

данных, блок управления и приемников данных. Значимыми параметрами, характеризующими производительность сети, являются пропускная способность линии, коэффициент задержек пакетов, коэффициент потерь пакетов. Пропускная способность сети определяется техническими характеристиками линии связи. Задача уменьшения коэффициента задержек пакетов при ограниченной пропускной способности, является актуальной, так как ее решение приведет к сокращению очередей пакетов на сетевом оборудовании и, как следствие, к уменьшению коэффициента потерь пакетов. На основании известных исследований, представленных в работах Роберта Меткалфа и Дэвида Бокса, можно утверждать, что идеальным состоянием линии передачи данных является ее загрузка менее 80% от ее пропускной способности. Формирование управляющего воздействия для возврата системы в идеальное состояние не является тривиальной задачей в связи с одновременной трансляцией множества неоднородных потоков с изменяющейся интенсивностью и требует адаптивного управления трафиком этих потоков.

Таким образом, актуальность диссертационного исследования обусловлена необходимостью разработки механизма адаптивного управления неоднородными информационными потоками. Этот механизм должен формировать управляющее воздействие в случае ухода системы от идеального состояния и, тем самым, обеспечивать сглаживание пульсирующей структуры трафика и повышение качества передачи информационных потоков времязависимых сервисов.

Объектом исследования является процесс трансляции трафика неоднородных информационных потоков в высокоскоростном канале передачи данных.

Предметом исследования являются методы анализа и прогнозирования параметров трафика неоднородных информационных потоков.

Цель и задачи исследования

Целью диссертационного исследования является разработка механизма адаптивного управления неоднородным трафиком в мультисервисных сетях для повышения эффективной пропускной способности каналов связи.

В соответствии с целью исследования в работе поставлены следующие задачи:

- Разработать метод регистрации трафика и идентификации неоднородных потоков данных; провести структурный анализ трафика.
- Разработать алгоритм прогнозирования параметров трафика неоднородных информационных потоков на основе интегральных характеристик.
- Разработать механизм адаптивного управления потоками данных доминирующих сервисов на основе принципа управления с обратной связью и мониторинга мгновенной скорости канала связи.
- Провести оценку эффективности разработанного механизма на примере системы адаптивного управления трафиком в магистральном канале сети масштаба города.

Методы исследования

Для решения поставленных задач использованы основные понятия и методы системного анализа, методы и модели теории управления, положения теории вероятностей, математической статистики, методы анализа временных рядов.

Сбор статистической информации проводился с помощью разработанной автором программы-анализатора трафика на основе открытой библиотеки WinPcap с использованием таймера высокого разрешения. Декодирование и анализ собранных экспериментальных данных осуществлялся с помощью языка программирования C++ и пакета прикладных программ Matlab.

Научная новизна

Научная новизна выполненной работы состоит в следующем:

- Предложен новый алгоритм прогнозирования загрузки высокоскоростного канала связи по интегральным характеристикам трафика на основе методов моделирования временных рядов и сигнатурного анализа, позволяющий снизить среднюю абсолютную ошибку прогноза, параллельно проводить мониторинг и прогноз объемов трафика в реальном масштабе времени.
- Разработан механизм адаптивного управления трафиком P2P-сервисов, который позволяет уменьшить коэффициент потерь пакетов в канале передачи данных, и, в отличие от существующих механизмов, учитывает технологические особенности работы P2P-протоколов и не вносит дополнительной задержки в контур управления системы передачи данных.

Практическая значимость

Экспериментально обосновано применение метода статистического анализа межкадровых интервалов, методов моделирования временных рядов и расчета информационной энтропии в задаче выявления P2P-трафика и прогнозирования загрузки канала передачи данных по интегральным характеристикам трафика. Полученные результаты могут быть использованы в организациях, предоставляющих телематические услуги связи, для мониторинга трафика P2P-сервисов в распределенной сетевой инфраструктуре предприятия или города.

Результаты, полученные в диссертации, позволили разработать и внедрить на практике систему адаптивного управления трафиком магистрального канала сети масштаба города. Внедрение этой системы существенно повысило качество работы сетевых видео и аудио сервисов.

Разработан и внедрен в учебный процесс университета «Дубна» лабораторный практикум по изучению статистических характеристик сетевого трафика в курсах «Современные и перспективные технологии

телекоммуникаций», «Вычислительные системы, сети и телекоммуникации», «Компьютерные технологии в науке» для бакалавров и магистров по направлениям: «Информатика и вычислительная техника», «Системный анализ и управление», «Прикладная информатика».

Положения, выносимые на защиту

- Управление скоростью преобладающего трафика Р2Р-сервисов в высокоскоростном канале связи позволяет освободить канал связи и улучшить качество работы неоднородных сервисов, чувствительных к задержкам пакетов в сетях передачи данных.
- Использование разработанного алгоритма на основе интеграции методов статистического анализа, анализа энтропии и прогнозирования временных рядов с методом сигнатурного анализа позволяет снизить среднюю абсолютную ошибку прогноза, параллельно проводить мониторинг и прогнозирование объемов трафика в канале передачи данных в реальном масштабе времени.
- Механизм адаптивного управления неоднородным трафиком позволяет снизить степень неопределенности в системе передачи данных, существенно снизить коэффициент потерь пакетов и в итоге повысить качество передачи мультимедийных данных.

Апрбация результатов

Основные положения и результаты работы докладывались и обсуждались на научных семинарах кафедры системного анализа и управления и кафедры распределенных информационных вычислительных систем университета «Дубна», а также на российских и международных конференциях, в том числе:

- Международной конференции «Распределённые вычисления и Грид-технологии в науке и образовании», Дубна, 2006 г.
- Международной научной конференции «Современные проблемы информатизации в системах моделирования, программирования и телекоммуникациях», г. Москва, 2009 г.

- Международная научно-техническая конференции «Информационные системы и технологии 2009», г. Обнинск, 2009 г.

Публикации и личный вклад автора

Диссертация основана на теоретических, проектных исследованиях и разработках, выполненных автором. По теме диссертации опубликовано 8 печатных работах, 2 из них входят в перечень российских рецензируемых научных журналов.

В работах, выполненных в соавторстве, соискатель внес определяющий вклад в разработку представленного в диссертации механизма адаптивного управления трафиком магистрального канала городской сети в условиях пиковых нагрузок. Автором также были разработаны алгоритмы и технологии, представленные в диссертации.

Объем и структура диссертации

Диссертация состоит из введения, 3-х глав, заключения, списка литературы, приложений, содержит 46 рисунков, 17 таблиц. Общий объем работы – 118 страниц. Список литературы содержит 92 наименования.

Краткое содержание работы

Во введении обоснована актуальность выбранной темы, определена цель и сформулированы решаемые в работе задачи. Представлены новые научные результаты, приведены основные положения, выносимые на защиту. Показана практическая ценность полученных в диссертации результатов, приведены сведения об апробации результатов диссертационной работы.

В первой главе введены основные понятия предметной области. Проведена классификация трафика по предсказуемости скорости передачи данных, по чувствительности трафика к задержкам пакетов и по чувствительности трафика к потерям и искажениям пакетов. Проводится обзор основных типов современных сервисов, являющиеся необходимым минимумом в современных сетях передачи данных.

Отдельное место в главе посвящено обзору P2P-систем, трафик которых занимает существенную долю от пропускной способности

магистральных каналов. Представлен анализ развития динамики трафика, генерируемого пиринговыми сетями с 2007 по 2010 год, из которого можно сделать вывод, что данный вид сервиса остается преимущественным.

На основе технологии DPI (Deep Packet Inspection) проведен анализ трафика местного провайдера. В результате анализа было выяснено, что трафик P2P приложений занимает до 55% от общего объема передаваемых данных, а самым распространенным P2P протоколом является протокол BitTorrent, что соответствует ситуации, сложившейся в большинстве крупных сетей передачи данных.

Значительное внимание в главе уделено вопросам идентификации трафика P2P-сервисов из общего потока данных, в частности идентификации протокола BitTorrent. Поскольку P2P-приложения, основанные на протоколе BitTorrent, осуществляют передачу данных на случайно выбранных портах из диапазона от 1024 до 65535, причем как для UDP, так и для TCP сессий и более того P2P-приложения могут использовать шифрование, создающее дополнительные ограничения по идентификации P2P трафика. Поэтому идентификация каждого пакета из полного сеанса связи между P2P-клиентами в высокоскоростных магистральных каналах может превышать временной период межкадрового интервала, что существенно снижает эффективность системы.

Нужно отметить, что протокол BitTorrent относится к частично децентрализованным системам, особенность работы которых заключается в предварительной передаче пакетов, иницирующих сеанс связи. Поэтому для идентификации P2P-трафика достаточно определить пакет BitTorrent Handshake, в котором содержится информация о транспортном уровне, т.е. порты через которые будет осуществляться дальнейший сеанс связи.

Основным результатом первой главы является вывод о том, что управление скоростью преобладающего трафика P2P-сервисов в высокоскоростном канале связи позволяет освободить канал связи и улучшить качество работы неоднородных сервисов, чувствительных к

задержкам пакетов в сетях передачи данных. Таким образом, из основного результата первой главы следует первое защищаемое положение.

Во второй главе производится оценка работоспособности математических методов анализа временных рядов в задаче прогнозирования объемов трафика Р2Р-сервисов на коротких временных интервалах.

Описан процесс получения экспериментальных реализаций (дампов) сетевого трафика, в котором реализована следующая последовательность действий:

1. С помощью созданного программного анализатора осуществляется перехват трафика данных, проходящих через транзитный узел магистрального канала.
2. Производится проверка трафика данных на присутствие в нем трафика Р2Р-сервисов, а также анализ дампов трафика.
3. Полученные данные декодируются и при помощи процедуры агрегирования приводятся в эквидистантную форму с постоянным шагом агрегирования ΔT . Нижний предел агрегирования выбирался 10мкс, а верхний предел соответствовал 100 мс.

Для анализа применимости различных математических методов прогнозирования применена классификация трафика на трафик с минимальным и существенным наличием Р2Р-пакетов, составляющим более 10%. Выбор порогового критерия обусловлен постоянным присутствием трафика Р2Р-сервисов (7%-9%) даже в периоды наименьшего антропогенного воздействия, что явилось результатом полугодового наблюдения за трафиком магистрального канала. За время наблюдения было обработано более 10000 выборок.

В соответствие с описанной методикой были получены временные ряды следующих характеристик трафика: интенсивность пакетов, интенсивность байт и распределение времени межкадровых интервалов.

Анализ интенсивности трафика показал, что гистограммы распределений интенсивности кадров в 94% всех исследуемых автором

экспериментальных реализаций с минимальным наличием Р2Р-пакетов хорошо аппроксимируются логарифмическими функциями распределения, которые относятся к распределению с «тяжелыми хвостами», что согласуется с современной теорией телетрафика. Значительное присутствие Р2Р-трафика приводит к изменению распределений интенсивности кадров, приближая эти распределения к виду нормального распределения.

На основе результатов статистического анализа распределения времени межкадровых интервалов обнаружено, что присутствие трафика Р2Р-сервисов в сетевом трафике приводит к редукции временных интервалов между кадрами (рис. 1, рис. 2), что, в свою очередь, приводит к увеличению угла наклона функции линейной аппроксимации.

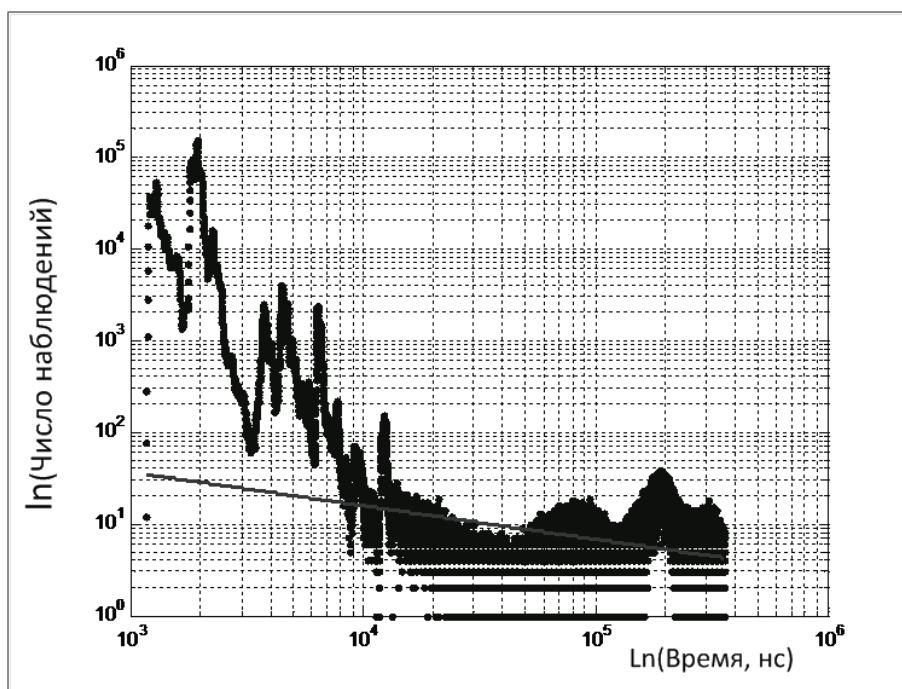


Рис. 1. Гистограмма распределения времени между кадрами, Р2Р-трафик отсутствует

Так, значение угла наклона линейной аппроксимации экспериментальных реализаций трафика с минимальным наличием Р2Р-пакетов, равно $-2,68 \times 10^{-3} \pm 1,6 \times 10^{-4}$, в то время как для трафика с Р2Р-пакетами угол наклона линейной аппроксимации равен $-3,52 \times 10^{-3} \pm 4,8 \times 10^{-5}$. Таким образом, данный коэффициент позволяет использовать его в качестве диагностического критерия наличия в сетевом трафике Р2Р-пакетов.

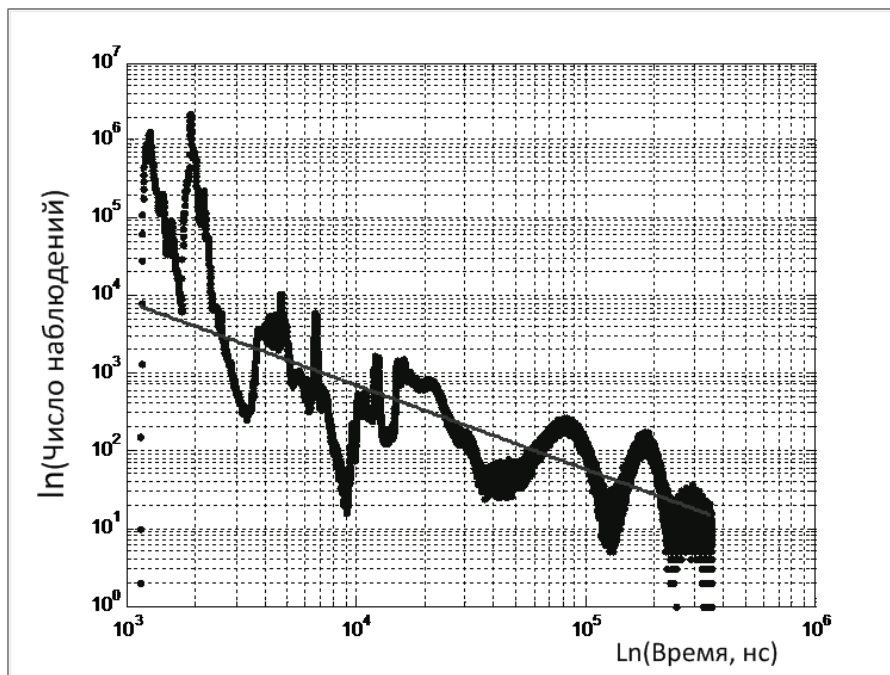


Рис. 2. Гистограмма распределения времени между кадрами, P2P-трафик присутствует

Анализ распределений кадров по размерам позволяет сделать вывод о преобладании кадров размерами 64, 1500 байт (рис. 3). Важно заметить, что информация в основном передается кадрами длиной > 1200 , большинство из которых принадлежат трафику P2P-приложений.

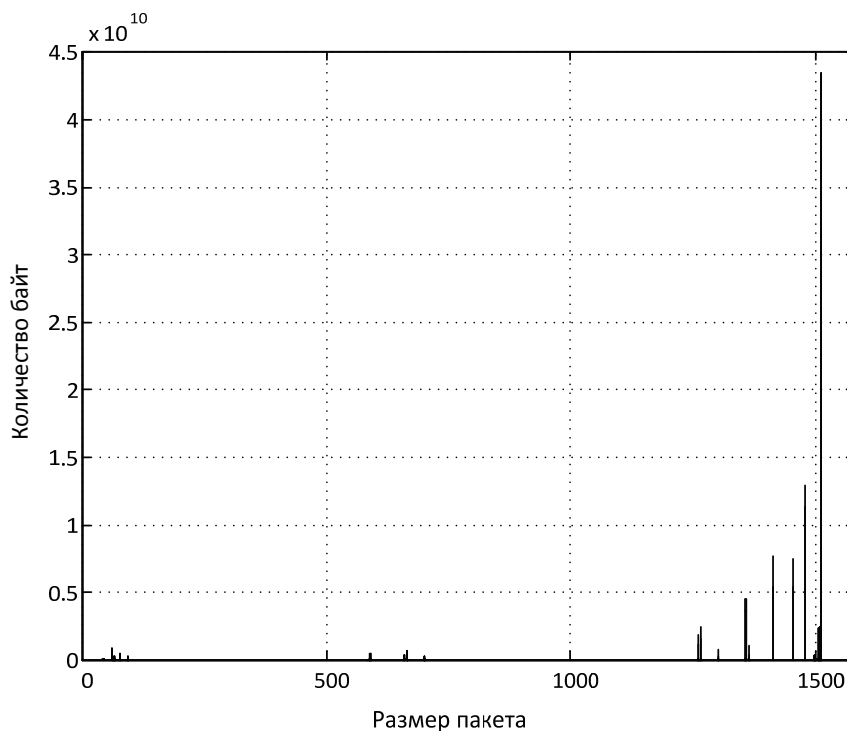


Рис. 3. Гистограмма распределения размеров кадров

Проведена оценка использования информационной энтропии для обнаружения активности P2P-трафика. Энтропия рассчитывалась по следующей формуле:

$$H = -\sum_{i=1}^N p_i \cdot \log_2(p_i). \quad (1)$$

В качестве параметров энтропии сетевого трафика для первого случая были выбраны вероятности появления пакетов в диапазоне портов 1024 – 65535. Для второго случая, исходя из того, что трафик P2P-сервисов передается пакетами, размер которых превышает 1200 байт, в качестве параметров были выбраны вероятности появления пакетов в диапазоне портов 1024 – 65535 при условии, что размер пакета > 1200 байт (рис. 4).

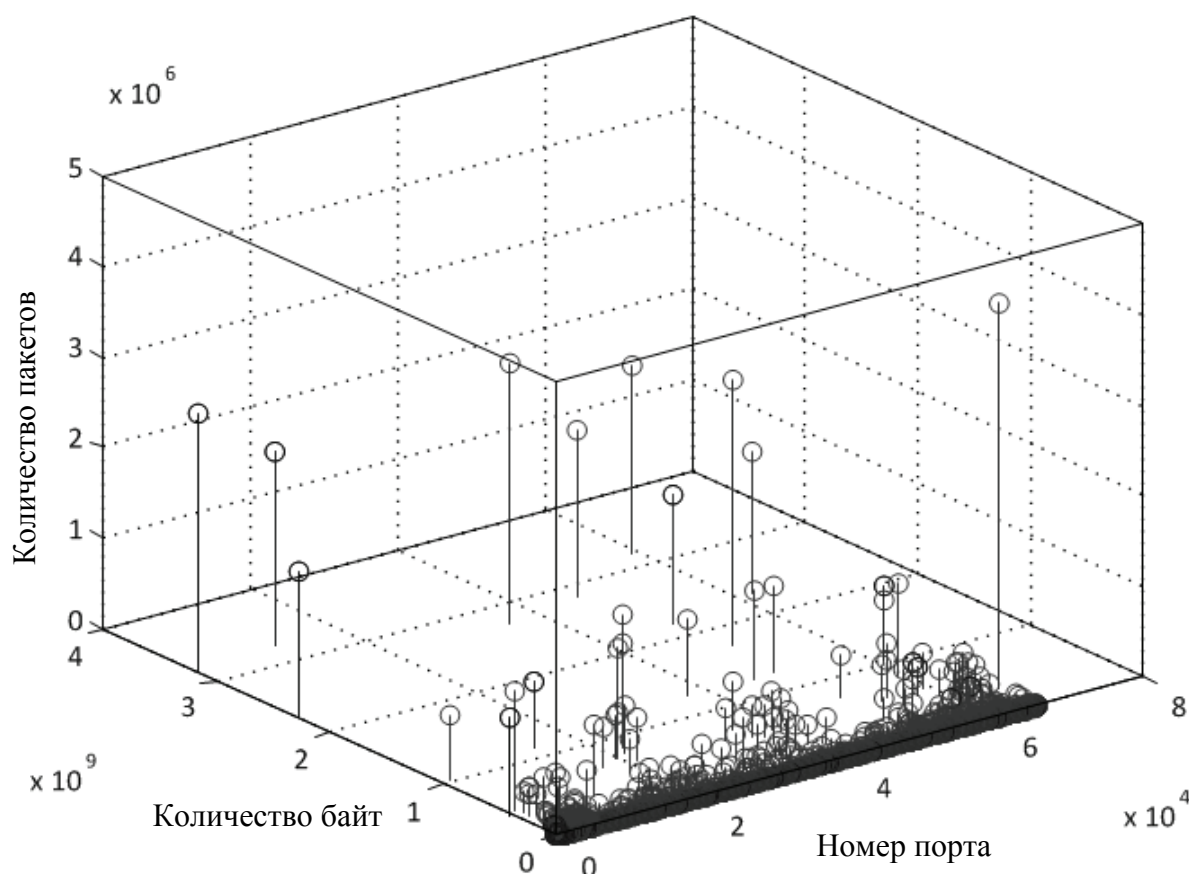


Рис. 4. Гистограмма распределения сессий трафика

Таким образом, были получены оценки информационной энтропии для каждого из указанных случаев. В первом случае энтропия с существенным наличием P2P-пакетов составила $7,09 \pm 0,45$, а для трафика с минимальным наличием P2P-пакетов $5,77 \pm 0,7$. Для второго случая, с учетом размера пакета,

энтропия трафика с существенным наличием P2P-пакетов соответствует $4,9 \pm 0,48$, для трафика с минимальным наличием P2P-пакетов $3,43 \pm 0,47$, что также подтверждает возможность использования энтропии в качестве диагностического критерия наличия P2P-трафика.

Такой диссонанс в результатах анализа информационной энтропии объясняется более частым использованием P2P-сервисами незарегистрированного диапазона портов.

С целью анализа применимости методов нелинейной динамики в задаче прогнозирования объемов трафика были проведены вычисления показателя Херста (H), в результате которых, было выяснено, что для всех дампов сетевого трафика $H > 0,5$. Таким образом, трафик является самоподобным. Однако значительного различия в значениях коэффициента H, в случаях присутствия и отсутствия P2P-пакетов, выявлено не было.

Проведен анализ прогнозирования сетевой активности методами моделирования временных рядов. В качестве моделей временных рядов были выбраны: скользящее среднее, взвешенное скользящее среднее, экспоненциальное сглаживание, двухпараметрическая модель Ч. Хольта, полиномиальная модель второго порядка и модель ARIMA. Было выяснено, что наименьшей средней абсолютной процентной ошибкой (MAPE = 13%) прогноза обладает модель ARIMA(4,1,3), но прогнозирование с помощью данной модели более чем на 2 шага значительно ухудшает показатель MAPE и приводит к увеличению стандартной ошибки прогноза (RMSE) до $(1,59 \times 10^7)$ бит/с). Значение параметра MAPE для оставшихся моделей лежат в пределах 20%, что соответствует хорошему прогнозу, а наименьшую стандартную ошибку прогноза показала модель экспоненциального сглаживания (RMSE = $1,08 \times 10^7$ бит/с). Таким образом, модель экспоненциального сглаживания имеет более высокую точность прогноза.

Исходя из задачи прогнозирования критических объемов доли трафика P2P-сервисов, необходима интеграция метода прогнозирования по интегральным характеристикам и метода сигнатурного анализа данных.

Результатом главы является вывод о том, что использование разработанного алгоритма на основе интеграции методов статистического анализа, анализа энтропии и прогнозирования временных рядов с методом сигнатурного анализа позволяет снизить среднюю абсолютную ошибку прогноза, параллельно проводить мониторинг и прогнозирование объемов трафика в канале передачи данных в реальном масштабе времени. Из изложенного результата второй главы следует второе защищаемое положение.

В третьей главе представлен механизм управления P2P-трафиком и разработанная на его основе система, а также результаты экспериментальной апробации полученной системы.

Был проведен сравнительный анализ методов обработки информации. Предварительно было собрано 4058 дампов трафика магистрального канала сервис-провайдера городского уровня ООО «ЛСТ» в период с 1.12.2009 по 31.12.2010. Из которых было выбрано 400 дампов, содержащих P2P-трафик, и такое же количество дампов с минимальным количеством P2P-трафика. Наличие P2P-трафика определялось сигнатурным методом.

Статистический анализ основывался на изучении времени распределения межкадровых интервалов. Трафик классифицировался как P2P-трафик, в случае, если параметр, отвечающий за угол наклона аппроксимирующей функции, был меньше -3×10^{-3} . Размер каждой выборки составил 1000000 пакетов.

Для анализа информационной энтропии в качестве параметров выбирались номера портов и размер передаваемого пакета. Трафик классифицировался как P2P-трафик при значении энтропии больше 4.

Моделирование временных рядов проводилось на основе модели экспоненциального сглаживания:

$$\hat{Y}_{n+1} = \alpha \cdot Y_n + (1 - \alpha) \hat{Y}_n, \quad (2)$$

где $\alpha = 0,21$ – коэффициент, полученный экспериментальным путем, значение которого наиболее часто встречалось в рассмотренных временных рядах.

Длина выборки соответствовала 5000 значениям интенсивности трафика данных с усредняемым по 10мс временным интервалом. Трафик классифицировался как P2P-трафик при выходе прогнозного значения за доверительный интервал, равный 70% от пропускной способности канала.

Эффективность обнаружения P2P-трафика в зависимости от метода анализа оценивалась на основе следующих критериев:

1. Надежность детектирования (отношение правильно обнаруженных P2P-профилей трафика к общему числу профилей трафика).
2. Величина ошибки первого рода (отношение числа пропущенных P2P-профилей к общему числу профилей трафика).
3. Величина ошибки второго рода (отношение числа ложно выявленных P2P-профилей к общему числу профилей трафика).

Результаты сравнительного анализа выявления P2P-трафика представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Оценка эффективности выявления P2P-трафика в зависимости от метода

Метод анализа	Эффективность выявления P2P-потока (%)		
	Надежность	Ошибка 1 рода	Ошибка 2 рода
Анализ межкадровых интервалов	15	60	100
Анализ энтропии	60	75	30
Моделирование временных рядов	60	65	20

На основании полученных результатов можно выделить метод моделирования временных рядов, тем более что данный метод показал наименьшее время при обработке информации. Таким образом, прогнозирование с помощью метода экспоненциального сглаживания позволяет своевременно предупредить о возникшей сетевой активности, а сигнатурный анализ пакета Bittorrent Handshake позволяет определить порты, участвующие в обмене файлов между клиентами распределенной системы. Отсюда следует, что объединение метода моделирования временных рядов

с сигнатурным анализом пакетов позволяет принимать решения о необходимости осуществить управляющее воздействие на идентифицированные потоки трафика P2P-сервисов и, как следствие, предотвратить перегрузку транзитных узлов высокоскоростного канала.

Синтез двух методов лег в основу механизма, на основе которого разработана система управления пиковой скоростью передачи информации в высокоскоростных сетях передачи данных (рис. 5).

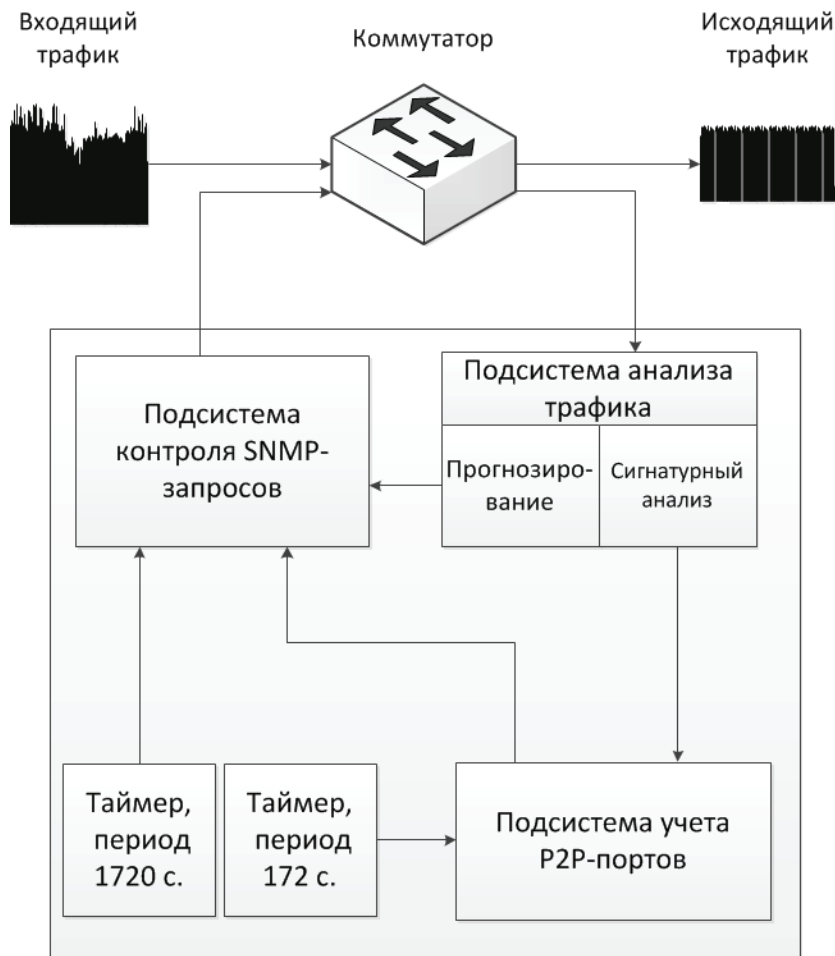


Рис. 5. Модель системы адаптивного управления P2P-трафиком

Система состоит из четырех основных модулей, связанных функциональной средой. Подсистема анализа трафика производит анализ входящего трафика, идентифицируя из всего потока пакеты Bittorrent Handshake, извлекая из пакета, а затем помещая в подсистему учета P2P-портов номера портов транспортного уровня. Одновременно производится прогнозирование сетевой активности, и в случае выхода прогнозного

значения за доверительный интервал, подсистема контроля SNMP-запросов формирует запрос к коммутатору с предложением уменьшить скорость на портах, расположенных в подсистеме учета P2P-портов. При формировании каждого запроса таймером учитывается время поступления информации о портах в подсистему учета P2P-портов. После каждых 1720 с. подсистема контроля SNMP-запросов анигилирует запрос с соответствующими портами, а подсистема учета P2P-портов удаляет записи о портах в порядке их поступления из очереди каждые 172 с.

Для расчета времени, применяемого в таймере, использовалась, полученная экспериментальным путем, статистика о размерах наиболее часто скачиваемых файлов пользователями сети через протокол BitTorrent. Обнаружено, что средний объем такого файла составляет 2,15 Гбайт (рис. 6), соответственно, время на обмен файла между двумя пользователями сети составляет приблизительно 172 с., при условии, что скорость сетевых интерфейсов пользователей сети не превышает 100 Мбит/с. В случае же уменьшения скорости в 10 раз, относительно пропускной способности порта абонента, расчетное время составляет 1720 с.

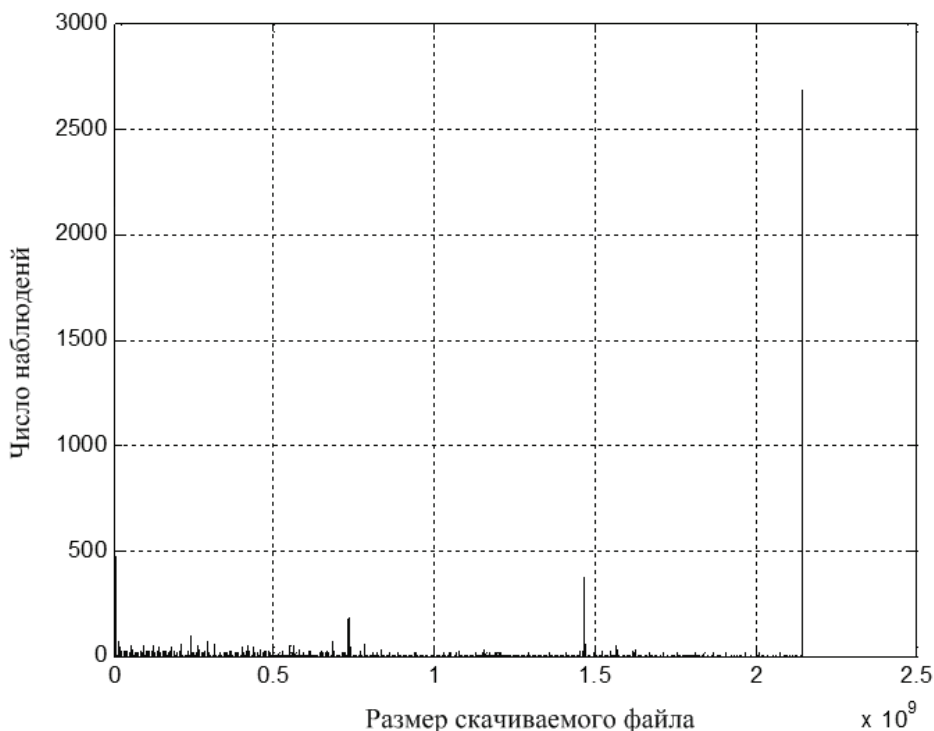


Рис. 6. Гистограмма распределения объемов скачиваемых файлов

Таким образом, определена максимальная величина времени ограничения (1720 с.) пропускной способности канала для Р2Р-трафика, обеспечивающая снижение пиковых нагрузок в магистральных сетях провайдера услуг связи без существенного влияния на качество предоставления услуг конечному пользователю.

На основе предложенной модели разработана ее программная реализация – специализированное программное обеспечение «Трафик-Р2Р». Опытные испытания программного комплекса проводились в условиях стандартной эксплуатации магистрального канала. Результаты испытаний свидетельствуют, что применение в составе коммутационной структуры систем адаптивного управления информационными потоками обеспечивает необходимое качество функционирования сети, оперативную реакцию на малоинерционные ситуации в реальном масштабе времени.

Таблица 2 – Показатель надежности системы

	Коэффициент потерь пакетов
До внедрения	$1,73 \times 10^{-4}$
После внедрения	$1,12 \times 10^{-4}$

Производственная эксплуатация комплекса «Трафик-Р2Р» производится на магистрали сервис-провайдера городского уровня (ООО «ЛСТ», г. Дубна, начиная с 01.09.2010 по настоящее время).

Результатом третьей главы является вывод о том, что разработанный механизм адаптивного управления неоднородным трафиком позволяет снизить степень неопределенности в системе передачи данных, существенно снизить коэффициент потерь пакетов и в итоге повысить качество передачи мультимедийных данных. Результат этой главы является третьим защищаемым положением.

В заключении сформулированы основные результаты работы, которые состоят в следующем:

1. Разработан метод получения профилей сетевого трафика высокоскоростного канала.
2. Проведена оценка применимости статистических методов анализа трафика на основе анализа межкадровых интервалов, методов моделирования временных рядов и расчета информационной энтропии, показавшая применимости данных методов в задаче определения активности P2P-приложений в сети масштаба города.
3. Проведен сравнительный анализ методов моделирования временных рядов скользящего среднего, взвешенного скользящего среднего, экспоненциального сглаживания, двухпараметрической модели Ч. Хольта, полиномиальной модели второго порядка и модели ARIMA для прогнозирования сетевого трафика, содержащего P2P-потоки.
4. Разработан алгоритм, основанный на синтезе двух методов сигнатурного анализа данных и моделирования временных рядов на основе экспоненциального сглаживания, позволяющий снизить среднюю абсолютную ошибку прогноза и одновременно проводить мониторинг и прогнозирование загрузки канала передачи данных.
5. Разработан механизм адаптивного управления P2P-поток, позволяет существенно снизить пиковую скорость, что гарантирует отсутствие потерь пакетов в магистральной части сети оператора.
6. Получено экспериментальное подтверждение эффективности разработанной системы управления трафиком, на основе механизма адаптивного управления P2P-трафиком.

Публикации по теме диссертации

1. Крюков Ю.А., Чернягин Д.В. Мониторинг сетевого трафика с регистрацией аномальных событий на основе ГИС-технологий. // Геоинформатика, – №2, 2009, с. 19-25.

2. Крюков Ю.А., Чернягин Д.В. Метод сбора данных о текущих характеристиках в высокоскоростных каналах пакетной передачи данных // Системный анализ в науке и образовании. Электронное научное издание. ISSN: 2071-9612. 2009, №3. 11 с. URL: <http://sanse.ru/download/33>.
3. Крюков Ю.А., Чернягин Д.В. Исследование влияния P2P потоков на производительность магистрального канала сети «ЛанПолис» // Системный анализ в науке и образовании. Электронное научное издание. ISSN: 2071-9612. 2009, № 4. 8 с. URL: <http://sanse.ru/archive/14>.
4. Чернягин Д.В. Исследование статистических характеристик в высокоскоростных сегментах сети массового обслуживания // Научно-техническая конференция «Информационные системы и технологии 2009». Труды конференции. Обнинск, 2009, ИАТЭ. 5 – мая, с. 31-33.
5. Чернягин Д.В., Крюков Ю.А. Исследование самоподобия трафика высокоскоростного канала передачи пакетных данных // III Международная научная конференция «Современные проблемы информатизации в системах моделирования, программирования и телекоммуникациях». Электронный ресурс. Труды конференции. Москва, 2009. 8 с. URL: <http://econf.rae.ru/article/4819>.
6. Гребенников А.В., Крюков Ю.А., Чернягин Д.В. Моделирование сетевого трафика и прогнозирование с помощью модели ARIMA // Системный анализ в науке и образовании. Электронное научное издание. ISSN: 2071-9612. 2011, №1. 11 с. URL: <http://www.sanse.ru/archive/19>.
7. Крюков Ю.А., Чернягин Д.В. ARIMA – модель прогнозирования значений трафика // Информационные технологии и вычислительные системы. 2011. № 2. с. 41-49.
8. Гребенников А.В., Крюков Ю.А., Чернягин Д.В. Прогнозирование значений трафика данных с использованием временных рядов // Системный анализ в науке и образовании. Электронное научное издание. ISSN: 2071-9612. 2011. №3. 10 с. URL: <http://www.sanse.ru/archive/21>.

Подписано в печать 14.11.2011 г. Заказ № 32. Тираж 100 экз.
Отпечатано во ВНИИгеосистем – 117105, Москва, Варшавское шоссе, д. 8.

