

На правах рукописи

ШАРОЙКО ОЛЕГ ВЛАДИМИРОВИЧ

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА УЧЕТА И ДИНАМИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ
УРОВНЯ ЗАГРУЗКИ РЕСУРСОВ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

05.13.11 – математическое и программное обеспечение вычислительных
машин, комплексов и компьютерных сетей

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Ростов-на-Дону – 2006

Работа выполнена на кафедре информатики и вычислительного эксперимента механико-математического факультета и в Южно-Российском региональном центре информатизации Ростовского государственного университета.

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент
Букатов Александр Алексеевич

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Божич Владимир Иванович

кандидат технических наук, профессор
Иванченко Александр Николаевич

Ведущая организация: Федеральное государственное научное учреждение «Государственный научно-исследовательский институт информационных технологий и телекоммуникаций»

Защита состоится « ____ » _____ 2006 г. в ____ часов на заседании диссертационного совета К.212.208.04 по физико-математическим и техническим наукам в Ростовском государственном университете по адресу: 344090, г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки, 200/1, корпус 2, ЮГИНФО РГУ, к. 206.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке РГУ по адресу: г. Ростов-на-Дону, ул. Пушкинская, 148.

Автореферат разослан « ____ » _____ 2006 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат физико-математических наук

Муратова Г.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Телекоммуникации давно вошли в современную науку и образование и прочно заняли там свое место. Использование ресурсов сети Интернет в процессе обучения уже является принципиально необходимым средством, а научные исследования просто невозможно себе представить без анализа последних публикаций из электронных библиотек, обращения к мощным базам данных и обмена информацией с коллегами из других стран. Потребность в обеспечении науки и образования телекоммуникациями естественным образом привела к развитию научно-образовательных телекоммуникационных сетей (НОТС).

Для обеспечения эффективной работы каждой телекоммуникационной сети, в том числе и НОТС, большое значение имеет решение двух задач: задачи мониторинга того, как распределяются ресурсы сети между потребителями, и задачи управления этим распределением. Для решения первой задачи применяется специализированное программное обеспечение (ПО), ведущее учет распределения сетевых ресурсов, а для решения второй – специальные алгоритмы, реализуемые в ПО компьютеров, подключенных к сети, и в активных сетевых устройствах. Задача ведения учета того, как распределяются телекоммуникационные ресурсы в компьютерных сетях, исторически возникла первой и проблемам построения систем, решающих ее посвящено достаточно много работ. Среди ученых, занимавшихся данной проблематикой можно перечислить Н.Браунли, К.Клаффи, Д.Крюкова, М.Фоменкову, Б.С.Гольдштейна, А.Б.Гольдштейна. Задача управления распределением телекоммуникационных ресурсов в компьютерных сетях и, прежде всего, задача управления распределением пропускной способности каналов передачи данных между абонентами в последние годы приобрела особую важность в связи с активным ростом области применения компьютерных телекоммуникаций. Исследованиям в этой сфере посвящены работы С.Флойда, В.Якобсона, С.Шенкера, и других ученых.

Как показано в главе 1 диссертации, ни одно существующее средство учета использования телекоммуникационных ресурсов не удовлетворяет полному набору требований, предъявляемых к средствам учета использования ресурсов НОТС. В первую очередь к таким требованиям относится требование высокой степени открытости этих средств для обеспечения необходимого взаимодействия этих средств со средствами управления распределением ресурсов. Другими важными требованиями являются всестороннее и целостное решение задачи учета, возможность работы средств на всех программно-аппаратных платформах, используемых в качестве маршрутизаторов НОТС и относительно невысокая стоимость, доступная научно-образовательным организациям.

Существующие средства управления распределением коммуникационных ресурсов (емкости каналов) представлены в основном не конкретными программными решениями, а технологиями и протоколами резервирования канала с определенными параметрами качества сетевого обслуживания (QoS – Quality of Service). Среди основных средств данной категории следует отметить механизм формирования заданной формы трафика – TrafficShaper, архитектуру Integrated Services и протокол RSVP, архитектуру Differentiated Services, а также механизмы управления распределением телекоммуникационных ресурсов тех-

нологии MPLS. Кроме того, среди технологий, обладающих возможностями обеспечения QoS, следует также упомянуть технологии передачи данных АТМ и FrameRelay, которые, однако, в настоящее время по объективным причинам утратили свою популярность и применяются весьма редко. К сожалению, ни один из указанных механизмов не позволяет в полной мере решить задачу управления распределением телекоммуникационных ресурсов НОТС. Спектр доступных решений крайне мал, а каждое из них решает лишь часть задачи распределения телекоммуникационных ресурсов региональной НОТС в ее полной постановке. В частности, нет решений, которые бы одновременно позволяли и учитывать при распределении ресурсов особенности микропотоков и управлять распределением ресурсов в пограничных каналах сети. Между тем, и то и другое является необходимой частью рассматриваемой задачи распределения ресурсов.

Таким образом, актуальным является создание открытых систем для ведения учета того, как распределяются телекоммуникационные ресурсы сети между потребителями, и для управления этим распределением. Система учета должна обеспечивать возможность получения всех отчетов, необходимых администрации сети, и должна легко интегрироваться с другими программными системами. Система управления распределением телекоммуникационных ресурсов должна позволять администрации сети реализовывать различные политики распределения ресурсов между потребителями. Такие политики могут предусматривать резервирование ресурсов, установку индивидуальных параметров для отдельных микропотоков, установку верхних пределов на доступные потребителю ресурсы и динамическое перераспределение свободных ресурсов между активными потребителями в соответствии с их приоритетами.

Цель диссертационной работы заключается в разработке открытой системы ведения учета распределения телекоммуникационных ресурсов НОТС и системы управления этим распределением на основе заданной администратором сети политики. Поставленная цель достигается решением следующих задач:

1. На основе требований к системам учета и управления распределением телекоммуникационных ресурсов провести анализ существующих средств учета и управления распределением, выявить их достоинства и недостатки.
2. Провести анализ известных методов ведения учета и механизмов управления распределением телекоммуникационных ресурсов.
3. Разработать методы и алгоритмы ведения учета, алгоритмы распределения и механизмы управления распределением телекоммуникационных ресурсов.
4. Разработать открытые архитектуры систем учета и управления распределением телекоммуникационных ресурсов.
5. Выполнить реализацию системы учета и системы управления распределением телекоммуникационных ресурсов.
6. На основе исследования характеристик функционирования разработанных средств показать их эффективность.

Научная новизна работы определяется следующими основными результатами, полученными в ходе исследования:

1. Открытая архитектура распределенной системы учета использования телекоммуникационных ресурсов НОТС.
2. Открытая архитектура и объектно-ориентированная технология гибкой мультиконвейерной обработки потока информации.
3. Адаптивный метод управления распределением пропускной способности, основанный на настраиваемой политике распределения и динамическом учете текущего уровня загрузки.
4. Алгоритм вычисления ограничений пропускной способности для метода управления распределением пропускной способности.
5. Модульная архитектура системы управления распределением пропускной способности телекоммуникационных каналов.

Практическая значимость работы. Практическую значимость работы представляют разработанные система учета использования телекоммуникационных ресурсов и система управления распределением телекоммуникационных ресурсов.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 19 печатных работ, включая 2 свидетельства об официальной регистрации программы для ЭВМ, 2 статьи в журналах, рекомендованных ВАК для публикации результатов диссертаций, 5 статей в других изданиях центральной печати и 10 тезисов в сборниках тезисов международных и всероссийских конференций.

Апробация результатов работы. Результаты работы докладывались и обсуждались на следующих научно-практических конференциях: Международная научно-методическая конференция «Телематика'2001», г. С.-Петербург, 2001 г.; VIII конференция представителей региональных научно-образовательных сетей «Relarn-2001», г. Петрозаводск, 2001 г.; Всероссийская научно-методическая конференция «Телематика'2002», г. Санкт-Петербург, 2002 г.; IX конференция «Relarn-2002», г. Нижний Новгород, 2002 г.; Всероссийская конференция «Научный сервис в сети Интернет», г. Новороссийск, 2002 г.; Всероссийская научно-методическая конференция «Телематика'2003», г. Санкт-Петербург, 2003 г.; Научно-методическая конференция «Современные информационные технологии в образовании: Южный федеральный округ», г. Ростов-на-Дону, 2003 г.; Международная научно-технической конференция «Интеллектуальные и многопроцессорные системы – ИМС'2003», 2003 г.; III республиканская научно-практическая конференция «Информационные и телекоммуникационные системы: сетевые технологии», г. Махачкала, 2004 г.

Реализация работы и внедрение результатов. Результаты работы использовались при выполнении и составили существенную часть результатов следующих НИР: проект № В.0011 ФЦП «Интеграция» № гос. регистрации 01.200.118684, проект № 4.3.3.(000)274.55 НТП Минобразования РФ № гос. регистрации 01.200.118683, проект № 423 программы Минобразования РФ № гос. регистрации 01.200.118681, грант РФФИ № 03-07-90365. Результаты работы внедрены в опытную эксплуатацию в ЮГИНФО РГУ для решения задач учета и распределения телекоммуникационных ресурсов в компьютерной сети РГУ, составляющей основу НОТС Южного федерального округа РФ.

Структура и объем. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и пяти приложений. Основной текст диссертации содержит 162 страницы, 14 рисунков и 2 таблицы. Список литературы насчитывает 143 наименования.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.

Во введении показана актуальность тематики работы, научная и практическая ценность. Сформулирована цель диссертационной работы, определен круг решаемых задач, приведено описание структуры работы.

В первой главе проводится анализ задач ведения учета и управления распределением телекоммуникационных ресурсов в региональных НОТС. Выполняется анализ типовой структуры региональной НОТС, исследуются особенности оборудования, используемого в НОТС. Рассматриваются основные схемы тарификации услуг связи. Исследуются отличительные особенности тарификации услуг в НОТС, обусловленные тем фактом, что НОТС, в отличие от сетей коммерческих операторов, ориентируется на повышение уровня доступности вычислительных и информационных ресурсов, требуемых для научно-образовательного процесса. Проводится анализ проблем, обуславливающих актуальность задач ведения учета и управления распределением телекоммуникационных ресурсов. На основе проведенного анализа формулируются основные требования к соответствующим системам учета и управления распределением телекоммуникационных ресурсов. С учетом сформулированных требований проводится аналитический обзор существующих систем и технологий и анализ их применимости для решения задач учета загруженности и управления распределением ресурсов в НОТС.

Большое количество существующих в настоящее время систем учета можно условно разбить на три категории: системы, ориентированные на ведение учета в сетях крупных операторов связи, например программная система Internet Usage Manager (IUM); системы, ориентированные на ведение учета в сетях небольших операторов связи, например, «Профессиональная биллинговая система UTM»; свободно распространяемые системы, ориентированные на небольших потребителей услуг связи.

Применение систем первой категории для решения задачи учета в региональной НОТС оказывается затруднительным в виду того, что данные системы ориентированы на автоматизацию финансовых взаиморасчетов, работают с коммерческим ПО, обладают высокой стоимостью и в свободной печати отсутствует подробная техническая документация. Основные недостатки систем второго класса: ориентация на автоматизацию финансовых взаиморасчетов, отсутствие открытых интерфейсов для доступа к данным. Основная проблема свободно распространяемых систем учета заключается в крайне узком подходе этих систем к задаче учета и невозможности решить с их помощью задачу учета в полном объеме.

Рассматриваемые средства управления распределением телекоммуникационных ресурсов: механизм TrafficShaper, архитектура Integrated Services, архитектура Differential Services и соответствующие механизмы MPLS, по различным причинам, не позволяют решить поставленную задачу в НОТС. Основные

недостатки рассмотренных средств – это отсутствие поддержки управления микротоками (кроме IntServ) и неприменимость на пограничных каналах сети.

Во второй главе исследуются базовые принципы построения средств учета и механизмы управления интенсивностью информационных потоков в IP сетях. На основе этого исследования выполнена разработка метода решения задачи учета и метода распределения емкости в телекоммуникационном канале.

В IP сети единственным источником информации о том, какое количество данных пересылается по сети и между какими компьютерами, являются сетевые пакеты. Учет в таких сетях строится по распределенной схеме, в соответствии с которой организуются точки сбора информации, охватывающие те части сети, по которым необходимо вести учет. Точки сбора выполняют анализ сетевых пакетов и извлекают из них необходимые для ведения учета данные, которые пересылаются на центральный сервер учета, объединяющий и обобщающий данные в единую базу данных (БД) учетной информации (УИ). Важной функцией системы учета является агрегирование УИ, поступающей от точек сбора, которое позволяет существенно сократить объем учетной информации.

В разработанном методе решения задачи учета предлагается использовать информацию об адресе отправителя, адресе получателя и размере пакетов, пересылаемых по сети. Данная информация позволяет получить все требуемые от системы учета отчеты, используя тот или иной способ группировки и объединения данных.

Непосредственное управление интенсивностью информационных потоков в IP сети может осуществляться только узлами, отсылающими информацию, но предусмотрены механизмы, позволяющие получателям и промежуточным узлам воздействовать на интенсивность информационных потоков.

Для решения задачи управления распределением телекоммуникационных ресурсов в НОТС предлагается основанный на очередях с установленной максимальной скоростью передачи информации адаптивный метод распределения емкости в телекоммуникационном канале с возможностью динамического распределения свободной емкости и резервирования емкости с учетом индивидуальных особенностей работы отдельных прикладных протоколов. Основная идея метода заключается в том, чтобы для одного направления передачи данных одного телекоммуникационного канала разбить множество всех возможных информационных потоков на не пересекающиеся подмножества – классы информационных потоков (КИП), и каждому КИП назначить некоторое ограничение на доступную ему в канале полосу пропускной способности. Здесь под информационным потоком (ИП) понимается последовательность IP пакетов с фиксированными значениями полей адреса отправителя, адреса получателя, номера порта отправителя, номера порта получателя и типа протокола третьего уровня. После установки на некотором телекоммуникационном канале ограничений для всех КИП вся пропускная способность этого канала распределится между КИП в соответствии с установленными для них ограничениями.

Основное отличие предложенного метода от традиционного способа ограничения пропускной способности заключается в том, что устанавливаемые ограничения не являются постоянными во времени, а изменяются, в зависимо-

сти от того, как изменяется нагрузка на телекоммуникационный канал, создаваемая потоками различных КИП.

Главное достоинство разработанного метода заключается в том, что его можно использовать и в тех случаях, когда пропускная способность канала, ресурсы которого распределяются, превосходит суммарную потребность, создаваемую поступающей информацией. Данная особенность выгодно отличает разработанный метод от других решений, так как, позволяет применять разработанный метод и на той стороне «узкого» канала, которая находится ближе по сетевым меркам к получателю информации. Такая необходимость часто возникает для междугородних каналов региональной сети, потребность в управлении распределением емкости которых весьма велика.

В разработанном методе предусмотрена возможность резервировать некоторое количество пропускной способности канала для некоторого набора КИП. Для этого достаточно, во-первых, назначить этим КИП такие ограничения, чтобы их потоки смогли воспользоваться зарезервированной пропускной способностью, а, во-вторых, ограничить все остальные КИП так, чтобы необходимое количество пропускной способности осталось свободным. Резервирование пропускной способности может выполняться с учетом индивидуальных особенностей работы отдельных прикладных протоколов. Для обеспечения этого разработано два специальных метода резервирования пропускной способности:

- Метод независимого равного резервирования пропускной способности. Предназначен для резервирования пропускной способности равными долями между всеми активными информационными потоками некоторого КИП. Позволяет повысить эффективность работы протоколов файлового обмена, таких как потоки протоколов FTP и SCP.
- Метод резервирования на основе статистического мультиплексирования. Предназначен для повышения эффективности работы протоколов удаленного терминального доступа. Показано, что для N таких соединений достаточно зарезервировать общую полосу в канале передачи данных с пропускной способностью $V \geq (10 \cdot N + 5)$ Kbps.

В третьей главе рассматривается архитектура и реализация разработанной системы учета трафика. Система учета обеспечивает сбор и хранение учетных данных с заданной детализацией. Общая схема архитектуры системы учета представлена на рисунке 1. В состав системы входят подсистема сбора первичной информации, подсистема обработки информации (ОИ), база данных (БД) и программные интерфейсы доступа к учетной информации.

Подсистема сбора первичной информации состоит из модулей взаимодействия с сетевым оборудованием (модулей ВСО), предназначенных для получения учетных данных с сетевых устройств. В системе учета одновременно может работать несколько модулей ВСО, для сбора информации с разнотипного оборудования и для распределения нагрузки по обработке учетной информации. В составе системы реализованы модули ВСО для опроса маршрутизаторов Cisco по протоколу SNMP, для работы с маршрутизаторами на базе ПК под управлением ОС FreeBSD и для обработки пакетов NetFlow.

Подсистема ОИ сводит учетную информацию, поступающую через модули ВСО от точек сбора в БД УИ. При этом выполняются такие операции, как

преобразование формата информации, ее фильтрация и агрегация. Данная процедура должна соответствовать требованиям конкретной сети, поэтому реализован механизм, позволяющий точно подстраивать процедуру обработки информации. Для достижения необходимого уровня гибкости в подсистеме ОИ реализовано разделение функциональных блоков и описания последовательности и параметров применения этих блоков к учетным данным. Функциональные блоки вынесены в динамически подключаемые библиотеки, а описание последовательности применения и параметры блоков – в текстовый файл. Данный файл интерпретируется на этапе инициализации подсистемы ОИ и на его основе с использованием динамических библиотек функциональных блоков строится рабочая часть подсистемы ОИ, которая и выполняет обработку УИ. Такое разделение получено за счет применения в подсистеме ОИ оригинальной архитектуры мультиконвейерной обработки потока информации и технологии использования этой архитектуры. Указанные архитектура и технология были разработаны в процессе проектирования и реализации подсистемы ОИ.

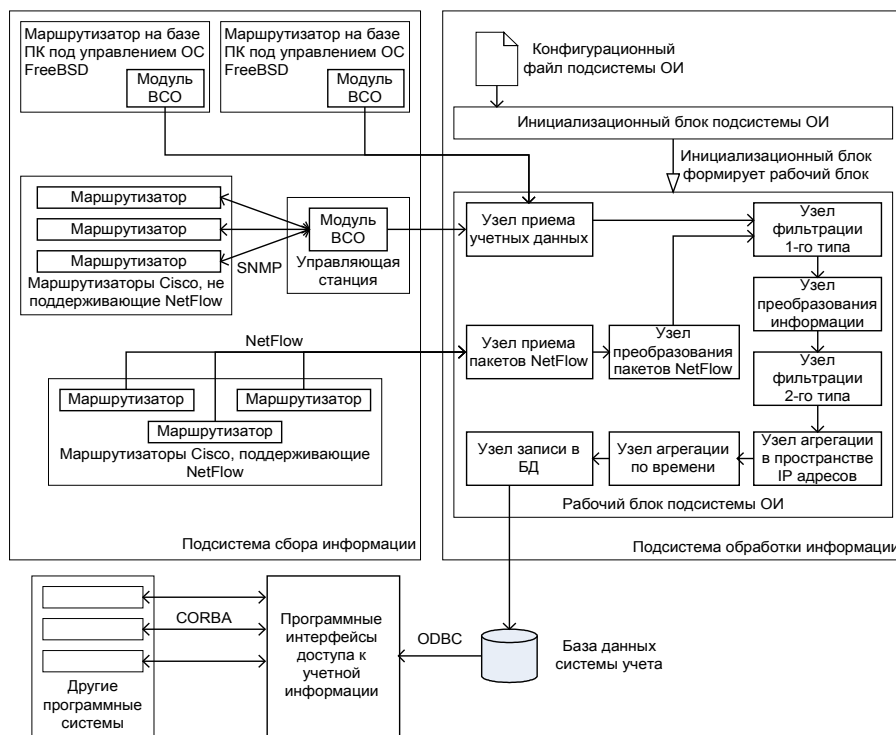


Рис. 1. Общая схема архитектуры системы учета

Функциональные блоки вынесены в динамически подключаемые библиотеки, а описание последовательности применения и параметры блоков – в текстовый файл. Данный файл интерпретируется на этапе инициализации подсистемы ОИ и на его основе с использованием динамических библиотек функциональных блоков строится рабочая часть подсистемы ОИ, которая и выполняет обработку УИ. Такое разделение получено за счет применения в подсистеме ОИ оригинальной архитектуры мультиконвейерной обработки потока информации и технологии использования этой архитектуры. Указанные архитектура и технология были разработаны в процессе проектирования и реализации подсистемы ОИ.

Основная идея разработанной архитектуры, заключается в том, чтобы представить процесс обработки информации как процесс продвижения этой информации по некоторому ориентированному графу обработки информации (графу ОИ). Продвижение информации по графу выполняется по его дугам, а с каждой вершиной сопоставлен некоторый набор действий. Набор действий, сопоставленных вершине, выполняется над информацией, проходящей через эту вершину в момент прохождения информации через нее. Такой набор действий реализует какую-либо одну операцию по обработке данных и эта операция должна быть атомарной в контексте того программного средства, для построения которого применяется описываемая архитектура.

В разработанной архитектуре вершина с сопоставленным ей набором действий называется узлом графа ОИ. В состав каждого узла входят интерфейсные элементы, называемые слотами, используемые для организации связей между узлами. Слоты являются однонаправленными и типизированными. Связи могут организовываться по принципам один к одному, один ко многим, многие к одному и многие ко многим. Узлы могут получать информацию извне графа –

точки входа информации в граф, и могут выполнять передачу информации наружу графа – точки выхода информации из графа.

Разработана технология построения программных средств с применением архитектуры мультиконвейерной обработки потока информации. Технология является объектно-ориентированной, ее компоненты реализованы на языке C++ и собраны в отдельную библиотеку. Разработанная технология может быть использована при разработке достаточно широкого спектра программных средств.

Подсистема ОИ разработана в соответствии с архитектурой мультиконвейерной обработки потока информации. При создании подсистемы ОИ использована рассмотренная выше технология применения такой архитектуры. Подсистема ОИ выполнена в виде серверного процесса ОС UNIX и набора динамических библиотек. После запуска серверный процесс выполняет чтение конфигурационного файла, построение графа ОИ, и переходит к процессу обработки информации. Для построения подсистемы ОИ реализованы узлы для приема информации от модулей ВСО, для преобразования формата учетной информации, для фильтрации, агрегации и сохранения учетных данных в БД.

Построенную таким образом подсистему ОИ отличает высокая степень гибкости. Для незначительного изменения процесса обработки, выполняемой подсистемой ОИ, достаточно модифицировать параметры конфигурационного файла. Если же требуется внести в процедуру обработки существенные изменения, то имеется возможность достаточно легко добавить новые, а также, убрать или заменить существующие узлы обработки.

БД УИ предназначена для достаточно продолжительного хранения учетной информации и представляет собой плоскую таблицу, записи которой содержат информацию о том, как были загружены телекоммуникационные ресурсы сети тем или иным потребителем в течение некоторого времени. Для взаимодействия с БД используется открытый протокол ODBC. Формат записи базы данных предполагает сохранение идентификатора временного интервала (время начала интервала), идентификатора рабочего места (IP адрес), идентификатора телекоммуникационного канала и количества байт, прошедших по данному каналу к или от данного рабочего места. Запись информации в БД выполняется специальным узлом графа ОИ.

Программные интерфейсы доступа к УИ обеспечивают возможность доступа к данным, собираемым и сохраняемым средствами учета из различных программных пакетов. Разработанные и реализованные программные интерфейсы ориентированы на выполнение запросов, требующих обработки значительных объемов информации за некоторый период времени. И, хотя запросы информации о последних нескольких минутах, поддерживаются в полном объеме, однако, при этом возрастает доля накладных расходов в общем времени выполнения запроса. Поэтому предполагается, что в тех случаях, когда необходим частый оперативный доступ к текущей информации, приложения будут предоставлять собственные узлы для встраивания их в граф ОИ подсистемы ОИ. Программные интерфейсы доступа реализованы в виде CORBA-объекта, методы которого позволяют запрашивать учетную информацию.

Система учета трафика оснащена простейшими интерфейсными средствами, позволяющими получать наиболее востребованные отчеты о количестве информации, прошедшей через сеть. Функции этих средств сводятся к выполнению некоторого запроса к БД УИ и представлению ответа в той или иной визуальной форме. Для доступа к учетной информации интерфейсные компоненты используют программные интерфейсы системы учета.

В четвертой главе рассматривается система управления распределением телекоммуникационных ресурсов сети, основанная на адаптивном методе распределения емкости в телекоммуникационном канале с возможностью резервирования и динамического распределения свободной емкости, который рассматривается в главе 2 диссертации. Схема архитектуры системы управления распределением телекоммуникационных ресурсов сети представлена на рисунке 2.

Система состоит из модуля мониторинга текущего распределения телекоммуникационных ресурсов, модуля мониторинга микропотоков, внутренней БД, модуля вычисления ограничений, модулей резервирования и модулей управления маршрутизаторами. В состав системы также входит конфигурационный файл, хранящий параметры работы системы.

В конфигурационном файле содержатся описания телекоммуникационных каналов и описания КИП, задающие политику распределения ресурсов. Конфигурационный файл является обычным текстовым файлом и настраивается администратором системы.

Определение множества ИП, формирующих КИП, осуществляется с помощью механизма списков доступа (СД). СД – это упорядоченная последовательность правил. Каждое правило в СД состоит из фильтра и признака включения или исключения ИП, соответствующих данному фильтру, во множество потоков, описываемое СД. Для проверки некоторого ИП на принадлежность какому-либо КИП производится последовательный просмотр правил СД, определяющего данный КИП. Для каждого правила выполняется проверка, соответствует ли исследуемый ИП фильтру правила. Если соответствует, то на основании значения признака включения или исключения, принимается решение о том, принадлежит ли данный ИП данному КИП или нет.

Модуль мониторинга текущего распределения телекоммуникационных ресурсов предназначен для определения того, как распределялись телекоммуникационные ресурсы между КИП в течение последнего интервала измерения. Модуль выполнен в виде двух узлов подсистемы ОИ системы учета, которые выделяют необходимую информацию и помещают ее во внутреннюю БД.

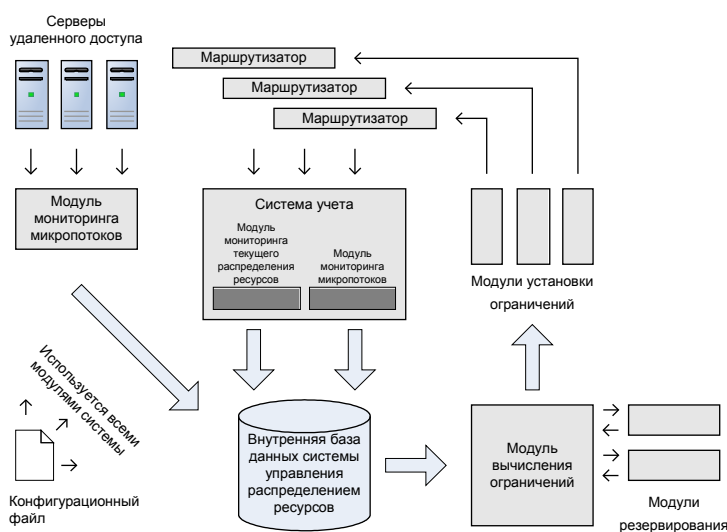


Рис. 2 Архитектура системы управления распределением телекоммуникационных ресурсов

Задача модулей мониторинга микропотоков – обнаруживать микропотоки, особенности которых могут быть учтены системой управления, и помещать информацию об обнаруженных микропотоках во внутреннюю БД системы управления. Под микропотоком понимается информация, пересылаемая от одной программы к некоторой другой программе, что в IP сетях соответствует множеству пакетов с фиксированными значениями полей IP адреса отправителя, номера порта отправителя и IP адреса и номера порта получателя. Разработано два метода мониторинга микропотоков: на выделенных серверах удаленного доступа и на основе анализа информации, проходящей через подсистему ОИ системы учета. Первый метод выполнен в виде агентов, выполняющих мониторинг микропотоков и сервера, на который агенты передают данные. Метод мониторинга, основанный на анализе информации, проходящей через подсистему ОИ, выполнен в виде трех узлов графа: узел выделения информации о микропотоках, узел мониторинга микропотоков и узел записи информации о микропотоках во внутреннюю БД системы управления.

Внутренняя БД системы управления предназначена для хранения информации о текущем распределении нагрузки на телекоммуникационные каналы и для хранения данных об активных микропотоках. Через внутреннюю БД системы управления осуществляется передача информации от модулей мониторинга в модуль вычисления ограничений. В качестве внутренней БД в системе управления используются таблицы в формате Berkeley DB.

Модуль вычисления ограничений рассчитывает значения ограничений и выдает модулям управления маршрутизаторами команды на установку этих ограничений. Для реализации метода распределения емкости в телекоммуникационном канале разработан алгоритм вычисления ограничений. На вход алгоритма поступает набор определений КИП, параметры КИП, определяющие политику распределения телекоммуникационных ресурсов, информация о текущем уровне потребления ресурсов каждым из КИП и информация об активных микропотоках, входящих в КИП.

Вычисление ограничений производится независимо для каждого канала. Блок-схема алгоритма вычисления ограничений представлена на рисунке 3. Обработка осуществляется в два этапа: на первом выполняется обработка, связанная с резервированием, а на втором – непосредственное вычисление ограничений. Резервирование выполняется путем установки таких ограничений, что резервируемая емкость оказывается доступна только тому КИП, для которого она резервируется и никакому другому.

При непосредственном расчете ограничений сначала каждому КИП выделяется пропускная способность в пределах минимально-необходимой этому КИП емкости. КИП, потоки которых используют меньше минимальной емкости, из дальнейшего рассмотрения исключаются. Для оставшихся КИП выполняется распределение оставшейся в канале емкости на основе назначенных администратором системы весов.

В модуле вычисления ограничений на языке программирования C++ реализован приведенный на рисунке 3 алгоритм. Для вычисления емкости, которая должна быть зарезервирована, модуль вычисления ограничений подгружает ту или иную библиотеку, соответствующую необходимому методу резерви-

рования. Разработаны библиотеки, реализующие метод «простого» резервирования, независимого равного резервирования и резервирования с использованием статистического мультиплексирования. «Простое» резервирование предусматривает резервирование в канале некоторой полосы пропускной способности. Метод независимого равного резервирования позволяет резервировать в канале равные полосы пропускной способности для каждого микротока, входящего в КИП.

Метод резервирования с использованием статистического мультиплексирования позволяет резервировать пропускную способность в соответствии с математической моделью, называемой очередью M/M/1. Резервируемая емкость вычисляется по формуле $V = N\lambda\alpha + \alpha/\tau$, где V – это резервируемая пропускная способность (бит в секунду), N – количество микротоков, λ – средний темп поступления пакетов (пакетов в секунду), α – средняя длина пакетов (биты), а τ – максимально-допустимая задержка (секунды). Параметры λ , α и τ указываются в конфигурационном файле системы. Если данные параметры не указаны, то используются значения по-умолчанию $\lambda=20$, $\alpha=512$ и $\tau=0,1$, которые соответствуют резервированию для потоков интерактивной работы.

Задача модулей управления маршрутизатором – установка на маршрутизаторе ограничений, полученных в результате работы модуля вычисления ограничений. Единообразных для всех типов маршрутизаторов средств управления ограничением пропускной способности не существует. По этой причине модули управления маршрутизаторами реализованы в виде динамических библиотек для различных типов маршрутизаторов. К настоящему моменту реализован модуль управления маршрутизаторами Cisco Systems, работающими под управлением сетевой операционной системы Cisco IOS.

В процессе разработки система управления подвергалась постоянному тестированию. Первые тесты были выполнены

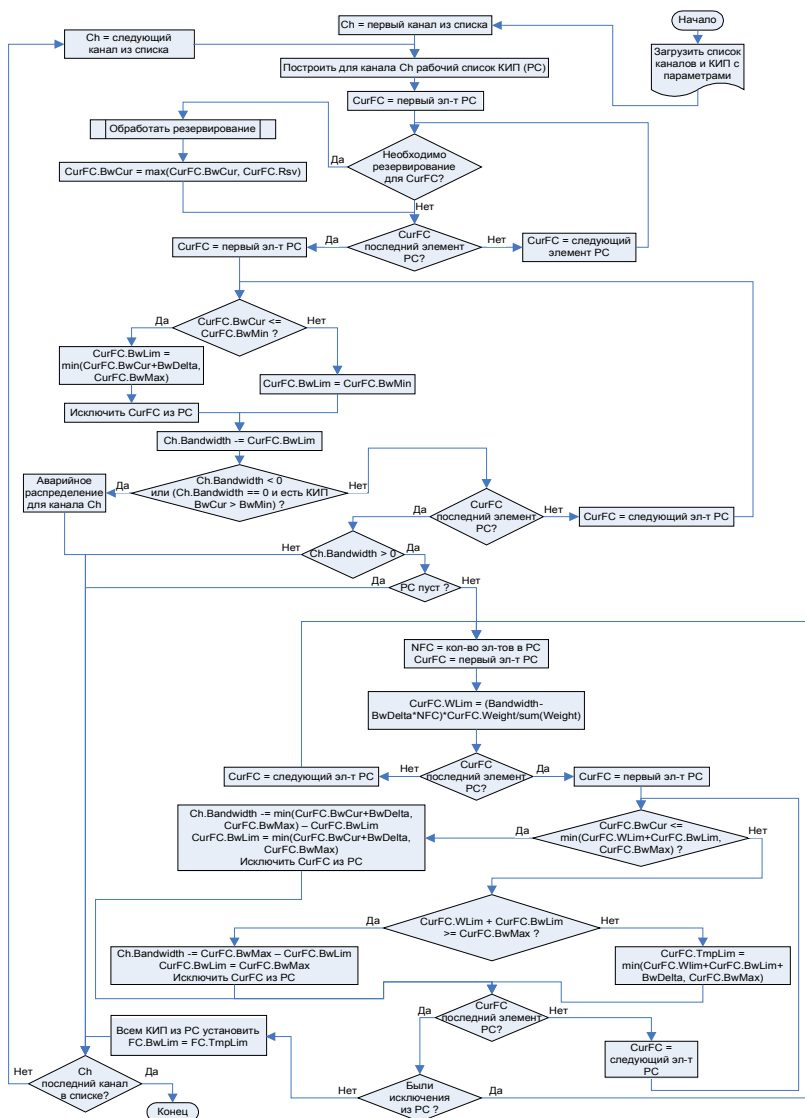


Рис. 3 Блок-схема алгоритма вычисления ограничений

вручную на еще не реализованном программно алгоритме. Первые же испытания показали правильную работу алгоритма, а дальнейшие – неоднократно подтверждали правильную работу всей системы управления.

Анализ функционирования системы управления распределением телекоммуникационных ресурсов сети заключался в исследовании того, как распределялись ресурсы сети между потребителями при выключенной системе управления, и как менялось это распределение при включении анализируемой системы. Для исследования распределения телекоммуникационных ресурсов сети между потребителями применялась система учета, также разработанная в рамках настоящей работы и рассмотренная в главе 3 диссертации.

Проводился анализ функционирования системы управления во всех основных режимах ее работы:

- распределение емкости канала передачи данных в пределах установленных администратором для КИП минимальных ограничений;
- динамическое распределение свободной емкости канала передачи данных в соответствии с весами, назначенными администратором для КИП;
- ограничение пропускной способности, максимально доступной КИП;
- выполнение «простого» резервирования пропускной способности для КИП;
- выполнение независимого равного резервирования пропускной способности для микропотоков КИП;
- выполнение резервирования с применением статистического мультиплексирования.

Тесты проводились на каналах НОТС Ростовской области и Южного федерального округа РФ.

На рисунке 4 представлен график, построенный по данным, собранным во время одного из испытаний системы управления. В данном случае исследовалась работа модуля резервирования с использованием статистического мультиплексирования. Как можно видеть на графике, открытие сеансов удаленной интерактивной работы приводило к тому, что при вычислении новых значений ограничений создавался резерв для терминальных соединений, позволивший обеспечить достаточное качество работы интерактивных сессий. После закры-

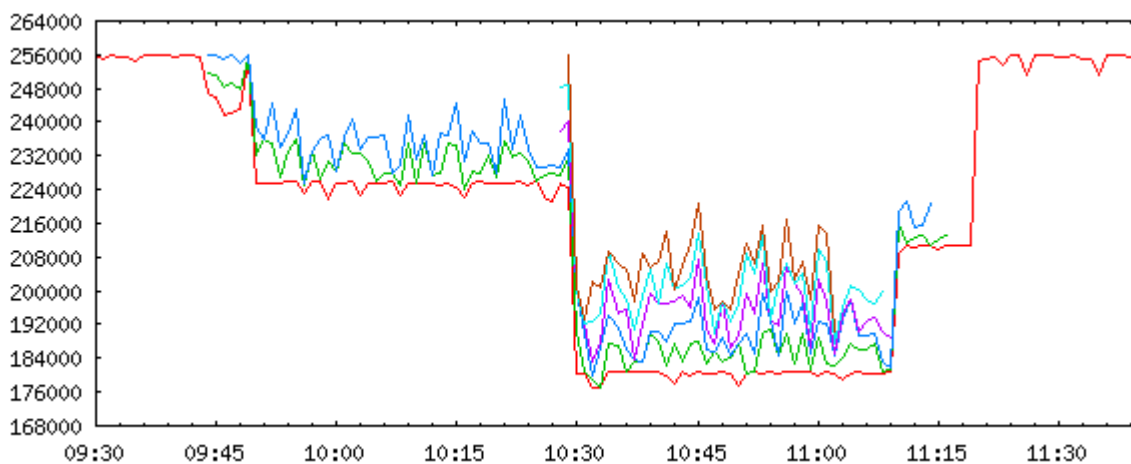


Рис. 4 Загруженность канала при включенном модуле резервирования с использованием статистического мультиплексирования.

тия этих соединений зарезервированная пропускная способности предоставлялась другим потокам.

В заключении изложены выводы по основным результатам диссертационной работы.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ.

1. Разработана открытая архитектура системы учета трафика, передаваемого по каналам распределенной телекоммуникационной сети.
2. Разработана открытая архитектура и технология мультимедийной обработки потока информации.
3. Разработана открытая архитектура системы управления распределением телекоммуникационных ресурсов распределенной научно образовательной телекоммуникационной сети на основе настраиваемой политики распределения.
4. Разработан адаптивный метод управления распределением телекоммуникационных ресурсов, основанный на настраиваемой политике распределения и динамическом учете текущего уровня загруженности каналов.
5. Выполнены программные реализации систем учета и управления распределением телекоммуникационных ресурсов распределенной научно-образовательной телекоммуникационной сети.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ.

1. Букатов А.А., Шаройко О.В. Организация научно-образовательных сетей Ростовской области и Южного федерального округа: методы, технологии, службы // Педагогическая информатика, № 1, 2003, с.55-66
2. Букатов А.А., Шаройко О.В. Методы и средства резервирования емкости каналов для служб удаленного доступа к вычислительным ресурсам регионального центра высокопроизводительных вычислений // Известия вузов. Северокавказский регион. Технические науки, № 2, 2004, с.3-6
3. Букатов А.А., Шаройко О.В. Методы и средства резервирования каналов удаленного доступа к вычислительным ресурсам регионального центра высокопроизводительных вычислений // Искусственный интеллект. Научно-технический журнал Академии наук Украины, № 3'2003, изд. «Наука і освіта», 2003, с.32-38
4. Букатов А.А., Шаройко О.В. Методы резервирования каналов удаленного доступа к вычислительным ресурсам регионального центра высокопроизводительных вычислений // Материалы Международной научно-технической конференции «Интеллектуальные и многопроцессорные системы – ИМС'2003», том 2, Изд. ТРТУ, 2003, с.83-86
5. Букатов А.А., Хачкинаев Г.М., Шаройко О.В. Методы и средства эффективного выполнения программ удаленных пользователей на многопроцессорных вычислительных системах регионального центра высокопроизводительных вычислений // Информационные и телекоммуникационные системы: сетевые технологии. Материалы III республиканской научно-практической конференции, Махачкала: ДНЦ РАН, 2004, с.175-184
6. Березовский А.Н., Шаройко О.В. Некоторые особенности разработки системы сбора и обработки статистической информации о функционирова-

- нии телекоммуникационной сети, развиваемой в соответствии с потребностями // Материалы Международной научно-технической конференции «Интеллектуальные и многопроцессорные системы», Том 2, Таганрог-Донецк-Минск: изд. ТРТУ, 2005, с.92-95
7. Березовский А.Н., Шаройко О.В. Реализация системы сбора и обработки статистической информации о функционировании телекоммуникационной сети и методы организации обработки потоков информации в этой системе // Искусственный интеллект, журнал Института искусственного интеллекта Национальной Академии наук Украины, № 3, 2005, с.708-715
 8. Букатов А.А., Шаройко О.В. Программный комплекс учета загруженности информационных каналов IP сетей сложной топологии // Труды Международной научно-методической конференции «Телематика'2001», С.-Петербург, 2001, с.39
 9. Букатов А.А., Шаройко О.В. Программный комплекс учета и регулирования уровня загрузки каналов IP-сетей сложной топологии // Материалы конференции «Relarn-2001», Петрозаводск, 2001, с.6-8
 10. Букатов А.А., Шаройко О.В. Организация эффективного удаленного доступа к центру высокопроизводительных вычислений РГУ из региональной научно-образовательной сети // Труды Всероссийской научно-методической конференции «Телематика'2002», Санкт-Петербург, 2002, с.106
 11. Букатов А.А. Шаройко О.В. Организация средств динамического резервирования каналов удаленного доступа к региональному центру высокопроизводительных вычислений // Материалы конференции «Relarn-2002», Нижний Новгород, 2002, с.17-18
 12. Букатов А.А., Шаройко О.В. Средства резервирования емкости каналов для прикладных служб научно-образовательной сети // Труды всероссийской конференции «Научный сервис в сети Интернет», Новороссийск, 2002, с.221-223
 13. Букатов А.А., Березовский А.Н., Шаройко О.В. Техническое обеспечение образовательного процесса: система контроля потребления внешнего трафика ЛВС ее пользователями // Тезисы докладов научно-методической конференции «Современные информационные технологии в образовании: Южный федеральный округ», Ростов-на-Дону, 2003, с.52-54
 14. Букатов А.А., Березовский А.Н., Шаройко О.В. Система учета и регулирования объемов потребления внешнего трафика ЛВС ее пользователями // Труды Всероссийской научно-методической конференции «Телематика'2003», Санкт-Петербург, 2003, с.276-277
 15. Березовский А.Н., Букатов А.А., Шаройко О.В. Разработка модульной системы сбора статистической информации о работе телекоммуникационной сети // Материалы Международной научно-технической конференции «Искусственный интеллект. Интеллектуальные и многопроцессорные системы», Украина, Крым: Изд. ТРТУ, 2004, с.311-313
 16. Березовский А.Н., Шаройко О.В. Создание системы обработки статистической информации о функционировании телекоммуникационной сети, развиваемой в соответствии с потребностями // Научный сервис в сети Интернет: технологии распределенных вычислений. Труды Всероссий-

- ской научной конференции, Новороссийск, М.: Изд-во МГУ, 2005, с.165-166
17. Шаройко О.В. Методы адаптивного резервирования емкости каналов при удаленном доступе к информационным и вычислительным ресурсам сети // Материалы XIII конференции представителей региональных научно-образовательных сетей "RELARN-2006", Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2006, с.54
18. Шаройко О.В., Букатов А.А. и др. Комплекс программных средств TrafficAccounter для сбора и обработки качественных и количественных характеристик пакетов, прошедших через IP-сеть. Версия 1.1 // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2005612109, Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам - М., 19.08.2005
19. Шаройко О.В., Букатов А.А. и др. Комплекс программных средств TrafficPolicier для управления распределением пропускной способности телекоммуникационной сети между потребителями. Версия 1.3. // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2005612108, Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам - М., 19.08.2005

В работах, опубликованных в соавторстве, лично Шаройко О.В. Принадлежат следующие результаты:

- в [1] разработаны методы обеспечения качества сетевого обслуживания для специализированных научно-образовательных служб;
- в [2] разработаны и реализованы методы и средства повышения эффективности использования пропускной способности при использовании протоколов терминального доступа и файлового обмена;
- в [3] разработан метод резервирования пропускной способности для протоколов файлового обмена;
- в [4] разработан метод резервирования пропускной способности для протоколов интерактивной работы;
- в [5] разработаны и реализованы методы и средства создания оптимального резерва пропускной способности в каналах удаленного доступа;
- в [6] разработана концепция построения системы обработки информации на основе графа обработки информации;
- в [7] разработана архитектура и прототип реализации системы мультиконвейерной обработки потока информации;
- в [8] разработаны механизмы взаимодействия с маршрутизаторами и получения учетной информации;
- в [9] разработаны механизмы программного управления маршрутизаторами для установки ограничений;
- в [10] исследован вопрос оптимизации пропускной способности телекоммуникационного канала, необходимой для эффективной работы протоколов интерактивного доступа;
- в [11] разработана архитектура средств динамического резервирования каналов удаленного доступа;

- в [12] разработаны средства резервирования емкости каналов для служб удаленного терминального доступа;
- в [13] разработана архитектура системы контроля за потреблением внешнего трафика ЛВС;
- в [14] разработана архитектура системы учета и регулирования объемов потребления внешнего трафика ЛВС;
- в [15] разработана схема модульного построения системы сбора статистической информации;
- в [16] разработаны принципы функционирования системы обработки информации на основе графа обработки информации;
- в [18] разработаны и реализованы архитектура и технология конвейерной обработки информации, разработана архитектура системы учета, разработана и реализована подсистема обработки информации;
- в [19] разработана архитектура системы управления, разработан и реализован алгоритм расчета ограничений, разработан и реализован модуль вычисления ограничений;