

**УЗБЕКСКОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ  
ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ**

На правах рукописи

УДК 621.377.6

**Чежимбаева Катипа Сламбаевна**

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ПЕРЕДАЧИ ГОЛОСА В СЕТЯХ С ПАКЕТНОЙ ТЕХНОЛОГИЕЙ С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОТОКОЛА IP**

Специальность 05.12.17- Радиотехнические и телевизионные  
системы и устройства

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Ташкент - 2008



## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Одним из важнейших направлений научно-технического прогресса в настоящее время являются коммуникационные системы, представляющие собой сети передачи информации. Координацию процессов передачи информации в распределенной системе, которой является сеть, осуществляют коммуникационные протоколы.

Технология передачи речевой информации по сетям с маршрутизацией пакетов IP, в первую очередь, отличается своей универсальностью, т.е. речь, может быть преобразована в поток IP- пакетов в любой точке сетевой инфраструктуры: на магистрали сети оператора, на границе территориально-распределенной сети, в корпоративной сети и даже непосредственно в терминале конечного пользователя.

Однако, несмотря на универсальность протокола IP, внедрение систем IP- телефонии сдерживается тем, что многие операторы считают их недостаточно надежными и качественными, плохо управляемыми и не очень эффективными, но грамотно спроектированная сетевая инфраструктура с эффективными механизмами обеспечения качества обслуживания делает эти недостатки малозначительными.

В оборудовании IP – телефонии используется множество модификаций процессоров DSP (Digital Signal Processor) – процессоров цифровой обработки сигналов со средней производительностью и малой мощностью. Процессоры DSP имеют архитектуры, оптимизированные для выполнения операций, которые характерны для типичных алгоритмов обработки сигналов, могут быть качественно модифицированы путем использования сплайн – интерполяции, как следствие этого, повышается скорость обработки сигналов и улучшается эхокомпенсация сигналов.

**Степень изученности проблемы.** В настоящее время существует актуальная научно-техническая проблема совершенствования сетевой инфраструктуры с эффективными механизмами обеспечения качества обслуживания в IP-телефонии, в частности, в спутниковой связи. За последние годы создано большое число систем спутниковой связи (ССС), различных по назначению, обслуживаемой территории, составу, числу и пропускной способности каналов. Для передачи информации между ИСЗ могут организовываться линии межспутниковой связи, повышающие гибкость спутниковых систем. В связи с этим дальнейшее проведение исследований и разработка новых технологий и систем ССС представляет безусловную практическую важность и актуальность. В широком смысле основная задача IP-телефонии заключается в обеспечении естественного речевого или видео общения как минимум двух лиц, являющихся абонентами различных коммуникационных сетей, посредством сети связи с коммутацией пакетов. IP-телефония позволяет существенно экономить требуемую полосу пропускания каналов, что неизбежно ведёт к снижению тарифов, особенно на междугородние и международные телефонные разговоры. Однако, для

широкого внедрения IP-телефонии в настоящее время имеются многие нерешенные технические проблемы (повышение качества и помехоустойчивости, увеличение эффективности передачи в корпоративных сетях, использование сплайн-интерполяции, эхокомпенсация, снижение задержек при прохождении речевой информации и др.). Диссертационная работа направлена на решение этих проблем.

### **Связь темы диссертационной работы с планом НИР.**

Исследованиями IP - телефонии занимаются в настоящее время во многих НИИ и телекоммуникационных компаниях. Увеличивается количество информации по НИР в различных учебных и научных институтах по данной тематике. Появляется большое количество публикаций. Работы в этом направлении активно ведутся также в Алматинском Институте Энергетики и Связи кафедрами «Автоматическая электросвязь» и «Телекоммуникационных систем» по хоздоговору с предприятием ТОО TeleKRONA на тему «Проектирование, расчет и создание корпоративной сети с использованием спутниковой связи» и в Ташкентском университете информационных технологий кафедрой «Устройства радиосвязи» по плану бюджетных научно-исследовательских работ по тематике «Параметрическая оптимизация узлов и систем радиоэлектронной аппаратуры».

### **Цель исследования**

Основными целями работы являются:

- исследование и разработка методов и путей повышения качества и помехоустойчивости сигналов IP – телефонии;
- повышение эффективности передачи в корпоративных сетях с использованием спутниковой связи;
- снижение задержек при прохождении речевой информации по сетям с маршрутизацией пакетов;
- проведение комплексных исследований и разработка новых технологий и систем спутниковой связи для использований в Республике Казахстан (Атырау - Актау) при осуществлении корпоративных сетей, в том числе подбор и расчет оборудования, энергетический расчет, оценка устойчивости связи, определение мощности передатчиков приема - передающих станций и др;
- поиски путей повышения качества связи при прохождении сигнала через шлюз. Методы и средства цифровой обработки сигналов дают возможность проведения исследований для решения этих проблем;
- при использовании двухпроводных абонентских линий актуальной является задача решения эхокомпенсации, особенность которой состоит в том, что необходимо компенсировать два различных плана сигналов - речь и телефонную сигнализацию;
- проведение исследований вопросов функционирования цифрового оборудования с целью его совершенствования: в том числе преобразования информации в цифровой форме АЦП и ЦАП, использование IP- телефонии, использование метода сплайн- интерполяции, расчет параметров качества передачи речевого сигнала в сетях с пакетной коммутацией.

### **Задачи исследования**

Для достижения данных целей в работе были проведены комплексные исследования обеспечения качества, передачи речи; разработаны способы организации передачи речи; определены факторы, влияющие на качество передачи; проведен анализ передачи пакетов; составлена математическая модель пакетного представления речи и разработана модель повышения надёжности при пакетном представлении речи.

**Объектом исследования** является организация спутниковой связи на участке Актау-Атырау (Казахстан) при использовании IP-телефонии и метода сплайн-интерполяции.

**Предметом исследований** является качественное объединение двух телекоммуникационных инфраструктур (интеграции голоса и данных) вместо одной, являющейся экономически более выгодным.

**Методы исследований** – установление факторов, влияющих на качество передачи и надежность; математические модели диалога пакетного представления речи и установления речи.

### **Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Разработка новых технологий и систем спутниковой связи для исследований в Республике Казахстан (Атырау- Актау) при осуществлении корпоративных сетей; разработка методов повышения качества связи при прохождении сигнала через шлюз; методы и средства цифровой обработки сигналов предполагают исследование этих проблем.

2. Решение задачи эхокомпенсации, особенность которой состоит в том, что необходимо компенсировать два различных плана сигналов - речь, и телефонную сигнализацию; математические модели диалога пакетного представления речи и установления речи;

3. Использование IP- телефонии и метода сплайн- интерполяции.

4. Расчет параметров качества передачи речевого сигнала в сетях с пакетной коммутацией.

5. Организация спутниковой связи на участке Актау-Атырау (Казахстан) в том числе подбор и расчет оборудования, энергетический расчет, оценка устойчивости связи, определение мощности передатчиков приема - передающих станций и др.

**Научная новизна результатов** диссертационной работы заключается в следующем:

- в разработке новой методики установления более качественной передачи речи по сетям с пакетной технологией в корпоративных сетях спутниковой связи;
- установлении факторов, влияющих на качество передачи и надежность;
- решении одной из основных проблем цифровой обработки сигналов в шлюзе - задачи эхокомпенсации с использованием сплайн – интерполяции;
- составлении математической модели пакетного представления речи;
- разработке модели повышения надежности при пакетном представлении речи, а также модели оптимизации сигнала полученного после эхокомпенсатора с использованием сплайн-интерполяции;

- составлении качественно модифицированной архитектуры, оптимизированной для работы процессоров DSP – процессоров цифровой обработки сигналов со средней производительностью и малой мощностью.

#### **Научная и практическая значимость результатов исследования:**

- разработанные методы цифровой обработки сигналов рекомендованы для применения при математическом обеспечении работы цифровых фильтров, эхокомпенсаторов, вокодеров, используемых в шлюзах;
- разработанное математическое обеспечение, рекомендовано для использования как в глобальном масштабе (для провайдеров и пользователей общественных сервисов телефонии и ИНТЕРНЕТ), так и в корпоративных сетях (для владельцев, руководителей и сотрудников, многочисленных предприятий);
- исследовано качественное объединение двух телекоммуникационных инфраструктур (интеграция голоса и данных) вместо одной, являющееся экономически более выгодным.

Впервые проведены следующие исследования, которые могут найти практическое применение:

- представлена математическая модель диалога пакетной представления речи, модель установления речи;
- использование сплайн-интерполяции при цифровой обработке сигналов;
- исследовано влияние целочисленных вычислений на свойства сходности адаптивных алгоритмов эхокомпенсаторов;
- проведен теоретический анализ работы эхокомпенсатора, использующийся в шлюзе при IP – телефонии, учитывающего при сигнальной обработке эффект сплайн-интерполяции.
- использование сплайн-интерполяции при цифровой обработке сигналов позволяет, не доводить сеть до состояния перегрузки для выявления доступной максимальной пропускной способности, поэтому потери пакетов в стабильном состоянии работы сети вообще не происходят. Таким образом, повышается эффективность использования сетевой инфраструктуры, что дает прямой экономический эффект;
- средняя длина очередей в маршрутизаторах сети минимальна, таким образом, среднее время транзитной задержки пакетов в сети снижается.

**Реализация результатов исследований.** Результаты диссертационной работы использовались в организации спутниковой связи для корпоративного предприятия ТОО «TeleKRONA», а также в учебном процессе на лабораторных работах, на кафедре «Телекоммуникационные системы» с использованием стенда «DEGEM» и с помощью программного продукта NET meeting, на кафедре «Автоматическая электросвязь» с применением пакета «System View», на кафедре «Автоматика и телемеханика» в КазНТУ, на кафедре УРС ТУИТ.

**Апробация результатов работы** Основные положения и результаты диссертационной работы обсуждались и докладывались на Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы транспортно-коммуникационного комплекса на пороге третьего тысячелетия»

посвященной 10-летию образования министерства транспорта и коммуникации РК в год 10 – летия независимости Казахстана. (г. Алматы, 2001, АИЭС); Международной конференции «Молодые ученые – 10-летию независимости Казахстана. Часть 3. (г. Алматы, КазНТУ, 2001)», 4-ой Международной научно-методической конференции «Новые информационные технологии в региональной инфраструктуре и образовании НИТРИО» (г. Астрахань, 2001); Международной научно-практической конференции « Правовое развитие Казахстана за десять лет государственной независимости», Часть 2.(г. Алматы, Академия МВД РК, 2001); Международной конференции «Телекоммуникационные и информационные технологии, состояние и проблемы развития» (г.Бишкек, 2002);VII Международной научно-методической конференции вузов и факультетов телекоммуникации (г. Ульяновск, 2002); Международной научной конференции «Наука и образование – ведущий фактор стратегии Казахстан - 2030», (г. Караганда. КарГТУ, 2005), Международной научной конференции "Роль и значение телекоммуникаций и информационных технологий в современном обществе" (г. Ташкент. 27-30 сентября 2006г).

**Опубликованность результатов.** Основные результаты диссертации опубликованы в 4-х научных статьях, 15 публикациях в виде трудов конференций и 4 публикациях в виде тезисов (докладов). На новое техническое решение подана заявка на Патент Казахстана.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений. Основная часть работы содержит 119 страниц машинописного текста, 39 рисунков и 9 таблиц. Приложение содержит 5 страниц. Список литературы содержит 72 наименования.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**В введении** обоснована актуальность проблемы использования спутниковых систем для осуществления связи и передачи данных. Сформулированы цели, объекты, предметы и методы исследований, показана теоретическая и практическая значимость проведенных исследований.

**В 1-ой главе** представлен краткий обзор технологий, используемых в корпоративных сетях спутниковой связи. Описаны услуги, предоставляемые в Казахстане, включающие: выделенный и коммутируемый доступ в Интернет, передачу данных, телекоммуникационные решения для банков и финансовых организаций, установку спутниковых станций типа VSAT.

Описана сеть, работающая в режиме постоянного централизованного контроля и управления и имеющая три резервирующих друг друга центра управления, которые находятся в гг. Москве, Алматы и Санкт-Петербурге. Сеть имеет шлюзы, позволяющие вести обмен данными, как с российскими сетями передачи данных, так и практически со всеми зарубежными сетями

общего пользования, с ведущими международными операторами, такими как AT&T, Cable & Wireless, Unisource и другие.

Приведено стратегическое планирование корпоративных сетей спутниковой связи, основные тенденции развития сетевых технологий локальных сетей нового поколения и пути повышения эффективности передачи информации в сетях спутниковой связи. Описано преобразование информации в цифровую форму и аналого-цифровые преобразования, метод аналого-цифровых и цифро-аналоговых преобразований на основе сплайн – интерполяций и применение IP-технологии в корпоративной сети.

Для построения сплайна необходимо измерить значения сигнала в некоторые моменты  $t_k, k = 0, 1, 2, \dots$ , называемые узлами интерполяции. Если сигнал  $x(t) \in C^n[0, T]$ , то интерполяционная формула дает полином Лагранжа степени  $n$ :

$$P_n(t) = \sum_{m=0}^n x(t_m) \frac{(t-t_0)(t-t_1)\dots}{(t_m-t_0)(t_m-t_1)\dots} \rightarrow \frac{\dots(t-t_{m-1})(t-t_{m+1})\dots(t-t_n)}{(t_m-t_{m-1})(t_m-t_{m+1})\dots(t_m-t_n)}. \quad (1)$$

Погрешность формулы (1) в общем случае может быть оценена как

$$R_n(t) \leq \max_t |x^{(n+1)}(t)| \cdot \frac{|(t-t_0)(t-t_1)\dots(t-t_n)|}{(n+1)!}. \quad (2)$$

Очевидно, чем выше  $n$ , тем, с одной стороны, выше точность интерполяции, а с другой – требуется обработка больших массивов  $(t_m, 0 \leq m \leq n)$  и  $(x(t_m), 0 \leq m \leq n)$ . Поэтому желательно подобрать минимально достаточную степень полинома Лагранжа (1), обеспечивающую удовлетворительное качество приближения исходного сигнала.

Отметим, что тригонометрические сплайны строятся только по нечетному числу точек. На основании проведенного анализа были сделаны следующие выводы:

Показаны достоинства IP – технологии, различия между традиционной телефонией с коммутацией линий и IP – телефонией. Приведен аналитический обзор информации по вопросам качества повышения надежности, сигнальной обработки в шлюзе, коммутация при пакетной передаче речи. Особое внимание уделено явлению электрического эхо, его отрицательное воздействие и возможные способы борьбы с эхосигналами.

#### **Выводы и постановка задач исследований:**

На основании проведенного обзора и анализа, имеющихся результатов по спутниковым системам связи были сделаны следующие выводы:

– имеющиеся способы передачи речи, видео и данных в корпоративных сетях спутниковой связи свидетельствуют о необходимости дальнейшего совершенствования оборудования и повышения качества передачи сигнала;

– установлена актуальность и необходимость дальнейшего повышения эффективности передачи в корпоративных сетях спутниковой связи;



– определено, что требования к качеству обслуживания, предъявляемые при передаче речи и данных, совершенно различны. Так если большинство компьютерных приложений допускают довольно-таки значительную задержку графика, то для речевых приложений - малая задержка и синхронизация сигнала - требования принципиальные;

– необходимо проводить практические расчеты для проектирования конкретных высокоэффективных сетей с использованием спутниковой системы связи, в том числе и для организации корпоративных сетей.

**Во 2-ой главе** описаны выбор оборудования доступа и интерфейса; приведены основные технические характеристики антенн, приемопередатчика, радиочастотных кабелей, спутникового модема, оптоволоконного модема, радиорелейных антенн, узловых маршрутизаторов, параболических антенн для клиентских станций, эхозаградителей на основе цифрового процессора обработки сигналов.

В городах Актау и Атырау установлены одинаковые спутниковые станции. Спутниковый трансивер Codaq серии 5900 Ku диапазона отличается целым рядом преимуществ и улучшенными параметрами систем связи.

Применение малощумящего усилителя на входе уменьшает мощность шумов и, соответственно, повышает чувствительность приемника базовой станции. Выигрыш в чувствительности приемника тем больше, чем меньше коэффициент шума МШУ и выше его усиление. Однако величина коэффициента усиления ограничена динамическим диапазоном приемного тракта базовой станции.

Спутниковый модем Paradise DataCOM P310 наиболее подходит для реализации данного канала. Цифровая обработка сигналов упраздняет традиционные регулировки в процессе производства и сервисного обслуживания. Прямой синтез частоты позволяет устанавливать шаг по промежуточной частоте один герц и шаг по скорости передачи один бит в секунду.

Описана организация цифрового канала передачи данных в г. Актау с прокладкой оптоволоконной линии, на концах которой будут располагаться оптоволоконные модемы Nateks FG FOM4. FlexGain FOM4, обеспечивает высококачественную передачу 4-х каналов E1 по волоконно-оптической линии связи (ВОЛС) на большие расстояния.

В качестве оборудования радиорелейной линии была выбрана продукция фирмы Ericsson - MINI-LINK™E.

Серия узловых маршрутизаторов Cisco 1700 была специально разработана для тех организаций, которые заинтересованы в надежном, с точки зрения безопасности, подключении своих корпоративных сетей к виртуальным частным сетям (Virtual Private Networks) и к глобальным сетям.

Приемопередающая сегментопараболическая антенна модели QLP CA130094 используется для создания радиоканалов на больших расстояниях (до 50 км). Две такие антенны, подключенные непосредственно к сетевым радиокартам или радиобриджам, и направленные друг на друга

обеспечивают дальность связи до 20 км., с усилителями (с каждой стороны) дальность связи возрастает до 50 км.

Для устранения мешающего действия эффекта электрического эха протяженные телефонные каналы оборудуются специальными устройствами – эхоградиентами.

На основании проведенных исследований были сделаны следующие выводы:

Был сделан выбор и обоснование оборудования доступа и интерфейсного оборудования, обусловленные эксплуатационными параметрами и стоимостью основных узлов спутниковой связи.

В соответствии с этими требованиями оборудование состоит из:

- высокочастотного блока, состоящего из антенны и приемопередающего блока. Антенна должна оставаться работоспособным при скорости ветра 20-25 м/с и не должна разрушаться при 40-50 м/с; обеспечить малый уровень мощности излучения на боковых лепестках диаграммы направленности антенн;

- спутника трансивера Codan серии 5900 Ku, который обладает рядом преимуществ и улучшенными параметрами систем связи (полная влагозащищенность и пылезащищенность), среднее время выработки 160000 часов, высокая линейность характеристик; внутренние системы защиты; возможность организации системы с дублированием «горячего» типа;

- высокочастотного кабеля (RF) с затуханием, не превышающей 3db, с волновым сопротивлением – 50 Ом (SAT – 703) (для IDU и ODU). Для передачи цифрового канала данных в г. Актау, требуется прокладка оптоволоконной линии, на концах которой будут располагаться оптоволоконные модемы Nateks FG FOM4/ Flex Gain FOM4 обеспечивающие высококачественную передачу 4-х каналов E1 по ВОЛС;

- спутникового модема Paradise Data COM P310 предназначенного для кодирования передаваемого цифрового потока, пришедшего из мультиплексора, модулирования сигнала по IF, необходимого усиления и передачи сигнала на внешний блок и обратной процедуры;

- продукции фирмы Ericsson - MINI-LINK™E (в качестве оборудования радиорелейной линии);

- сети на основе серии Cisco 1700, которая позволяет конечным пользователям минимизировать затраты на установку, настройку и поддержание пользовательской сети (для построения виртуальных частных многосервисных сетей);

- параболической антенны Wire Grid с диапазонами частот 2400-2500MHz (для создания радиоканалов на больших расстояниях для клиентских станций);

- эхоградиентов и эхоподавителей на основе цифрового процессора обработки сигналов KM1813BE1 (для устранения мешающего действия эффекта электрического эха протяженные телефонные каналы).

**3-я глава** посвящена энергетическому расчету и проектированию спутникового канала (линий «вверх» и «вниз») для конкретной линии Атырау – Актау.

Энергетический расчет спутниковых линий позволяет определять значения мощности передатчиков земных приемно - передающих станции, при которых спутниковый канал надежно работает в условиях помех и не содержит излишних энергетических запасов.

Для расчета энергетики радиолиний был выбран в качестве используемого ИСЗ спутник Intelsat 904 (60° в.д.). Произведен энергетический расчет линий спутник-Земля и Земля-спутник. Расчет производится в децибелах. Земные станции располагаются в городах: ЗС1 - в городе Актау, координаты которого 43°40' с.ш. и 51°07' в.д.; ЗС2 - в городе Атырау, координаты которого 47°07' с.ш. и 51°53' в.д.

Проведен также выбор оборудования радиорелейной линии для организации беспроводной связи между офисом клиента и узловой станцией в городе Актау. Для максимального использования ресурсов спутникового канала размер окна передачи TCP должен быть не меньше величины  $L_{\text{ш}} = C \cdot T_s$ , где  $C$  - пропускная способность канала, а  $T_s$  - время задержки в канале. Установлено, что для повышения производительности интерактивных трафиков необходимо минимизировать их интерактивность.

В этой же главе представлены расчеты - энергетического РРЛ, устойчивости связи, пропускной способности глобальной сети, дальности беспроводных каналов диапазона 2,4 ГГц и проведено моделирование процесса передачи трафика TCP по реальному спутниковому каналу.

#### **Выводы:**

1. Расстояние от ЗС до бортовых ретрансляторов равен 38170м, мощность ретранслятора 24,3 Вт, затухание энергии в свободное пространство  $L=205$  дБ.

2. Мощность передатчика 35 Вт. Расчеты показали, что при работе земной станции ЗС1 на бортовой ретранслятор требует мощность 10,4 Вт.

3. Расчет РРЛ показал, что антенна на крыше здания, где расположен офис клиента, не требует подвеса, что обусловлено малой длиной пролета, соответственно пренебрежимо малым влиянием кривизны Земли, и тем, что офис клиента находится выше препятствия. Для MINI LINK 13-Е коэффициент системы равен  $SG=110$  дБ. Результаты расчета по устойчивости связи на РРЛ показали, что  $T_{\Sigma} = T_{\text{опт}} (6,836 \cdot 10^{-5} < 3,075 \cdot 10^{-4})$ , т.е. связь на участке устойчива.

4. При расчете дальности беспроводных каналов диапазона 2,4 ГГц в качестве исходных параметров брались: выходные мощности  $P_{\text{пра}}$  и коэффициент усиления штатных антенн, чувствительность, затухание в кабеле. В результате расчета установлено, что мощность полезного сигнала в точке приема составляет - 81,2 дБ. Величина чувствительности приемника  $P_{\text{мин}}$ , определяющая минимально необходимую для нормального приема

мощность полезного сигнала на входе приемника для беспроводных сетей линий в пределах от -94 до -67 дБ.

5. Так как спутниковые каналы очень часто становятся основой крупных глобальных сетей, связывающих в единое информационное пространство города и целые регионы для исследования влияния задержек в канале на скорость передачи интерактивного трафика было проведено моделирование на спутниковом канале 64 кБит/с.

В 4-ой главе приводятся результаты расчета ВОЛС, соединяющей спутниковый узел ТОО «СА-Телком» с офисом клиента в г. Атырау, а также расчет параметров качества передачи речевого сигнала в сетях с пакетной коммутацией.

Обоснован выбор волоконно-оптического кабеля (волоконно-оптический кабель типа А-DF(ZN)2Y3X4E9/125 0.38F3.5+0.22H3.5). Рассчитаны его характеристики: апертура, нормированная частота, дисперсия, регенерационная длина, коэффициент затухания, равный величине 0,22 децибел на километр.

Произведена оценка долговечности ВОЛС, сделан расчет параметров оптического кабеля, расчет взаимных влияний в оптическом кабеле, расчет передаточных характеристик проектируемой ВОЛС.

Проведен расчет параметров качества передачи речевого сигнала в сетях с пакетной коммутацией, разработана модель повышения надежности доставки информации при пакетном представлении речи, расчет задержки сообщений при передаче речи, расчет трафика при IP- телефонии и произведена оценка пропускной способности канала. Для расчета необходимой пропускной способности магистрального канала связи был использован математический аппарат теории массового обслуживания (МО).

#### Математическое моделирование компенсационным методом подавления электрического эха в телефонных каналах.

Во 2-й главе было представлено эхо сигнал (формулой 2.10), полоса частот которого ограничена частотой  $f_c = \omega_c/2\pi$ .

Поскольку эхо не может опережать сигнал, то  $h(m\tau) = 0$  (при отрицательной  $m$ ). Так как система является устойчивой, то эхо через определенное время  $\tau$  становится меньше некоторого заданного уровня, например, помехи в тракте передачи. Поэтому практически суммирование в (1.21) ограничивается конечным числом членов  $m = 0.1.2 \dots M$ . Сравнивая, это с линией задержки с таким же числом отводов, можно записать следующее выражение для остаточной величины эхосигнала  $r_n(t)$  от импульса сигнала  $a_n$

$$r_n(t) = a_n \sum_{m=0}^M [h(m\tau) - g_m] \frac{\sin \omega_c [t - (m-n)\tau]}{\omega_c [t - (m+n)\tau]}, \quad (3)$$

где  $g_m$  - коэффициент передачи в цепи  $m$ -го отвода линии задержки, характеризуемый величиной и знаком. Подбирая коэффициенты  $g_m$  так, чтобы  $g_m - h(mt) \rightarrow \min$ , можно полностью скомпенсировать остаточное эхо.

Коэффициенты передачи  $g_m$  определяются с помощью сплайн-интерполяции.

Алгоритм, реализующий модель эхо - компенсации, построен следующим образом.

Определяются амплитуды сигнала  $a_n$  в моменты времени  $nt$  по (2.6), затем вычисляется эхо сигнал по формуле 2.10 (глава 2).

Зная значения, эхо сигнала в некоторые моменты  $t_k$ ,  $k=0,1,2, \dots$ , определяем их как узлы интерполяции и восстановим  $\hat{e}(t)$ .

Интерполяция и аппроксимация с помощью сплайн - функций обеспечивает непрерывность производных функции  $e(t)$  и дает незначительные погрешности в промежутках между узлами. Кроме того, сплайн - интерполяция обеспечивает правильное асимптотическое поведение  $e(t)$  при изменении аргумента  $t$  за пределами интервала интерполяции.

Разность между эхосигналом  $e(t)$  и сформированной с помощью сплайн - интерполяции функцией  $\hat{e}(t)$  в узлах интерполяции обращается в ноль, а в промежутках между узлами является незначительной (рис. 1).

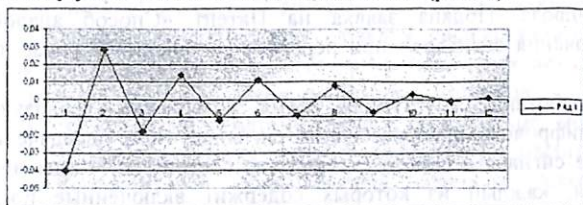


Рис. 1. Функциональное изменение разности между эхосигналом  $e(t)$  и сформированной с помощью сплайн - интерполяции функцией  $\hat{e}(t)$

Таким образом,  $r_n(t) \rightarrow 0$ .

Следует отметить, что вычислительный аппарат сплайн-интерполяции не относится к числу сложных и не требует большого объема памяти, что является преимуществом предлагаемого метода компенсации электрического эхо.

### Выводы:

– 1. Проведенный расчет параметров ОК (оптического кабеля), показал, что регенерационная длина кабеля составляет 161,4 км, коэффициент затухания кабеля  $A-DF(ZN)2Y3X4E9/125\ 0/38F3/5+0/22H3/5$  равен 0,22 дБ, полоса пропускания составляет  $\Delta F=622$  МГц, минимальная скорость передачи  $F_{\min}=1,833 \cdot 10^3$  км/с:

– 2. При расчете параметров качества передачи речевых сигналов сетях с пакетной коммутацией определялись: время передачи пакета (7,815 с), время запаздывания (7,343), результирующая задержка 0,003 с.

– 3. Установлено, что при оптимизации длины пакета: оптимальная длина информационной части пакета равен 242 бита;

- 4. Разработана модель и алгоритм для первого и второго момента пребывания ячеек различных классов в СМО;
- 5. Расчет систем использования канала связи показал, что при скорости 155 Мбит/с канал практически не занят;
- 6. Разработанная математическая модель эхо сигнала интерполяция и аппроксимация с помощью сплайн - функций обеспечивает непрерывность производных функции  $e(t)$  и дает незначительные погрешности в промежутках между узлами. Кроме того, сплайн – интерполяция обеспечивает правильное асимптотическое поведение  $e(t)$  при изменении аргумента  $t$  за пределами интервала интерполяции. Разность между эхосигналом  $e(t)$  и сформированной с помощью сплайн – интерполяции функцией  $\hat{e}(t)$  в узлах интерполяции обращается в ноль, в промежутках между узлами является незначительной. Таким образом, достоинствам использованием сплайн-интерполяции минимизированный эхосигнал.

**В 5-ой главе** приведены экспериментальные исследования по передаче сообщений и обработке сигнала через шлюз при использовании сплайн-интерполяции.

На рисунке 2 приведена структурная схема устройства, реализующего способ шлюза. Подана заявка на Патент «Способ аналого-цифрового преобразования сигналов» при передаче сообщений и обработке сигнала в шлюзе.

Разработана структурная схема устройства, реализующая способ аналого-цифрового преобразования сигналов при передаче сообщений и обработке сигнала в шлюзе. Устройство состоит из  $N$  идентичных каналов обработки, каждый из которых содержит включенные последовательно устройства выборки и хранения и аналого-цифровой преобразователь (АЦП) который содержит также сплайн-интерполятор, содержащий блок формирования коэффициентов сплайна и блок формирования сплайна. Блок формирования коэффициентов сплайна включает коммутатор, элементы задержки, множитель, сумматор, блок вычитания и блок памяти.

Повышение быстродействия и эффективности аналого-цифрового преобразователя осуществляется за счет сплайн-интерполяции, введенной в обработку сигналов.

За счет введения сплайн-интерполяции, т.е. прореживания сигналов, уменьшается время обработки сигналов и увеличивается эффективность работы аналого-цифрового преобразователя.

Далее в работе был проведен расчет параметров задержки. В результате расчета были сделаны следующие **выводы**:

1. При увеличении числа абонентов полное время задержки информации при выполнении услуги ( $T_{уп}$ ) снижается;
2. Полное время задержки выдачи информации одной транзакции при запросе на интеллектуальную услугу ( $T_{тр}$ ) увеличивается.

3. Время ожидания в очереди ( $T_{во}$ ) увеличивается при приросте числа абонентов. Увеличивается и коэффициент загрузки ОКС ( $R_2$ ), а также интенсивность заявок на услуги в ЧНН и в 1 секунду.

**В заключении диссертации** сформулированы основные научные и практические результаты диссертационной работы.

Результаты исследования методов повышения эффективности передачи голоса в сетях с пакетной технологией с использованием протокола IP, были использованы для организации спутникового канала по направлению Атырау - Актау компанией «СА-Телком» (Golden Telecom Kazakhstan).

Были произведены расчеты энергетика спутниковой линии Атырау-Актау, расчет энергетика и оценки долговечности ВОЛС, расчет радиорелейной линии. Была составлена подробная структурная схема организации спутникового канала. Проведен расчет пропускной способности глобальной сети и моделирование процесса передачи трафика TCP по реальному спутниковому каналу.

Проведен расчет ВОЛС, соединяющей спутниковый узел ТОО «СА-Телком» и офисом клиента в г. Атырау, а также расчет параметров качества передачи речевого сигнала в сетях с пакетной коммутацией. Разработаны модели повышения надежности и доставки информации при пакетном представлении речи. Произведены расчеты задержки сообщений при передаче речи, IP трафика, степени использования канала связи и нагрузки ИС. Эти результаты используются в учебном процессе, для лекции по IP-телефонии, для расчета средства цифровой обработки сигналов.

Полученные разработанное математическое обеспечение, может быть рекомендовано для использования как в глобальном масштабе (для провайдеров и пользователей общественных сервисов телефонии и ИНТЕРНЕТ), так и в корпоративных сетях (для владельцев, руководителей и сотрудников, многочисленных предприятий).

Проведены экспериментальные исследования по передаче сообщений и обработке сигнала при использовании через шлюз.

Выполнена техническая реализация и внедрение в учебно-лабораторных работах.

Результаты диссертационной работы успешно внедрены при выполнении научных исследований и разработок в учебном процессе (практические лабораторные работы).

В целом диссертация представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, в которой содержатся решения задач повышения эффективности передачи голоса в сетях с пакетной технологией с использованием протокола IP.

**В приложениях приведены:** А - листинг программы - первый момент пребывания ячеек, в соответствии с алгоритмом второго момента пребывания ячеек, представлен листинг программы; Б - листинг программы для расчета задержки сообщений при передаче речи; В - листинг программы реализации расчета высот подвеса антенн РРЛ; Г - структурная схема спутникового канала передачи данных по направлению Атырау – Актау.

### Список опубликованных работ.

1. Айтмагамбетов А.З., Казиева Г.С., Кичкенбаева А.Т., Чежимбаева К.С.. Анализ некоторых параметров при интегрировании методов и средств обработки сигналов в IP-телефонии Казахстана. / Труды Международной конференции «Актуальные проблемы транспортно-коммуникационного комплекса на пороге третьего тысячелетия», Алматы, 2001г., АИЭС. – с. 74-77.
2. Айтмагамбетов А.З., Кичкенбаева А.Т., Чежимбаева К.С. К вопросу о сжатии информации при сигнальной обработке в IP-телефонии./Труды конференции КазНТУ, Алматы, 2001г.,- с. 568-573.
3. Казиева Г.С., Кичкенбаева А.Т., Чежимбаева К.С.. К вопросу о сигнальной обработке в шлюзе в IP-телефонии. /Труды конференции КазНТУ, Алматы, 2001г.,- с. 658-661.
4. Айтмагамбетов А.З., Казиева Г.С., Кичкенбаева А.Т., Чежимбаева К.С. Некоторые вопросы сокращения временной задержки сообщений в IP-телефонии. / Материалы 4-ой международной научно-методической конференции. Новые информационные технологии в региональной инфраструктуре и образовании НИТРИО -2001. Астрахань. - с. 299-300.
5. Казиева Г.С., Кичкенбаева А.Т., Чежимбаева К.С. Использование некоторых аспектов компьютерных услуг (IP-телефония) в ОВД РК. / Материалы международной научно-практической конференции. Правовое развитие Казахстана за десять лет государственной независимости. Часть 2. Академия МВД РК. Алматы, 2001г. - с. 320-323.
6. Айтмагамбетов А.З., Казиева Г.С., Кичкенбаева А.Т., Чежимбаева К.С. К вопросу адаптивной коррекции сигналов в IP-телефонии. /Материалы Международной конференции «Телекоммуникационные и информационные технологии, состояние и проблемы развития» Бишкек, 2002. - с. 43-45.
7. Айтмагамбетов А.З., Казиева Г.С., Кичкенбаева А.Т., Чежимбаева К.С. Исследование некоторых временных и частотных характеристик кодеков АДИКМ при использовании IP-телефонии. /Материалы Международной конференции «Телекоммуникационные и информационные технологии состояние и проблемы развития» Бишкек, 2002. - с. 175-177.
8. Айтмагамбетов А.З., Казиева Г.С., Кичкенбаева А.Т., Чежимбаева К.С. К вопросу доставки информации в новых телекоммуникационных технологиях, используемых в учебном процессе. /Материалы международной научно-практической конференции «Технология высшего образования в XXI веке: проблемы и перспективы развития». Актобе, 2002. - с. 114 –11.
9. Айтмагамбетов А.З., Казиева Г.С., Кичкенбаева А.Т., Чежимбаева К.С. Некоторые аспекты внедрения в учебный процесс вопросов IP-телефонии. / VII Международная научно-методическая конференция вузов и факультетов телекоммуникации. Ульяновск, 2002.- с. 9–10.
10. Айтмагамбетов А.З., Казиева Г.С., Кичкенбаева А.Т., Чежимбаева К.С. Вопросы синтеза адаптивной системы для сообщения искаженного шумом источника при IP-телефонии.// Профессиональный журнал о



телекоммуникациях. Информационные телекоммуникационные сети Алматы: 2002 - №1. - с. 44-45.

11. Казиева Г.С., Чежимбаева К.С. Вопросы обеспечения гарантированного качества передачи речи по сетям с пакетной коммутацией. /Труды Международной научной конференции «Наука и образование – ведущий фактор стратегии Казахстан -2030». Караганда. Кар ГТУ, 2005г.- с. 118-120.

12. Чежимбаева К.С. Об оценке качества воспроизведения речи при цифровой передаче. / Труды Международной научной конференции «Наука и образование – ведущий фактор стратегии Казахстан -2030». Караганда. Кар ГТУ, 2005г.- с. 148-150.

13. Казиева Г.С., Чежимбаева К.С. Некоторые методы решения проблем в IP - телефонии. /Сборник тезисов. Научно - практическая конференция "Проблемы развития энергетики и телекоммуникаций в свете стратегии индустриально-инновационного развития Казахстана" (22-25 сентября 2005г). - Алматы.-с.87.

14. Казиева Г.С., Чежимбаева К.С. К вопросу о системных и технологических в IP - телефонии. /Сборник тезисов. Научно - практическая конференция "Проблемы развития энергетики и телекоммуникаций в свете стратегии индустриально-инновационного развития Казахстана" (22-025 сентября 2005г).-Алматы.-с.69

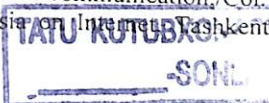
15. Чежимбаева К.С., Кусен К.Е. К вопросу о необходимости скорости канала связи для локальной сети. /Труды международной научной конференции "Роль и значение телекоммуникаций и информационных технологий в современном обществе" Ташкент. (27-30 сентября 2005г).- с. 181-185.

16. Чежимбаева К.С., Кусен К.Е. Использование цифровой обработки сигналов при определении характеристик цифрового фильтра в шлюзе IP-телефонии. /Труды международной научной конференции "Роль и значение телекоммуникаций и информационных технологий в современном обществе" Ташкент. (27-30 сентября 2005г).-с. 261-264.

17. Казиева Г.С., Чежимбаева К.С. Некоторые аспекты архитектуры полностью оптических локальных сетей. /Труды конференции. 5-я Международная научно-техническая конференция. «Энергетика, Телекоммуникации и высшее образование в современных условиях» (21-22 сентября 2006г).-Алматы.-с.405-409.

18. Казиева Г.С., Чежимбаева К.С. Некоторые способы реализации технологии VPN-соединения. /Труды конференции. 5-я Международная научно-техническая конференция. «Энергетика, Телекоммуникации и высшее образование в современных условиях» (21-22 сентября 2006г).- Алматы.-с.409-412.

19. G.S. Kazieva, K.S. Chezhimbaeva, T.D. Radjabov, The efficiency of the information transfer to networks of satellite communication./Col. of Thesis, , 2-nd International Conference in Central Asia on Internet, Tashkent, 19-21 Sept. 2006, ISA-2006, Session 3,p.4.



20. Патент №17667 Казахстан, Алматы. Ұлттық санаткерлік меншік институты РМҚК., /Заявка на Патент Казахстана, Способ аналого- цифрового преобразования сигналов, Чежимбаева К.С., Казиева Г.С. (Казахстан) – 25.08.2006.

21. Т.Д. Раджабов, К.С. Чежимбаева, Некоторые аспекты исследований кодеров в  $\mathcal{JP}$ - телефонии, //Узбекский журнал: Проблемы информатики и энергетики, Ташкент, 2007, № 3, стр.66-70.

22. К.С.Чежимбаева, Т.Д. Раджабов, Г.С.Казиева, К.Кусен, Организация корпоративных сетей с использованием спутниковой системы //Aloqa Dunyosi, № 3, 2007, стр.16-24.

23. К.С.Чежимбаева, Т.Д. Раджабов, Математическое моделирование компенсационного метода подавления электрического эхо в телефонных каналах, //Научно- информационный аналитический журнал, Вестник ТУИТ, Ташкент, 2007, № 4, стр.55-56.

## РЕЗЮМЕ

диссертации **Чежимбаевой Катипы Сламбаевны** на тему "**Исследование методов повышения эффективности передачи голоса в сетях с пакетной технологией с использованием протокола IP**" на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.17 – "**Радиотехнические и телевизионные системы и устройства**".

**Ключевые слова:** спутник связи, протокол IP, система связи, речевой пакет, корпоративная сеть, эхокомпенсатор, математическая модель, коммутация, пропускная способность, сплайн-интерполяция, устойчивость связи.

**Объекты исследования:** Спутниковая связь, качество и помехоустойчивость сигналов IP- телефонии, корпоративная связь, передача речевой информации по сетям с маршрутизацией пакетов, математические модели пакетного представления речи, сплайн-интерполяция.

**Цель работы:** Комплексные исследования системы спутниковой связи при осуществлении корпоративной сети, методов повышения качества и помехоустойчивости сигналов IP - телефонии, разработка математической модели пакетного представления речи, использование сплайн-интерполяции.

**Методы исследования:** Методы цифровой обработки сигналов для применения при математическом обеспечении работы цифровых фильтров, эхокомпенсаторов, вокодеров. Определение основных факторов, влияющих на качество передачи и надежность. Методы повышения эффективности передачи корпоративной сети с использованием спутниковой связи.

**Полученные результаты и их новизна:** Разработана новая методика установления более качественной передачи речи с пакетной технологией. Впервые проведена разработка математических моделей пакетного представления речи, повышения надежности при пакетном представлении речи и модели оптимизации сигнала, полученного после эхокомпенсатора с использованием сплайн-интерполяции.

**Практическая значимость:** Проведены основные расчеты, проектирование и организация корпоративной сети с использованием спутниковой связи для предприятия TOO – TeleKRONA. Математическое обеспечение рекомендовано как для использования провайдером и пользователям общественных сервисов телефонии и Интернет, так и в корпоративных сетях предприятий.

**Степень внедрения и экономическая эффективность:** Результаты исследований переданы для организации корпоративной с использованием спутниковой связи. Результаты также переданы для использования в учебном процессе в КазНТУ и ТУИТ.

**Область применения:** Проектирование и организация связи с использованием спутниковых систем для корпоративных предприятий. Результаты математических разработок рекомендованы для использования в глобальных масштабах и в корпоративных сетях.

Техника фанлари номзоди илмий даражасига талабгор Чежимбаева Катипа Сламбаевна 05.12.17 – Радиотехник ва телевизион қурилмалар ва тизимлар ихтисослиги бўйича «IP протоколини қўллаш орқали пакетли технологияли тармоқларда овоз сигналларини узатиш самарадорлигини ошириш услубларини тадқиқ қилиш» мавзусидаги диссертациянинг

### **ҚИСҚАЧА МАЗМУНИ**

**Таянч сўзлар:** Йўлдошли алоқа, IP протоколи, алоқа тизими, овоз сигналли пакет, аналог-рақам ўзгартиргичи, корпоратив тармоқ, эхокомпенсатор, математик модел, коммутация, ўтказиш қобилияти, тармоқли инфратузилма, шовкин бардошлилиги, сплайн-интерполяция, алоқа барқарорлиги.

**Тадқиқот объектлари:** йўлдошли алоқа, IP-телефониядаги сигналларнинг сифати ва шовкин бардошлилиги, корпоратив алоқа, пакетли маршрутизация тармоқлар бўйича овоз ахборотларини узатиш, овоз сигналли пакетли кўринишдаги математик модели ва уни сифатини ошириш, сплайн-интерполяцияси.

**Ишнинг мақсади:** корпоратив тармоқларни амалга оширишда сунъий йўлдошли алоқа тизимини комплексли тадқиқ қилиш, IP-телефониядаги сигналларнинг сифати ва шовкин бардошлилиги ошириш услублари, овоз сигналли пакетли кўринишдаги математик модели, сплайн-интерполяциянинг қўлланилишини тадқиқ қилиш.

**Тадқиқот усуллари:** Рақамли филтрларни, акс садо компенсаторларини, вокодерларнинг ишлашини математик таминлашда қўлланилиши учун сигналларни рақамли қайта ишлаш услублари. Узатиш сифатига ҳамда ишончлилигига таъсир этувчи асосий омилларни аниқлаш услублари. Йўлдошли алоқани қўллаш ёрдамида корпоратив тармоқларда сигналларни узатиш самарадорлигини ошириш услублари.

**Олинган натижалар ва уларнинг янгилиги:** Коорпоратив сунъий йўлдошли алоқа тармоқларида янги танланган усулни ишлаб чиқишда тармоқларда пакетли технологиялар ёрдамида товуш сигналларини сифатлироқ узатилиши тадқиқ қилинган. Биринчи марта товуш сигналларини пакетланган кўринишда тасвирлашнинг математик моделини тузилган. Товуш сигналли пакетли узатишда ишончлиликини ошириш моделини, шунингдек, сплайн-интерполяциядан фойдаланган ҳолда эхокомпрессордан қабул қилинган сигнални оптималлаштириш моделларини ишлаб чиқилган.

**Амалий аҳамияти:** Сунъий йўлдошли алоқали корпоратив тармоқнинг асосий параметрларни ҳисоблаш натижалари, лойихалаштириш ва ташкиллаттиришлари келтирилган.

**Татбиқ этиш даражаси ва иқтисодий самарадорлиги:** Илмий ишнинг натижалари сунъий йўлдошли алоқа ташкилотлари учун, ТОО “TeleKRONA” корператив ташкилоти учун, KozMTU ва TATUнинг укув жараёнининг учун берилган.

**Қўлланиш соҳаси:** телекоммуникация соҳасининг барча тармоқли алоқаларида. Математик ишлаб чиқиш натижалари глобал масштабда ва корпоратив тармоқларда куллаш учун тавсия этилган.

## RESUME

Thesis of Chezhimbaeva Katipa Slambaevna on the scientific degree competition of candidate of science in 05.12.17 speciality - " Radio engineering and television systems and devices "subject: " Research of methods of increase of efficiency of transfer of a voice in network with packet technology with use of the protocol IP "

**Key word:** the satellite of communication, protocol IP, system of communication, speech packet, corporate network, echocompensation, mathematical model, switching capacity, splain-interpolation.

**Subjects of the inquiry:** the satellite communication, quality and noise stability of signals IP- telephony, corporate communication, transfer of a speech information on network with routing of packets, mathematical models of packet submission of speech, splain-interpolation.

**Aim of the inquiry:** complex researches of a system of satellite communication for realization of a corporate network, researches of methods of increase of quality and noise stability of signals IP - telephony, development of a mathematical model of packet submission of speech, research of use of a splain-interpolation.

**Methods of the inquiry:** methods of digital processing of signals for application by mathematical of software of work of digital filters, echocompensation, vocoders. Definition of major factors influencing to quality of transfer and reliability. Methods of increase of efficiency of transfer of a corporate network with use of satellite communication.

**The results achieved and their novelty:** the new technique of installation better transfers of speech with packet technology is developed. For the first time development of mathematical models of batch submission of speech, increase of reliability packet submission of speech and model of optimization of a signal obtained after echocompensation with use of a splain-interpolation .

**Practical value :** the main accounts, designing and organization of a corporate network with use of satellite communication for the enterprise TOO - TeleKRONA are conducted. The software is recommended as for use as on for consumers and users of public services of a telephony and Internet, and in corporate network of the enterprises.

**Degree of embed and economic effectivity:** the outcomes of researches are transferred for organization corporate networkt with use of satellite communication. The outcomes also are transferred for use in educational process in KazNTYU and TUIT. **Degree of embed and economic effectivity**

**Sphere of usage:** designing and organization of communication with use of satellite systems for the corporate enterprises. The outcomes of mathematical development are recommended for use in global scales and in corporate networks. The outcomes of mathematical development are recommended for use in global scales and in corporate networks.

---

Подписано к печати

2008. Формат 60x84 1/16

Объём 1 п.л. Тираж 100. Заказ № 203.

---

Отпечатано в типографии ТГТУ. г. Ташкент.

Ул. Талабалар, 54, тел: 396-63-84