

**Московский физико-технический институт
(Государственный университет)**

На правах рукописи

ТАРАСОВ Валерий Юрьевич

**РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ЭФФЕКТИВНОГО
ОБСЛУЖИВАНИЯ АБОНЕНТОВ
В ЦЕНТРАХ ОБРАБОТКИ ВЫЗОВОВ
НА СЕТЯХ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ**

Специальность 05.12.13
Системы, сети и устройства телекоммуникаций

Автореферат диссертации на соискание
ученой степени кандидата технических наук

Москва, 2007

Работа выполнена в Московском физико-техническом институте
(государственном университете)

Научный руководитель	доктор технических наук, доцент Аджалов Владимир Исфандеярович
Официальные оппоненты	доктор технических наук, профессор Назиров Равиль Равильевич кандидат технических наук, доцент Росляков Александр Владимирович
Ведущая организация	Институт проблем передачи информации РАН

Защита состоится **20 марта 2007 года в 15-30** на заседании диссертационного совета К212.156.04 в Московском физико-техническом институте по адресу: 141700, г. Долгопрудный Московской обл., Институтский пер., д. 9, ауд. 204 Нового корпуса.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Московского физико-технического института.

Автореферат разослан « ____ » февраля 2007 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат технических наук, доцент

Куклев Л.П.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Центры обработки вызовов (ЦОВ) представляют собой предприятия или их специализированные подразделения по обслуживанию телефонных вызовов и других типов обращений, поступающих от абонентов по различным каналам связи.

Центры обработки вызовов нашли применение в информационно-справочных службах, ситуационных центрах и службах экстренного реагирования, банковских и финансовых сферах, торговых компаниях и многих других социально-экономических отраслях. Технологии ЦОВ позволяют автоматизировать предоставление информации абонентам, снизить эксплуатационные затраты, сократить количество необходимых операторских ресурсов при повышении общего качества обслуживания. Рынок ЦОВ является интенсивно растущим сегментом отрасли информационных и телекоммуникационных технологий. Этот сектор развивается быстрее отрасли в целом, демонстрируя темпы роста на уровне около 50% в год. Общий объем услуг обработки телефонных вызовов в России в 2006 году превысил 1,8 миллиард рублей.

Технологии ЦОВ получили научное развитие в конце XX - начале XXI вв. В работах ученых Alec Miloslavsky, Nikolay Anisimov и др. (компания Genesys Telecommunications Laboratories), Carl Schoeneberger (компания Lucent Technologies), Avishai Mandelbaum, Sergey Zeltyn и др. (Technion – Israel Institute of Technology) опубликованы основные принципы централизованной обработки вызовов, которые реализованы в продуктах телекоммуникационных компаний. Крупный вклад в формирование методов централизованной обработки вызовов внесли отечественные ученые: Гольдштейн Б.С., Пинчук А.В., Росляков А.В., Фрейнкман В.А. Результаты работ отражены в трудах Ленинградского отраслевого научно-исследовательского института связи (ЛОНИИС), Научно-исследовательского института Телекоммуникационных систем (НИИТС), Поволжской государственной академии телекоммуникаций и информатики (ПГАТИ).

Исторически сложилось, что доставка голоса и данных в ЦОВ осуществлялась при помощи различных технологий. Традиционно голос в цифровых сетях передается методом коммутации каналов (TDM-технология, Time Division Multiplexing - метод уплотнения низкоскоростных каналов для цифровых линий связи за счет разделения сигналов во времени), а данные – коммутации пакетов. Способы интегрированной доставки голоса и данных по технологии коммутации пакетов получили развитие в середине 90-х годов.

Программно-аппаратные комплексы, разработанные в результате проведения многочисленных теоретических и экспериментальных исследований, обеспечивают широкие функциональные возможности ЦОВ, как при работе на основе TDM-сетей, так и на сетях передачи данных с коммутацией пакетов (сеть с

коммутацией пакетов, СКП). Однако в большинстве ЦОВ поступающие из СКП вызовы обслуживаются по принципам традиционной телефонной связи. В случае использования в ЦОВ ядра, осуществляющего коммутацию голосовых каналов, вызовы, поступающие из IP-сетей, преобразуются шлюзом в TDM-сигналы и далее коммутируются традиционным способом. При построении ядра ЦОВ на основе пакетных коммутаторов маршрутизация вызовов от абонента к оператору происходит в пакетном режиме. Однако как в первом, так и во втором случае управление вызовами с точки зрения ЦОВ осуществляется традиционными методами на основе информации о номерах вызываемого и вызывающего абонентов.

С развитием телекоммуникационных услуг в сетях связи возрастает удельная доля вызовов обслуживаемых по технологии с коммутацией пакетов. При этом очевидно стремление предприятий к централизованному предоставлению информационно-справочных услуг на основе ЦОВ. Как следствие, при обслуживании пакетных вызовов традиционным способом в час наибольшей нагрузки (ЧНН) возникают перегрузки на сети, возрастает время ожидания абонента в очереди к оператору. Осложнения происходят по причине отсутствия устойчивых механизмов сегментации и персонализированного обслуживания абонентов, вызовы которых поступают из СКП. В результате увеличиваются затраты, связанные с техническим переоснащением, расширением штата сотрудников и повышенными требованиями к квалификации операторов.

Следует отметить, что сегодня практически отсутствуют ресурсы сети Интернет, предоставляющие посетителю возможность установления голосового соединения с оператором ЦОВ путем активации вызова со страниц сайта.

Следовательно, в настоящее время существует актуальная научно-техническая задача исследования и разработки эффективных методов обслуживания абонентов в центрах обработки вызовов на сетях передачи данных с коммутацией пакетов, решение которой открывает перспективы для предоставления новых экономически эффективных сервисов и внедрения высоко технологических систем обслуживания абонентов.

Цель и задачи диссертационной работы. Целью работы является повышение эффективности обслуживания абонентов в центрах обработки вызовов на сетях передачи данных с коммутацией пакетов (ЦОВсКП). Для достижения поставленной цели требуется решение следующих основных задач:

- анализ методов повышения эффективности обслуживания абонентов в ЦОВсКП;
- разработка архитектурной модели информационного обмена в ЦОВсКП для проведения исследований, интеграции данных и построения технологических систем;
- разработка методов экономии ресурсов в ЦОВсКП;

- систематизация параметров вызова и данных об абоненте, применяемых в технологических и программных средствах ЦОВсКП;
- разработка методов обслуживания очереди и распределения вызовов абонентов между операторами ЦОВсКП;
- экспериментальные исследования предложенных методов обслуживания абонентов в ЦОВсКП.

Теоретические и методологические основы исследований. В основе исследований лежит научно-техническая гипотеза о возможности повышения эффективности централизованного обслуживания абонентов, вызовы которых поступают из сети передачи данных с коммутацией пакетов. Теоретические и методологические основы исследований определяются проблемной областью решаемых задач и включают в себя системотехнический, технологический, информационный, организационный подходы, функциональный анализ, методы декомпозиции и синтеза.

Научная новизна работы. В диссертации получены следующие новые научные и практические результаты:

1. Разработана архитектурная модель организации голосовой связи между абонентами и операторами ЦОВ через сеть передачи данных с коммутацией пакетов.
2. Разработан метод кодирования/декодирования голосового сигнала с применением прямолинейной метрики (норма - L_1) при вычислении коэффициентов линейного предсказания (КЛП).
3. Выявлен и систематизирован перечень сопутствующих элементов вызова (СЭВ), используемых в процессе обслуживания абонентов в ЦОВсКП.
4. Разработаны методы обслуживания очереди и распределения вызовов абонентов между операторами ЦОВсКП на основе анализа набора сопутствующих элементов вызова. Определены ключевые показатели эффективности, устанавливающие соответствие параметров вызова с бизнес-правилами обслуживания абонентов в ЦОВсКП.
5. Проведены экспериментальные исследования, подтверждающие работоспособность и эффективность предложенных методов обслуживания абонентов в ЦОВсКП.

Практическая ценность работы. Определяется возможностью практического применения предложенных методов в существующих и создаваемых ЦОВсКП. Предложенные методы позволяют повысить эффективность обслуживания за счет автоматизированной сегментации вызовов абонентов, информирования абонентов о доступности/занятости операторов без совершения вызова, экономии ресурсов и увеличения общей производительности

системы. Практический результат достигается за счет применения соответствующей архитектурной модели обслуживания, рационального использования информации об абоненте ЦОВ, поступающей из СКП и баз данных, а также экономии ресурсов при кодировании/декодировании голосового сигнала.

Результаты работы внедрены и использованы в ОАО «Аэрофлот – Российские авиалинии» при подготовке проекта расширения функциональных возможностей центра информации и бронирования, о чем свидетельствует соответствующий Акт внедрения.

Апробация результатов работы. Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на IV-м международном форуме "BILLING. IT Telecom" в декабре 2003 г., III-м Международном Бизнес-форуме "CallCenter CRM Solutions - 2004" в марте 2004г., 13-й Международной научно-технической конференции НТОРЭС им. А.С.Попова в декабре 2004г., 2-м Конгрессе «CRM Россия и СНГ» в октябре 2005г., научно-техническом семинаре кафедры радиотехники МФТИ в сентябре 2006г.

Положения, выносимые на защиту.

1. Архитектурная модель организации голосовой связи между абонентами и операторами ЦОВ через сеть передачи данных с коммутацией пакетов.
2. Метод кодирования/декодирования голосового сигнала с применением прямолинейной метрики (норма - L_1) при вычислении коэффициентов линейного предсказания.
3. Принципы получения и анализа параметров вызова и данных об абоненте, поступающих в ЦОВСКП, для формирования набора сопутствующих элементов вызова, используемых при обслуживании.
4. Методы обслуживания очереди и распределения вызовов абонентов между операторами ЦОВСКП на основе анализа набора сопутствующих элементов вызова.
5. Результаты экспериментальных исследований, полученные вследствие применения методов обслуживания очереди и распределения вызовов абонентов между операторами ЦОВСКП.

Публикации по теме работы. Материалы диссертационных исследований опубликованы в 6-ти статьях периодических научно-технических изданий, 3-х публикациях в виде тезисов докладов.

Структура и объем работы. Настоящая диссертация содержит 173 страницы и состоит из введения, четырех глав, заключения и 3-х приложений, включая 35 иллюстраций. Список литературы содержит 78 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **Введении** обосновывается актуальность выбранной темы диссертации, сформулированы цели и задачи исследований, показаны научная и практическая значимость работы.

В **Главе 1** на основе анализа известных автору источников изложено современное состояние, перспективы развития и основные методы обслуживания абонентов в центрах обработки вызовов с коммутацией пакетов. Сформулирован перечень основных терминов, используемых в работе с определением их значений, а также приведены наиболее известные синонимы.

Показано, что развитие голосовых сервисов в сетях передачи данных и повышение качества связи на фоне увеличения общих масштабов обслуживания абонентов дают основание ожидать увеличения доли вызовов с коммутацией пакетов, обрабатываемых в ЦОВСКП. В сети Интернет сконцентрировано наибольшее количество пользователей, среди которых окажется востребованным обслуживание голосовых запросов в режиме реального времени.

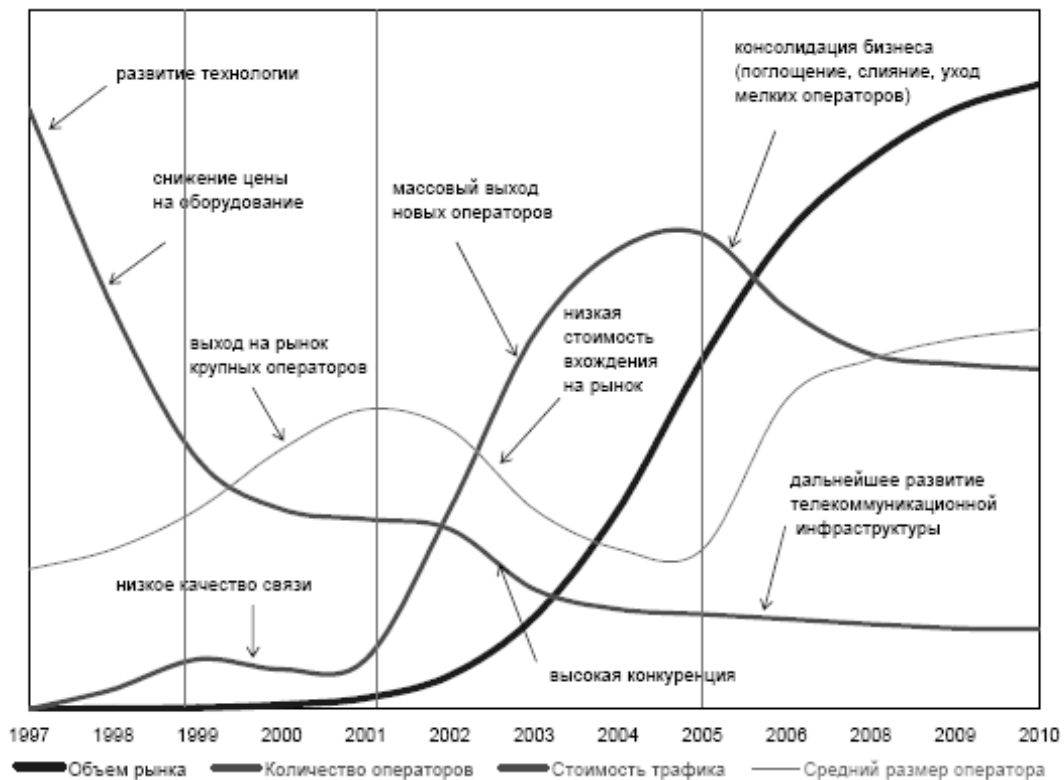


Рис. 1. Динамика развития операторского рынка IP-телефонии в России

Тенденции обслуживания абонентов в сети передачи данных с коммутации пакетов подтверждает модель развития отечественного рынка IP-телефонии (рис.1), проанализированная по четырем факторам: объем рынка, количество

операторов, стоимость трафика, размер операторов. При этом 50-60% рынка услуг голосовой связи с коммутацией пакетов приходится на города Москву и Санкт-Петербург, что говорит не столько об отсутствии такого сервиса в регионах, сколько о значительном потенциале в его развитии.

При анализе методов обслуживания абонентов в ЦОВсКП в работе рассматриваются вызовы, поступающие из сети Интернет и активированные со страниц Интернет-ресурсов. Показано, что исследование и разработка методов обработки таких вызовов выявляет телекоммуникационные, информационно-технологические и организационные аспекты, а обеспечение взаимодействия в различных областях требует формализации архитектурной модели ЦОВсКП и схемы обслуживания абонентов.

Телекоммуникационные задачи связаны с обеспечением требуемого качества голосовой связи в СКП и выявлением обращений, которые по техническим причинам не могут быть обслужены оператором. К данной категории также относится установление территориальной (вероятной языковой) принадлежности абонента, идентификация повторных вызовов и совершенствование механизмов обслуживания очереди вызовов. Возможности получения дополнительных данных при поступлении вызова позволяет рассмотреть способы их использования с целью повышения эффективности обслуживания абонентов в данном направлении.

Информационные задачи связаны с определением требуемой профессиональной квалификации оператора, способного обслужить вызов абонента, и механизмом распределения вызовов между ресурсами с учетом заданных критериев обслуживания. Решение данных задач ведет к необходимости совершенствования существующих и разработки новых методов обработки данных ЦОВсКП на основе взаимодействия с базами данных. Технологические задачи определяются необходимостью одновременного обслуживания большого количества голосовых соединений между абонентами и операторами ЦОВсКП. Существующие в настоящее время методы кодирования голосового сигнала требуют значительной вычислительной мощности и, как следствие, увеличения производительности аппаратных платформ ЦОВсКП. Поскольку значительная часть вычислительной нагрузки обусловлена необходимостью обращения матриц большой размерности, отмечена целесообразность разработки менее ресурсоемких подходов к кодированию речевого сигнала.

Организационные задачи состоят в необходимости разработки новых форм функционирования ЦОВ, определении соответствующих показателей эффективности обслуживания, позволяющих реализовать предложенные методы и оценить эффективность их внедрения.

Глава 2 посвящена анализу и формализации основ обслуживания вызовов с коммутацией пакетов в ЦОВсКП. В главе подробно рассмотрена задача обеспечения взаимодействия элементов в архитектурной модели ЦОВсКП.

Для решения данной задачи при создании модели обработки вызовов используется прием разбиения (декомпозиции) одной сложной задачи на несколько более простых задач-модулей. Процедура декомпозиции включает в себя четкое определение функций каждого модуля, решающего отдельную задачу, и интерфейсов между ними. В результате достигается логическое упрощение задачи и определяется схема информационного обмена между элементами при обслуживании абонентов ЦОВсКП в IP-сети. Предложенная модель (рис.2) разработана на основе модели взаимодействия открытых систем (Open Systems Interconnection, OSI).

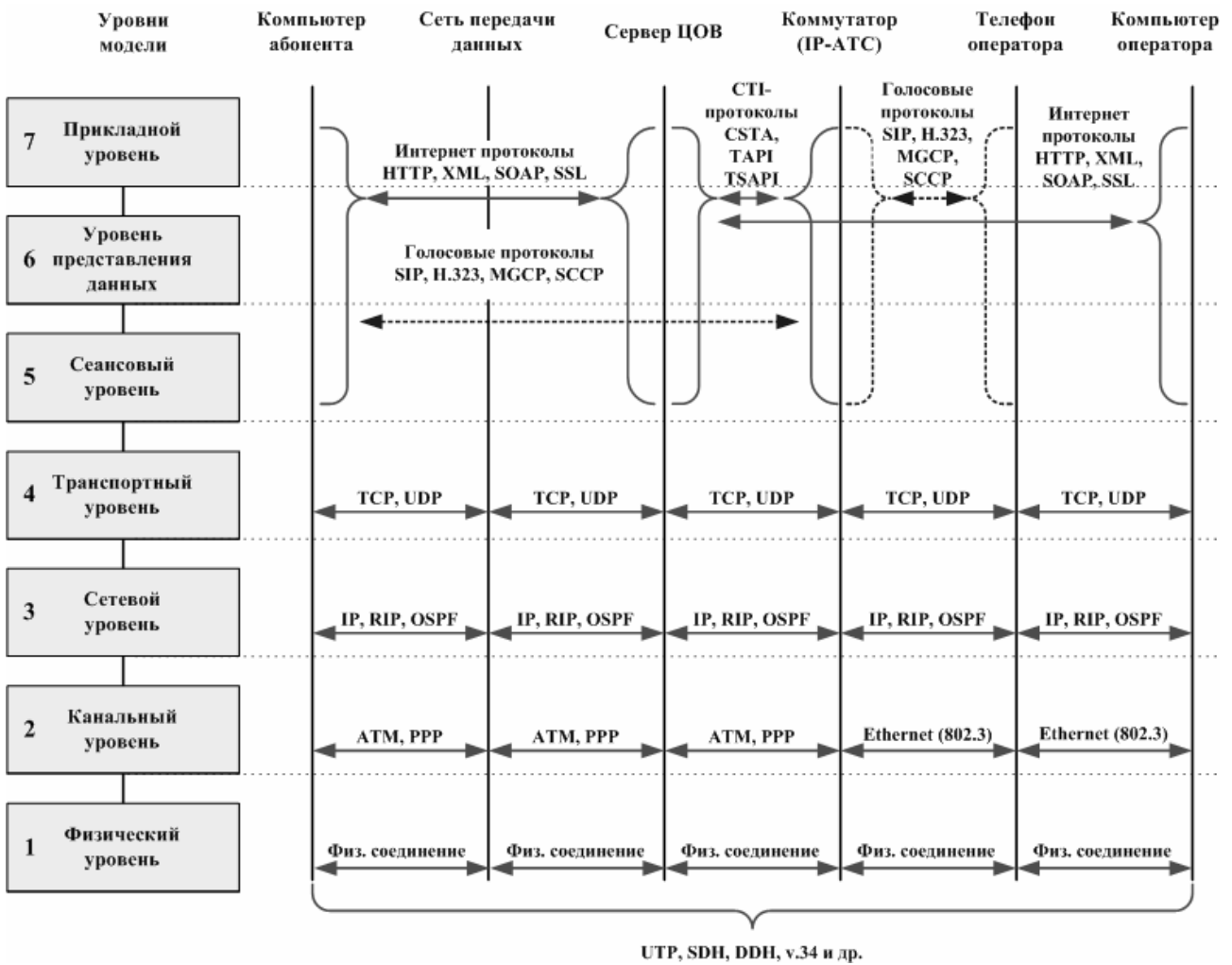


Рис. 2. Архитектурная модель информационного обмена в ЦОВсКП

В главе предложена технологическая схема обслуживания абонентов в ЦОВсКП и определены маршруты передачи информационных потоков. Данная схема подразумевает использование транспортной сети Интернет для передачи голоса и страниц Интернет-ресурса в качестве средства активации вызова. Интернет-ресурсы клиентов представляют собой обслуживаемые в ЦОВсКП

сайты сети Интернет, страницы которых содержат программный код, обеспечивающий установление голосового соединения абонента с оператором ЦОВсКП, а также отображение статистической информации о состоянии обслуживания вызовов. Сервер ЦОВсКП содержит базу данных абонентов, операторов, таблицы и приложения, которые используют при обработке вызовов.

Среди большого разнообразия параметров СЭВ, которые становятся доступными серверу ЦОВсКП при поступлении вызова от абонента, выделены три основные категории:

1. Параметры, характеризующие сетевое соединение при установлении голосовой связи (к примеру, IP-адрес шлюза оператора связи абонента, IP-адрес источника и назначения пакетов, номер порта, время задержки пакетов и т.д.).

2. Параметры, характеризующие окружение источника вызова (Интернет-сайт) или предоставленные абонентом (к примеру, URL-адрес страницы, с которой совершен вызов, время и дата начала просмотра страницы, время и дата совершения голосового вызова, идентификационный код абонента и т.д.).

3. Параметры, характеризующие результаты взаимодействия с абонентом (к примеру, E-mail адрес абонента и контактные данные, язык обслуживания, количество и состояние предыдущих заказов и т.д.).

Предложенные методы применения факторного анализа для исследования типов СЭВ, позволяют сократить количество переменных, определить структуру взаимосвязей между ними и выделить наиболее значимые компоненты. Определено, что при формировании стратегии обслуживания абонентов в ЦОВсКП целесообразно применять как параметрические, так и непараметрические методы факторного анализа СЭВ.

Показано, что при передаче потоков через сеть Интернет в ЦОВсКП возникают задачи анализа качества голосовой связи и оптимизации вычислительных ресурсов при кодировании и декодировании сигнала.

Предложен метод приоритезации обслуживания вызовов в очереди ЦОВсКП для соединений с различным качеством голосового сигнала. Значение приоритета обслуживания вызовов рассматривается как трехмерный вектор показателей качества сигнала $QoS = (drop, delay, jitter)$ с заданными параметрами: drop – процент потерянных пакетов в %; delay – задержка пакетов в мсек; jitter – СКО джиттера в мсек. По значению вектора QoS определяется интегральная оценка качества голосового сигнала и возможность установления соединения между сервером абонента и ЦОВсКП. Формирование приоритета вызова осуществляется до его помещения в очередь (или во время нахождения в очереди) и, тем более, до установления соединения с оператором.

Задачи преобразования речевых сигналов в пакетные данные с кодированием и декодированием голосовой информации возникают как на стороне абонента, так и на стороне ЦОВсКП. Требования к потребляемым кодеком вычислительным мощностям на стороне абонента не критичны, поскольку персональному компьютеру достаточно кодировать/декодировать

всего один голосовой поток. Задача снижения вычислительных ресурсов, потребляемых кодеком, возникает на стороне ЦОВсКП, поскольку одновременно в ЦОВ могут поступать сотни и тысячи вызовов, требующих мощностей для кодирования/декодирования сигнала.

В рамках данной главы проанализированы применяемые в ЦОВсКП алгоритмы сжатия речевого сигнала G.723.1, G.729a, GSM. Рассмотренные кодеры при преобразовании речи на участке сжатия сигнала вычисляют КЛП по формулам, основанным на принципах наименьших квадратов (т.е. метрики L_2) и требующим обращения матриц большой размерности. Выполнение таких операций приводит к значительному использованию вычислительных ресурсов.

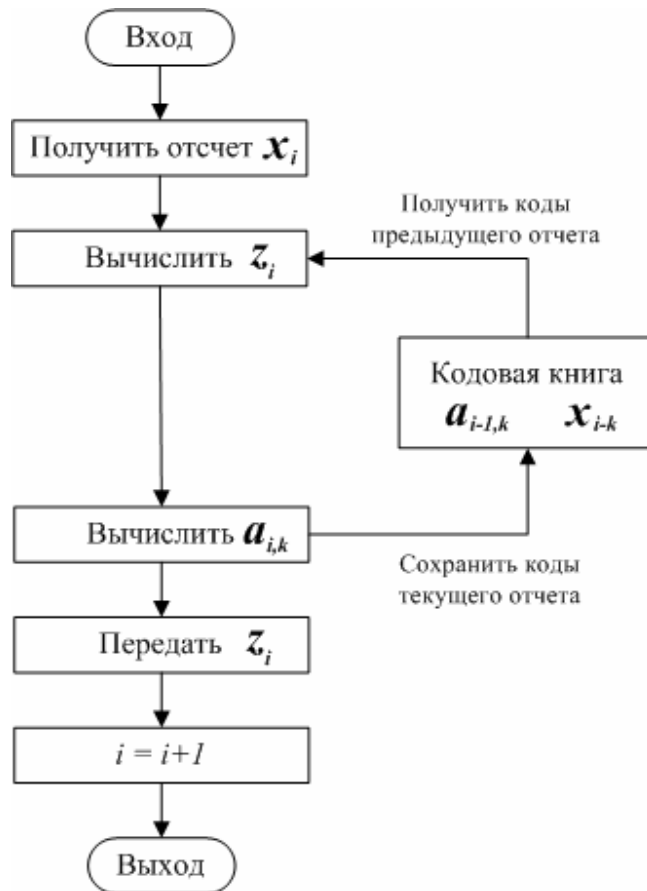


Рис. 3. Последовательность действий при преобразовании сигнала

Предложенный метод кодирования и декодирования сигнала, основан на использовании прямолинейной (или Манхэттенской) метрики L_1 при вычислении КЛП. Далее предполагается, что оцифровка звука проводится 8-битным АЦП с частотой 8 кГц. После оцифровки голосовой информации из сигнала выделяются отсчеты, соответствующие паузам в речи. Отсчеты, не несущие речевой информации, кодируются отдельно от основного сигнала, после чего в сеть передачи данных поступает только код наличия паузы. Впоследствии

сигнал подвергают компрессии с ослаблением сильных звуков (АРУ, автоматическая регулировка уровня) и переходом к разности соседних отсчетов. Предложенный алгоритм преобразований используется на этапе сжатия и восстановления сигнала.

На рис.3 изображена схема преобразований, которые проводят над источником сигнала. Отличительная особенность преобразований заключается в том, что при получении значения нового отсчета x_i кодер вычисляет величину отсчета кодированного сигнала z_i по формуле:

$$z_i = x_i - \sum_{k=1}^n a_{i-1,k} x_{i-k}, \quad (1)$$

а затем передает ее декодеру. При этом как кодер, так и декодер используют уже известные на предыдущем шаге КЛП $a_{i-1,k}$, затем подсчитывают КЛП $a_{i,k}$ по формулам:

$$a_{i,k} = a_{i-1,k}, \text{ если } x_{i-j} < L \text{ для всех } j \text{ при } 1 \leq j \leq n, \quad (2a)$$

$$a_{i,k} = a_{i-1,k} + z_i / X_i \text{ при } k = K, \text{ где } X_i = \max_{1 \leq k \leq n} (|x_{i-k}|) \text{ при } k = K \text{ и } X_i > L, \quad (2б)$$

$$a_{i,k} = a_{i-1,k} \text{ при } k \neq K, \text{ если } X_i > L, \quad (2в)$$

где L и n - константы, определяющие параметры обработки источника сигнала.

Декодер, используя аналогичные вычисления, восстанавливает исходное значение сигнала x_i . Кодирование и декодирование сигнала начинается с участка сигнала, имеющего нулевое значение и коэффициенты $a_{i,k}$, равные нулю. Минимальное значение сигнал z_i принимает при некоторой величине L порядка $L=30$ при $n=4$, зависящей от средних параметров самого речевого сигнала.

Работоспособность предложенного метода кодирования проанализирована в среде MATLAB. Результаты исследования показали, что преобразование эффективно работает как на гласных, так и на шипящих звуках и позволяет изменить источник процесса таким образом, что энтропия сигнала после сжатия, принимает значение вплоть до 0.9 бит/отсчет. Данный метод позволяет строить более быстрые алгоритмы кодирования и уменьшить потребление вычислительных ресурсов при цифровой обработке голоса.

Глава 3 посвящена разработке методов и алгоритмов обслуживания очереди вызовов и дальнейшего распределения их между операторами ЦОВсКП, а также определению ключевых показателей эффективности обслуживания вызовов и комплексного функционирования ЦОВсКП.

Проведен анализ методов расчета телефонной нагрузки, при котором входящие потоки вызовов принимают за пуассоновские, а распределение времени обслуживания считают экспоненциальным (марковские ЦОВсКП).

Математический аппарат, используемый для расчета средней длины очереди, среднего времени ожидания в очереди и других параметров, обеспечивает теория телетрафика, которая является одной из ветвей теории систем массового обслуживания (ТСМО). Описан способ моделирования поведения ЦОВсКП для анализа систем типа М/М/т с неограниченным временем ожидания в очереди. Показано, что среднее число вызовов \bar{q} (размер очереди), находящихся в очереди в произвольный момент времени, определяется формулой:

$$\bar{q} = \frac{\rho(m\rho)^m}{m!(1-\rho)^2} P_0, \quad (3)$$

где m - количество операторов, обслуживающих вызовы; P_0 - вероятность простоя ЦОВсКП. Величина ρ определяет нагрузку на ЦОВсКП и представляет собой отношение интенсивности потока входящих вызовов к суммарной интенсивности, с которой ЦОВсКП может их обслуживать всеми операторами.

Вероятности пребывания в ЦОВсКП j вызовов:

$$P_j = \begin{cases} \frac{(m\rho)^j}{j!} P_0, & j = 1, \dots, m, \\ \frac{(m\rho)^j}{m^{j-m} m!} P_0, & j > m. \end{cases} \quad (4a)$$

$$(4b)$$

Формула (4а) позволяет найти вероятности состояний ЦОВсКП, при которых очередь отсутствует (количество вызовов, обслуживаемых в ЦОВсКП, не превышает количество операторов), а формула (4б) – вероятности состояний при наличии очереди. Приведенные формулы также могут применяться и для приближенного расчета характеристик немарковских многоканальных систем (т.е. ЦОВсКП типа М/Г/м, Г/М/м или Г/Г/м). Несмотря на то, что подобная модель не принимает в расчет возможность потери вызовов из-за занятости линий, "нетерпеливости" пользователя, многоэтапного обслуживания и т. п., она является базовым средством для изучения основных характеристик ЦОВсКП.

При изучении аналитических материалов выяснено, что доля несостоявшихся вызовов в мировых ЦОВ растет третий год подряд. Именно нетерпеливость абонентов стала причиной рекордных 13% вызовов, прерванных прежде, чем оператор успел на них ответить. Отмечено, что ситуация еще хуже в телекоммуникационной индустрии, где несостоявшимся оказывается каждый пятый телефонный разговор.

Повлиять на качество обслуживания нетерпеливых абонентов позволяет предложенный метод обработки вызовов в очереди, заключающийся в визуализации состояния обслуживания на Интернет-странице, без необходимости установления голосового соединения. Принцип работы метода поясняет рис.4.

При наличии свободных операторов в ЦОВсКП абоненту отображают информацию о количестве операторов, которые обслуживают вызовы данной

целевой аудитории. При отсутствии свободных операторов - отображают размер очереди ожидания для группы абонентов данного Интернет-ресурса и/или предлагают форму заказа обратного вызова абонента оператором.

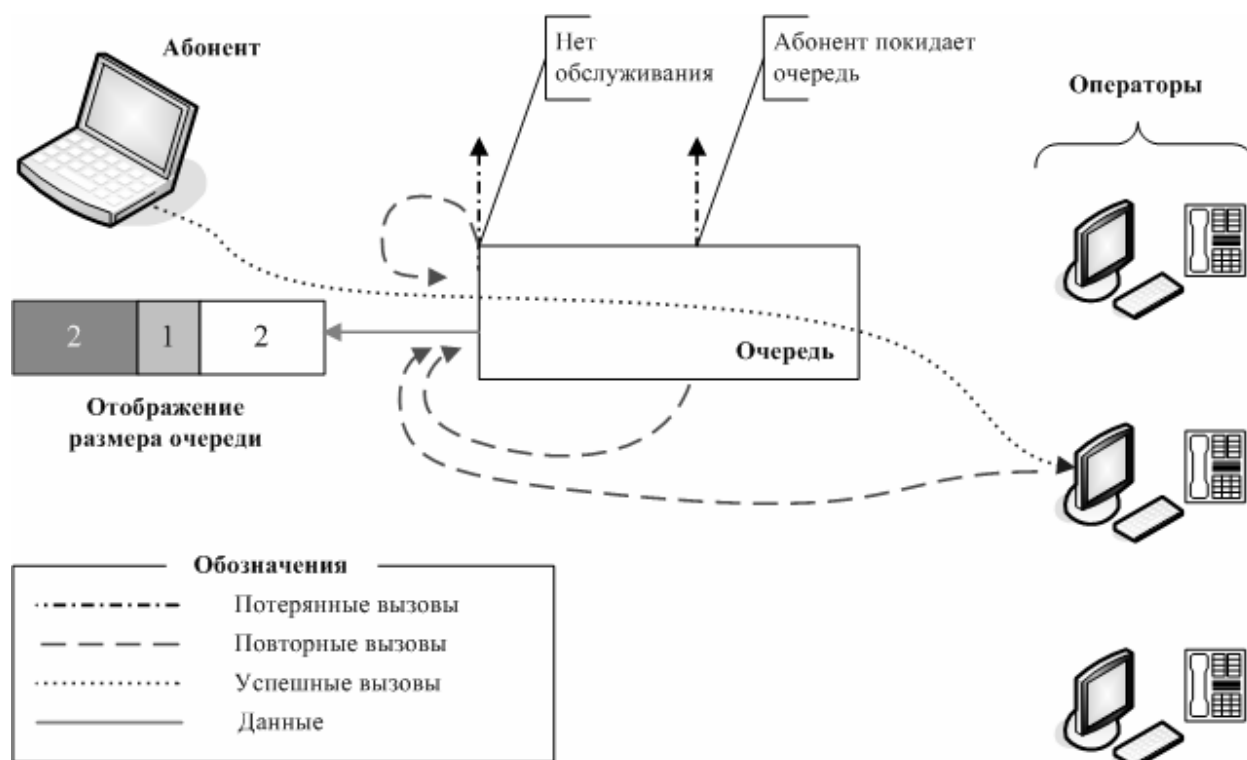


Рис. 4. Обслуживание абонентов в очереди ЦОВсКП сети Интернет

Анализ времени «нетерпеливости» абонентов в стандартной очереди ЦОВсКП и при наличии визуализации состояния обслуживания является новым и наиболее сложным направлением в исследованиях. В работе показано, что для изучения таких параметров применимо распределение Вейбулла:

$$F(x) = \begin{cases} 1 - e^{-\left(\frac{x}{\alpha}\right)^\beta}, & x \geq 0, \\ 0, & x < 0. \end{cases} \quad (5)$$

Плотность распределения определяется формулой:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{x}{\alpha}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{x}{\alpha}\right)^\beta}, & x \geq 0, \\ 0, & x < 0. \end{cases} \quad (6)$$

Величина α является параметром масштаба распределения, а параметр β является коэффициентом формы распределения. В работе описана методика оценки значений коэффициентов α и β на основании статистических и табличных данных. Анализ поведения абонентов в очереди требует постоянства

условий обслуживания абонентов во времени. Изменение технологических параметров в процессе эксплуатации ЦОВсКП может существенно изменить динамику терпимости абонентов в очереди.

В главе предложена обобщенная формульная схема приоритизации вызовов в очереди ЦОВсКП, основанная на результатах взаимодействия с абонентом (контактов, заказов, продаж). Получены параметрические зависимости для анализа очереди вызовов в ЦОВсКП типа М/М/1 или М/Г/1 с относительными и абсолютными приоритетами.

Для ЦОВсКП с относительными приоритетами среднее время пребывания в очереди для вызовов с различными уровнями приоритета вычисляется следующим образом:

$$\bar{w}_i = \begin{cases} \frac{\sum_{j=1}^R \rho_j \bar{x}_j (1 + \varepsilon_j^2)}{2(1 - \rho_1)}, i = 1, \\ \frac{\sum_{j=1}^R \rho_j \bar{x}_j (1 + \varepsilon_j^2)}{2(1 - \sum_{j=1}^{i-1} \rho_j)(1 - \sum_{j=1}^i \rho_j)}, i = 2, \dots, R, \end{cases} \quad (7)$$

где ε_j – коэффициент вариации времени обслуживания вызовов с i -м уровнем приоритета; x_i – среднее время обслуживания вызовов с i -м уровнем приоритета. Рассматриваемая система имеет R уровней приоритета, где 1 высший приоритет, R – низший.

Для ЦОВсКП с абсолютными приоритетами среднее время пребывания вызовов в очереди вычисляется следующим образом:

$$\bar{w}_i = \begin{cases} \frac{\rho_1 \bar{x}_1 (1 + \varepsilon_1^2)}{2(1 - \rho_1)}, i = 1, \\ \frac{\bar{x}_j \sum_{j=1}^{i-1} \rho_j + \sum_{j=1}^i \rho_j \bar{x}_j (1 + \varepsilon_j^2)}{1 - \sum_{j=1}^{i-1} \rho_j + 2(1 - \sum_{j=1}^{i-1} \rho_j)(1 - \sum_{j=1}^i \rho_j)}, i = 2, \dots, R. \end{cases} \quad (8)$$

Формулы (7), (8) позволяют определить целесообразность приоритизации вызовов в очереди ЦОВсКП и проанализировать необходимое количество приоритетов.

Предложен метод распределения вызовов абонентов между операторами, учитывающий географическую (вероятную языковую) принадлежность абонента, требуемую квалификацию оператора для обслуживания вызова и возможность идентификации повторных обращений абонента. Данный метод учитывает

возможность отображения информации о ходе обработки вызовов без необходимости активации вызовов абонентом. Принцип работы метода поясняет схема алгоритма его реализации, приведенная на рис.5.

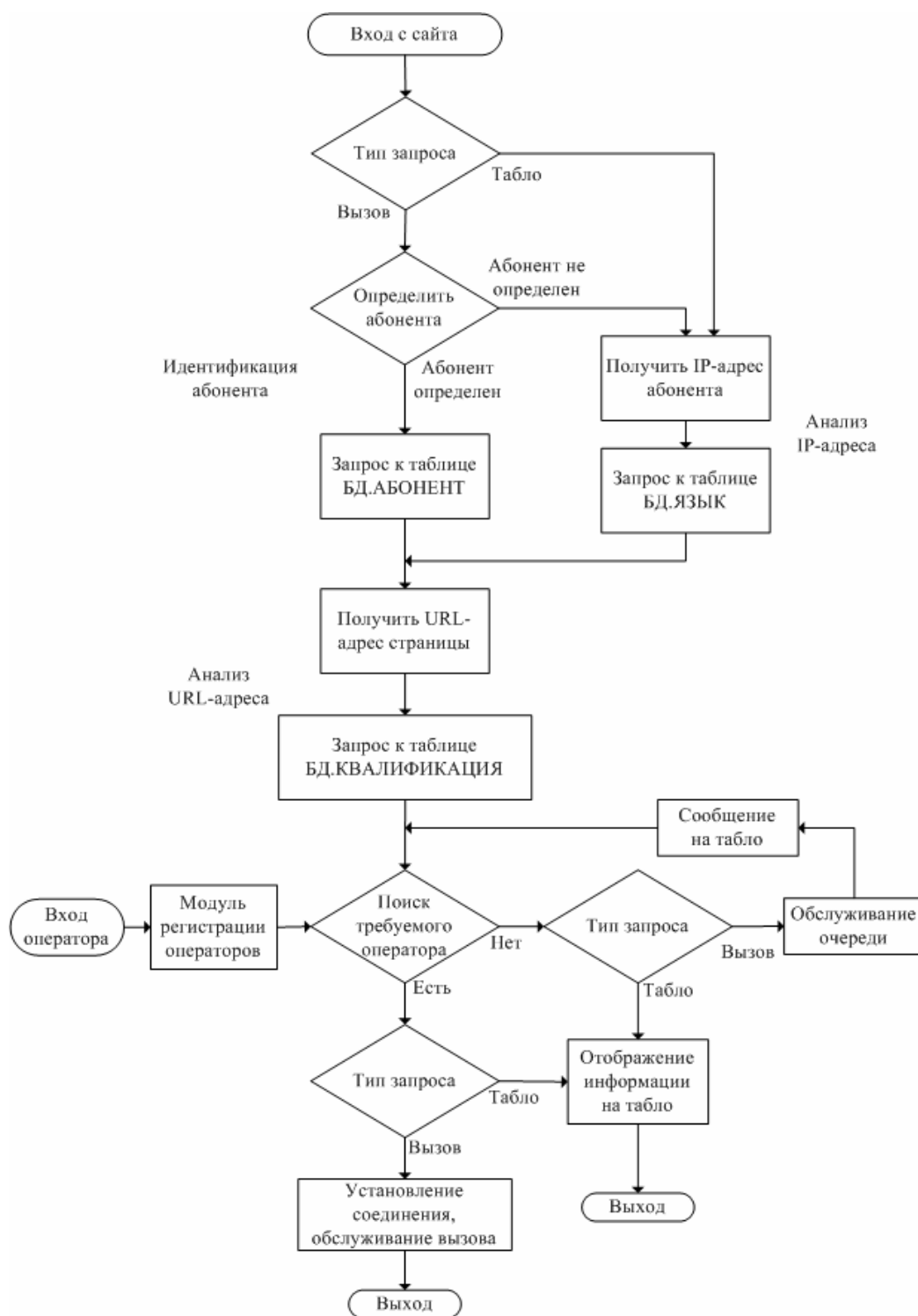


Рис. 5. Алгоритмическая схема обработки информации при обслуживании вызовов в сети Интернет

оператора. При первоначальной инициализации голосового соединения абоненту присваивался уникальный идентификационный номер, позволяющий идентифицировать его обращения впоследствии. На стороне сервера ЦОВсКП функционировало приложение, обеспечивающее сбор статистических данных о посетителях страниц сайта и совершенных вызовах. В ходе исследования было проанализировано:

- распределение времени отклика серверов абонентов;
- распределение количества вызовов с потерянными пакетами;
- распределение количества вызовов и показов страниц в течение суток;
- динамика изменения коэффициента обслуженных вызовов за время эксперимента;
- распределение территориальной/языковой принадлежности абонентов по странам и городам России;
- распределение посетителей и вызовов по странам.

Исследование показало, что около 13,5% посетителей Интернет-ресурса воспользовались возможностью голосовой связи с оператором ЦОВсКП. При этом количество совершенных вызовов (коэффициент обращений) составило 3,5% от общего количества показанных страниц, что в среднем соответствует посещению одним абонентом 4-х страниц сайта с функцией голосовой связи с оператором. В ходе проведения эксперимента было осуществлено 15527 показов страниц (содержащих код приложения активации голосового вызова) для 3857 посетителей, которые в результате совершили 521 голосовой вызов.

Часы наибольшей нагрузки (ЧНН) наблюдалась в периоды 13-14 часов (9,4% от ежедневного количества вызовов), 9-10 часов (8,25% от ежедневного количества вызовов). Наименьшая нагрузка наблюдалась в 5-6 часов (0,38% от ежедневного количества вызовов). Интервалы наибольшей и наименьшей нагрузки в обслуживании голосовых вызовов практически совпадают с аналогичными периодами активности посещения Интернет-ресурса.

Таким образом, сама возможность голосового обслуживания пользователей сети Интернет оказалась востребованной и позволила предприятию привлечь дополнительных потребителей товаров и услуг.

Особое внимание следует обратить на динамику изменения коэффициента обслуженных обращений за время проведения эксперимента (рис.7). В ходе данного эксперимента учитывались только успешно обработанные вызовы, демонстрирующие эффективную активность обслуживания абонентов. На графике видны регулярные спады активности спроса в выходные дни и наблюдаются стабильные темпы роста коэффициента результативных обращений на всем протяжении эксперимента. По сравнению с первоначальным значением коэффициент обслуженных обращений в последние дни эксперимента увеличился практически вдвое.

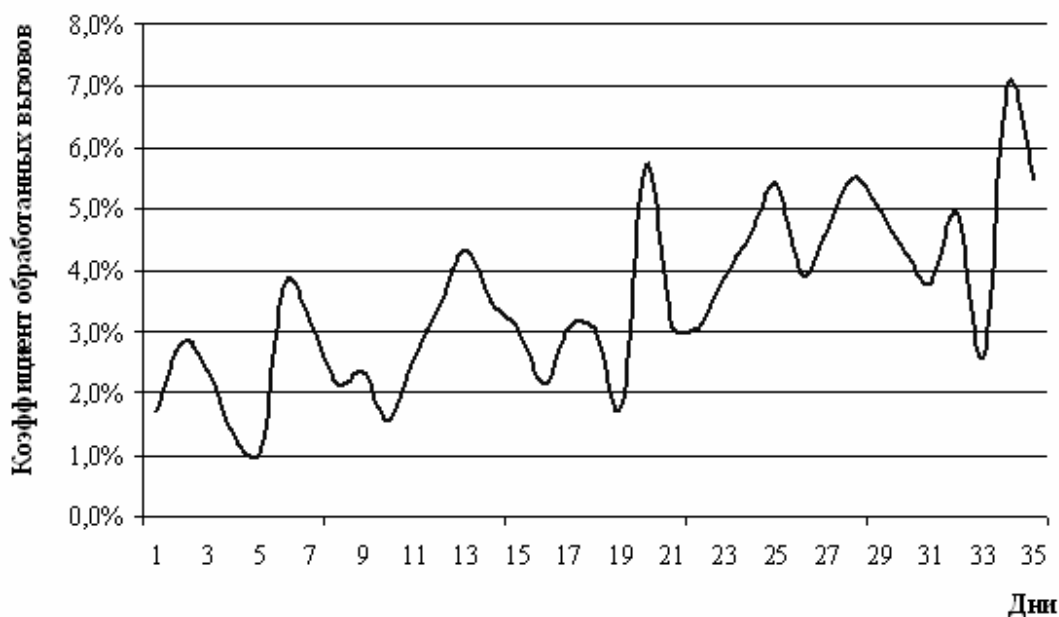


Рис. 7. Динамика изменения коэффициента обработанных вызовов

Положительная динамика роста средней эффективности обработанных вызовов связана с применением рассмотренных в работе методов, распространением по сети информации о новом виде обслуживания, а также повторными обращениями абонентов, для которых данный способ связи оказался востребованным.

Исследовано общее распределение среднего (минимального и максимально) времени отклика всех хостов, с которых совершали вызовы абоненты. В ходе эксперимента было получено 289 результативных откликов хостов, для которых количество потерянных пакетов не превышало 5%. Около 12-15% серверов абонентов имеют среднее время отклика более 300 мсек. ($RTT/2 = 150$ мсек.), что не позволяет обеспечить приемлемое качество голосового соединения.

Определение территориальной (вероятной языковой) принадлежности абонента в автоматизированном режиме позволяет распределить вызов определенного абонента на оператора, ответственного за обслуживание данного региона. Корректное распределение вызовов абонентов между операторами влияет на такой показатель эффективности обслуживания, как коэффициент оперативного ответа. Данный коэффициент характеризует количество вызовов, в которых абоненты получили ответы на запросы при первом обращении без переадресации вызова на другого специалиста.

Диаграмма, приведенная на рис.8, получена в результате анализа IP-адресов абонентов, совершавших голосовые вызовы в процессе исследования. За время проведения эксперимента оператором были приняты голосовые вызовы

абонентов из 40 стран. Вызовы абонентов из 24 стран, имеющих долю менее 1%, являлись единичными и на приведенной диаграмме вошли в сегмент «Others».

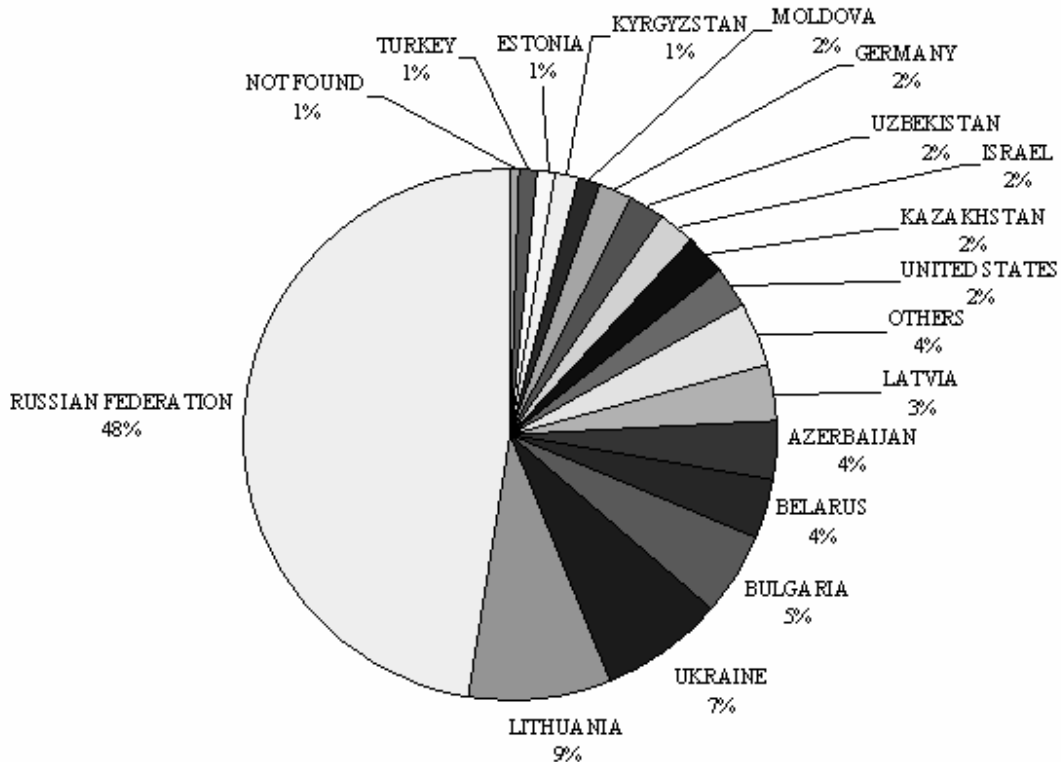


Рис. 8. Сегментация вызовов по странам посетителей

В главе показаны основные этапы разработки, отладки и внедрения программных модулей, осуществляющих взаимодействие с базой данных и активацию вызова при проведении эксперимента.

В **Заключении** сформулированы основные научные выводы и практические результаты диссертационной работы, которые состоят в следующем.

1. При рассмотрении эффективных методов обслуживания абонентов в ЦОВсКП выявляются телекоммуникационные, информационно-технологические и организационные аспекты.

2. Исследованы методологические подходы к построению модели обработки пакетных вызовов в ЦОВсКП. Разработана архитектурная модель и схема организации связи с применением транспортной сети Интернет для передачи голоса и использованием страниц Интернет-ресурса в качестве средства активации вызова. Обслуживание вызовов абонентов в соответствии с приведенной схемой и архитектурной моделью позволяет приложениям ЦОВсКП (на верхних уровнях) получать и анализировать параметры, характеризующие вызов (поступающие с нижележащих уровней).

3. Показано, что для одновременного обслуживания большого количества голосовых соединений существующие кодеки могут потребовать значительного увеличения производительности аппаратных платформ ЦОВсКП. Поскольку значительная часть вычислительной нагрузки обусловлена необходимостью обращения матриц большой размерности, целесообразно рассмотреть возможности менее ресурсоемких подходов к кодированию речевого сигнала. Предложен метод кодирования и декодирования голосовых вызовов с применением вычислений на основе метрики L_1 при определении коэффициентов линейного предсказания в процессе сжатия речевого сигнала. Метод позволяет строить более быстрые алгоритмы кодирования и уменьшить потребление вычислительных ресурсов при цифровой обработке голоса.

4. Определен набор параметров СЭВ и методы их получения при обработке голосовых обращений, поступающих из СКП и активированных со страницы Интернет-ресурса. Предложены методы применения возможностей факторного анализа для исследования типов СЭВ, позволяющие сократить количество переменных, определить структуру взаимосвязей между ними и выделить наиболее значимые компоненты.

5. Предложен метод визуализации текущего состояния очереди при обслуживании абонентов в ЦОВсКП. Метод обеспечивает обработку вызова в очереди с отображением статистической информации и без установления голосового соединения абонента с оператором. Предложен метод приоритезации обслуживания вызовов в очереди ЦОВсКП для соединений с различным качеством голосового сигнала. Метод основан на определении среднего времени отклика хоста абонента, значения джиттера и количества потерянных пакетов.

6. Предложен алгоритм распределения вызовов абонентов между операторами, учитывающий географическую (вероятную языковую) принадлежность абонента, требуемую квалификацию оператора для обслуживания вызова и имеет возможность идентификации повторных обращений абонента.

7. Определен подход к формированию критериев эффективности, используемых для анализа организационно-технологических изменений в структуре ЦОВсКП. Сформированы ключевые показатели эффективности работы ЦОВсКП в целом, а также показатели обслуживания авторизованных и неавторизованных абонентов.

8. В ходе экспериментального исследования получены значения, в результате анализа которых:

- показано, что в среднем, около 13,5% посетителей Интернет-ресурса воспользовались возможностью голосовой связи с оператором ЦОВсКП. При этом количество совершенных вызовов составило 3,5% от общего количества показанных страниц, что в среднем

соответствует просмотру одним посетителем 4-х страниц сайта с функцией голосовой связи с оператором;

- видна положительная динамика повышения комплексной эффективности, выражающаяся в росте коэффициента активности обслуживания абонентов за время исследования. Данный параметр увеличился к концу эксперимента в два раза по сравнению с начальным значением, что подтверждает эффективность внедренного метода обслуживания абонентов.

В Приложении 1 приведены программные коды процедур и функций.

В Приложении 2 приведены рефераты поданных заявок на изобретение.

В Приложении 3 помещен акт внедрения результатов диссертационной работы.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Тарасов В.Ю. Экономика контакт-центров // Сети и системы связи. – 2002. – №14 – С.18 – 25.
2. Тарасов В.Ю. Абонентские сервисы в контакт-центре // Сети и системы связи. – 2003. – №2 – С.50 – 55.
3. Тарасов В.Ю. Корпоративный контакт-центр // Сети и системы связи. – 2003. – №10 – С.68 – 71.
4. Тарасов В.Ю. Повышение эффективности работы контакт-центра за счет интеграции с CRM системами и оптимизации управления процессами. // Тезисы докладов IV международного форума "BILLING. IT Telecom". – Москва. – 2003.
5. Тарасов В.Ю. Интеграция CRM и контакт-центра // Сети и системы связи. – 2004. – №6 – С.90 – 94.
6. Тарасов В.Ю. Организация однозоновых и многозоновых центров обработки вызовов. // Тезисы докладов III Международного Бизнес-форума "CallCenter CRM Solutions – 2004". – Москва. 2004.
7. Тарасов В.Ю. Анализ информационного обмена в центрах обработки вызовов пакетной телефонной связи. // Тезисы докладов 13-й Международной научно-технической конференции НТОРЭС им. А.С.Попова. – Рязань. – 2004.
8. Тарасов В.Ю. Пакетные технологии в контакт-центрах // Сети и системы связи. – 2005. – №9 – С.60 – 64.
9. Тарасов В.Ю. Оптимизация обслуживания вызовов в пакетной телефонной сети // Экономика и производство. – 2006. – № 1 – С.63 – 66.

Подписано в печать 05.02.2007. Формат 60x90/16.
Усл печ л 1.0. Тираж 100 экз. Заказ № 462.
Московский физико-технический институт
(государственный университет)