

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИЙ
 ДИ. И. Ф. СТИЛИНА

СОБРЕМЕННЫЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СЕТИ СВЯЗИ

Микроинтеграция элементов с аналоговыми приборами



Современные интеллектуальные сети связи: методические указания к лабораторным работам / Рязань, гос. радиотехн. ун-т, соот. В.Т. Давыдов. Рязань, 2022. 48 с.

Содержит материал для выполнения лабораторных работ, посвященных изучению организации IP-сетей и функционирования возможностей корпоративных АТС. В первой лабораторной работе рассмотрены возможности предоставления VoIP-сети с использованием программной АТС Asterisk в среде управления Elastic. Во второй лабораторной работе рассмотрены технические основы сетей IP, телефонии и протокола управления сессиями SIP. В третьей лабораторной работе рассмотрены технические основы сетей IP, телефонии, мультимедиа, мультимедиа в телефонной связи. В четвертой лабораторной работе описывается взаимодействие с центральными базами данных, использующихся в сетях сессии.

Предназначены для обучения бакалавров и магистров по направлению подготовки «Информационные технологии и системы связи» и специальностей по специальности «Радиотехнические системы и комплексы».

Табл. 2. Ил. 31. Библиогр. – 14 назв.

ИЗДАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЕ НЕФОРМАЛЬНОЕ, ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ СЕТИ

Перечислены по решению редакционно-издательского совета Рязанского государственного радиотехнического университета. Редакция: кафедра радиотехники и связи Рязанского государственного радиотехнического университета (инж. зап. кафедра) В.Т. Давыдов.

Современные интеллектуальные сети связи

Составитель: Давыдов В.Т. и др. Рязань: Тимур

Издатель: ИД. Чернышова

Корректор: С.В. Малахова

Подписано в печать 29.04.22. Формат бумаги 60х84 1/16.

Бумага писчая. Печать офсетная. Усл. печ. л. 3,0.

Тираж 50 экз. Заказ 4402.

Рязанский государственный радиотехнический университет, 390003, Рязань, ул. Т.И.Иванова, 59/1.

Редакционно-издательский центр РГРТУ.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1 Неиспользование VoIP-сети с использованием DHCP-сервера на базе программы Cisco Packet Tracer

Цель работы

Ознакомиться с особенностями построения и составом VoIP-сети. Получить навыки работы с программой построения VoIP-сети.

1. Теоретическая часть IP-телефония

VoIP (передача голоса по IP-протоколу) или IP-телефония - это технология, которая обеспечивает передачу голоса в сетях с пакетной коммутацией по протоколу IP, частным случаем которых являются сети Интернет, а также другие IP-сети (например, выделенные цифровые каналы). Для связи сети Интернет (IP-сети) с телефонной сетью общего пользования PSTN, которая относится к глобальной сети с коммутацией каналов, используются специальные аналоговые VoIP-шлюзы. Сети Интернет через цифровые шлюзы VoIP связаны с телефонными сетями ISDN (цифровая сеть связи с цифровыми телефонными сетями ISDN). Кроме того, интеграция VoIP в сети сотовой связи является практически неизбежным процессом. Эта интеграция обеспечивает более низкую, по сравнению с традиционной сотовой телефонией, стоимость разговоров.

Голосовой сигнал из канала VoIP может непосредственно поступать на IP-телефон, подключенный к IP-сети, или маршрутизироваться на мобильный телефон мобильного оператора. Возможен вариант, когда голосовой сигнал поступает на аналоговый телефон, подключенный к обычной телефонной сети PSTN, или на цифровой телефонный аппарат, подключенный к цифровой сети с интеграцией услуг ISDN.

IP-телефония обеспечивает передачу голосовых сигналов с компьютера на компьютер, с компьютера на телефон (аналоговый телефон, цифровой телефон, IP-телефон, мобильный телефон) и с телефона на телефон. Звонки осуществляются через провайдера услуг VoIP. Качество передачи голоса зависит от VoIP-провайдера и способа подключения к Интернету.

Одно из преимуществ IP-телефонии - это экономия финансовых средств на ведение междугородных и междугородных телефонных переговоров за счет того, что значительная часть расстояния между абонентами голосовой связи и цифровым нодом (в

сжатом состоянии) преобразит по сетям пакетной коммутации (по сети Интернет), а не по телефонной сети с коммутацией каналов. В настоящее время IP-телефония обеспечивает самые дешевые или бесплатные междугородные и междугородные звонки, для этого необходимо только оплатить использованный трафик Интернет-провайдера.

Сети с коммутацией пакетов эффективно используют сеть PSTN, так как пакеты передаются по разветвленной среде (общему для всех разговоров каналу передачи данных). Коммутация пакетов — это коммутация сообщений, представляемых в виде адресуемых пакетов, когда каждый пакет данных имеет только по времени передачи пакета и не требует обслуживания для передачи других пакетов. Таким образом, путь в IP-сетях не оптимизируется, поэтому передача голоса по IP-сетям дешевле, чем по сетям PSTN.

Как следует из схемы сети на рис. 1.1, абоненты разных городов с обычных телефонов, подключенных к городской сети, могут общаться между собой через междугородную телефонную сеть или сеть Интернет. Но стоимость переговоров через Интернет значительно ниже, чем через междугородную телефонную сеть.

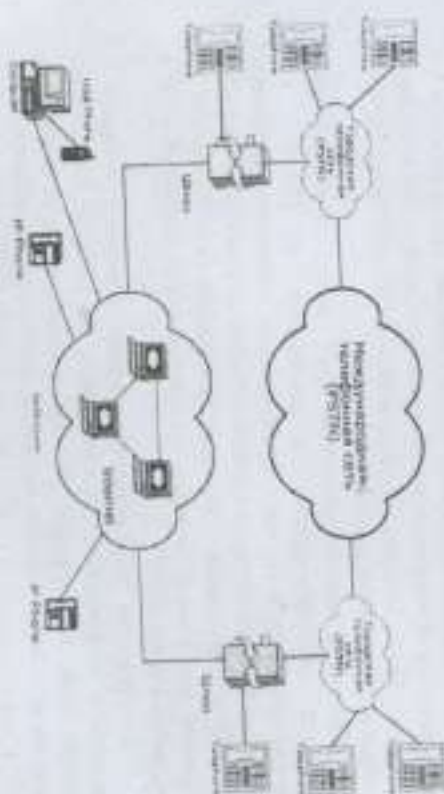


Рис. 1.1. Упрощенная схема сети со шлюзами

В настоящее время существуют следующие VoIP-сервисы:

IP-телефоны по кабелю, которые продаются в магазинах

звонков с обычного телефона, компьютерная VoIP (IP-телефония), в которой используется специальная программа, работающая на ПК (программный телефон VoIP, телефония VoIP (IP-телефония)), и который обычный телефонный аппарат подключается к специальному адаптеру, имеющему выход в Интернет, или в который IP-телефон (аппаратные VoIP-телефоны) подключается к Интернету через провайдера

[1].

Сеть Интернет построена на основе стека протоколов TCP/IP.

Каждый терминал в сети Интернет согласно стеку протоколов TCP/IP имеет адреса трех уровней [4, 5].

Физический (MAC-адрес) — локальный адрес узла, определяемый технологией, с помощью которой построена локальная сеть, в которую входит данный узел. Для узлов, входящих в локальные сети, — это MAC-адрес сетевого адаптера или порта маршрутизатора, например 11-A0-17-3D-BC-01. Эти адреса назначаются производителями оборудования и являются уникальными адресами, так как управляются централизованно. Для всех существующих технологий локальных сетей MAC-адрес имеет формат 6 байтов: старшие 3 байта — идентификатор фирмы производителя, а младшие 3 байта назначаются уникальным образом самим производителем. Для узлов, входящих в глобальные сети, используется X.25 или frame relay, локальный адрес назначается администратором глобальной сети [4].

Сетевой (IP-адрес), состоящий из 4 байт, например 109.26.17.100. Этот адрес используется на сетевом уровне. Он назначается администратором по времени конфигурирования компьютеров и маршрутизаторов. IP-адрес состоит из двух частей: номера сети и номера узла. Номер сети может быть выбран администратором произвольно или назначен по рекомендации специального подразделения Интернет, если сеть должна работать как составная часть Интернет. Обычно провайдеры услуг Интернет получают диапазон адресов у подразделения NIS, а затем распределяют их между своими абонентами [4].

Номер узла в протоколе IP называется независимо от локального адреса узла. Деление IP-адреса на поле номера сети и номера узла — гибкое, и граница между этими полями может устанавливаться произвольно. Узел может входить в несколько IP-сетей. В этом случае узел должен иметь несколько IP-адресов по числу сетей. Такие образцы IP-адреса характеризуют не отдельные сетевые сегменты, а одно сетевое соединение [4].

Символьный (DNS-имя) — идентификатор-имя, например

SERVIPBA.COM. Этот адрес назначается администратором и состоит из нескольких частей, например имени машины, имени организации, имени домена. Такой адрес, назначенный также DNS-сервером, используется на данном уровне, например в протоколах FTP и telnet [4].

IP-адрес имеет длину 4 байта и обычно записывается в виде четырех чисел, представляющих значения каждого байта в десятичной форме и разделенных точками, например: 128.10.2.30 — традиционная форма и десятичная форма представления адреса, 100000000 00001010 00000010 00011110 — двоичная форма представления этого же адреса. На рис. 1.2 показана структура IP-адреса [4].



Рис. 1.2. Структура IP-адреса

1.1. Программа Cisco Packet Tracer

Преправное решение Cisco Packet Tracer позволяет имитировать работу различных сетевых устройств: маршрутизаторов, коммутаторов, точек беспроводного доступа, персональных компьютеров, сетевых принтеров, IP-телефонов и т.д. Работа с интерактивным симулятором дает весьма удобное и удобное описание устройства реальной сети, состоящей из устройств или даже сотен устройств.

Настройка, в свою очередь, зависит от характера устройств: один можно настроить с помощью команд операционной системы Cisco IOS, другие — на счет графического веб-интерфейса, третий — через командную строку операционной системы или графическое меню. Благодаря такому союзу Cisco Packet Tracer, как гибкая и удобная платформа, может успешно перенести данные по конфигурации, пользователи могут успешно перенести данные по сети, поменяв и изменить параметры IP-адресов при прокладке данных через сетевые устройства, скорость и пути перемещения IP-пакетов (рис. 1.3). Анализ событий, происходящих в сети, позволяет понять механизм ее работы и обнаружить неисправности.



Рис. 1.3. Режим визуализации

С помощью Cisco Packet Tracer пользователи могут симулировать построение не только логических, но и физической модели сети и, следовательно, получать навыки проектирования.

Симуляция, визуализация, многофункциональный режим и возможность проектирования адресов Cisco Packet Tracer уникальным инструментом для обучения сетевым технологиям.

1.2. Интерфейс программы

Интерфейс модуля сети позволяет работать с сетью в режиме пробы. Как и все программные оболочки, интерфейс включает в себя рабочее поле (Work space), которое состоит из логической и физической областей. Данная формулировка подразумевает, что программа позволяет создавать СТУД с привязкой к логической схеме сети (структура сети типа «звезда», «точка-точка», «звезда-звезда», «звезда-звезда» и др.) и с привязкой к конкретной местности (город, район, «звезда» и др.) и с привязкой к конкретной местности (город, район, «звезда» и др.), объекту (офисное здание, жилой дом), помещению (серверная, офис, магазин, магазинная стоянка или парк). Однако наиболее часто построение сети начинается с логической области (визуальный прототип CИУД), а при ее успешном завершении сеть переносится на физическую область (симуляционный план CИУД).

Основные инструменты управления модулем являются: контекстное меню, содержащее командные меню File, Edit, Options, View, Tools, Extensions, Help;

меню File включает стандартный набор команд: создание нового

документа, сохранить, сохранить как, печать, безопасность документов, выход.

- **Edit** – также стандартные для всех программ меню, в него входит следующий набор команд: копировать, вставить, отменить действия, повторить действия.

- **Options** – меню опциональных настроек программы, включающее подменю Preferences, User Profile, Algorithm Settings.

- меню **Preferences** (настройки) включает следующие инструменты:

- **Interface** – подменю настройки пользовательского интерфейса программ: управление графическим отображением элементов СДП (IP-адрес оборудования, параметры физических интерфейсов оборудования, VLAN's, системные звуки, анимация маршрутизации пакетов, включение отображения параметров соседней линии и т.д.);

- **Administrative** – меню безопасности (настройки безопасности программы: блокировка изменений пользовательских настроек с помощью пароля);

- **Hide** – еще одно административное меню, предназначенное в большей степени преподавателям, с помощью которого можно скрыть от обучающего некоторые настройки (например, для выполнения лабораторных работ несовместимой тематикой);

- **Font** – инструмент настройки шрифтов (тип, размер, цвет и т.д.);

- меню **User Profile** – инструмент изменения пользовательских настроек (программа подерживает многопользовательский режим);

- меню **Algorithm Settings** – инструментный словарь составной СДП (инструменты и возможных соединений, ГВЗ).

- меню **View** – меню вида – также же стандартное, как и для всех программных оболочек, включает инструменты **Zoom** (масштаб поля) и **Toolbars** (настройка панелей);

- меню **Tools** – панель инструментов рисования (**Drawing Palette**), **Custom Devices Dialog** – диалоговое окно выбора составного сетевого элемента. С помощью панели рисования можно создавать определенные области в логическом поле и ситуационные области в физическом поле;

- меню **Help** состоит из подменю **Contents**, которое построено в формате HTML-страницы и оформлено в виде структурированного

интерактивного русскоязычного с панетным графическим интерфейсом. В нем можно найти подробное описание работы в Packet Tracer. Также в меню помощи входят подменю **Tutorials**, вкладки доступа к онлайн-ресурсам программы **Online Resources**, **Report an Issue** – вкладка доступа к онлайн-ресурсу помощи (сообщение о возникшей проблеме, об ошибке программы), вкладки **About** – в ней можно прочесть лицензионное соглашение пользователя программы;

- расширенное меню **Extensions** включает инструментный многопользовательского режима **Multisuser**, меню приложений **IP**, инструмент обзора событий (**Log**) сессии – **User Multisuser**, инструмент обновления версии программы – **PT Updater**, Ссылки на инструменты для продолжения деятельности и обучения аудиторией

- меню **Application** **IP** позволяет просматривать, загрузку и установку приложений Cisco Packet Tracer, удалить существующие, просмотреть конфигурирование параметров приложений, загрузить новые приложения.

1.3. Оборудование и линии связи в Cisco Packet Tracer

1.3.1. Маршрутизаторы

Маршрутизаторы используются для повышения оптимального маршрута передачи данных на основании существующих алгоритмов маршрутизации, например выбор маршрута (пути) с наименьшим числом транзитных узлов.

Меню содержит маршрутизаторы (рис. 1.4) Cisco Systems 1841, 2620XM, 2621XM, 2811, Genie (сборный) [2,3].



Рис. 1.4. Меню маршрутизаторов

1.3.2.

Коммутаторы

Коммутаторы – это устройства, работающие на канальном уровне модели OSI и предназначенные для объединения нескольких узлов в пределах одного или нескольких сегментов сети. Коммутатор передает пакеты на основании внутренней таблицы – таблицы коммутации, следовательно, график идет только на тот MAC-адрес,

которому он принадлежит, и не используется на всех портах (как на концентраторе) [3].

Меню создает: концентраторы (рис. 1.5) Cisco Systems 2950-24, 2950T, 2960, 3560-24PS, Genetec.



Рис. 1.5 Меню концентраторов

1.3.3. Концентраторы

Концентратор перестроит пакет, принявший на одном порту, на всех остальных портах. Работает на первом (физическом) уровне сетевой модели OSI, ретранслирует входящий сигнал с одного из портов и сигнал на все остальные (исключенные) порты, реализуя, таким образом, единственную Ethernet топологию «звезда» или «звезда с радиальными пропускными способностями» сети между всеми устройствами и работая в режиме полу-дуплекса [3]. Меню создает: концентратор, репитер и коаксиальный сплиттер (рис. 1.6).



Рис. 1.6 Меню концентраторов

1.3.4. Конечные устройства

Здесь представлены: ПК, ноутбук, сервер, телекс, телефон, IP-концентратор, беспроводной терминал, коммутиратор, беспроводные терминалы, VoIP устройства [3] (рис. 1.7).



Рис. 1.7 Меню конечных устройств

1.3.5. Беспроводные устройства

Меню создает: Wi-Fi роутер, LinkSys WRT-340N, беспроводные роутеры (рис. 1.8).



Рис. 1.8 Меню беспроводных устройств

1.3.6. Линии связи

Меню создает: консоль, медный прямой, медный кроссовер, оптический, телефонный, коаксиальный, серийный DCE (рис. 1.9).



Рис. 1.9 Меню линий связи

Для лабораторной работы будет необходимо использовать два типа кабеля: телефонный и медный прямой. Характеристики данных кабелей связи приведены в табл. 1.1. С помощью этих компонентов создаются соединения: узлы в единую схему. Каждый тип кабеля может быть соединен лишь с определенными типами интерфейсов.

Таблица 1.1 Характеристики кабелей

Тип кабеля	Описание
Медный прямой	Этот тип кабеля является стандартной средой передачи Ethernet для соединения устройств, которые функционируют на разных уровнях OSI. Он должен быть соединен со стандартными типами портов: медный 10 Mbit/s (Ethernet), медный 100 Mbit/s (Fast Ethernet) и медный 1000 Mbit/s (Gigabit Ethernet).
Телефонный	Соединение через телефонную линию может быть осуществлено только между устройствами, оснащенными медными портами. Стандартные представления медного соединения - это консольное устройство (например, ПК), добавляющееся к сетевому оборудованию.

Пользовательские соединения

Устройства можно конфигурировать самостоятельно. Возможно создавать произвольные подключения (рис. 1.10).

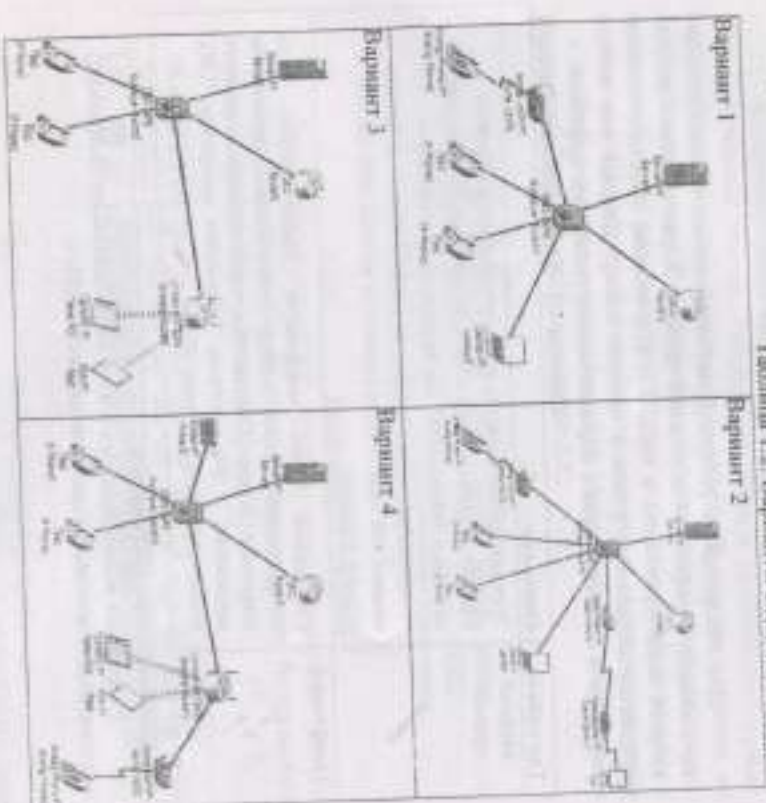


Рис. 1.10. Меню пользовательских подключений

2. Задание

Выбрать по заданию предоставить один из вариантов VoIP сетей, предложенных в табл. 1.2, с использованием ДНСР-сервера [3].

Таблица 1.2. Варианты схем VoIP сетей



ДНСР (англ. Dynamic Host Configuration Protocol — протокол динамической настройки узла) — сетевой протокол, позволяющий компьютерам автоматически получать IP-адрес и другие параметры, необходимые для работы в сети TCP/IP. Данный протокол работает по модели «клиент-сервер». Для автоматической конфигурации компьютер-клиент на этапе конфигурации сетевого устройства обращается к серверу ДНСР и получает от него нужные параметры.

Сетевой администратор может задать диапазон адресов, распределяемых сервером среди компьютеров. Это позволяет избежать ручной настройки компьютеров сети и уменьшает количество ошибок. Протокол ДНСР используется в большинстве сетей TCP/IP.

В первом варианте рассматривается стандартная сеть VoIP, которую можно встретить в маленьком офисе.

Во втором варианте рассматривается сеть VoIP с добавлением IP-TV.

В третьем варианте рассматривается сеть с добавлением Wi-Fi роутера и двух планшетов.

В четвертом варианте рассматриваются различные способы соединения сети VoIP с различными аппаратами.

В данных вариантах сетей используется маршрутизатор 2811, так как он обеспечивает значительный прирост производительности, новые интегрированные сервисы и значительно увеличенную плотность интерфейсов при сохранении обратной совместимости с более чем 90 существующими на сегодня модулями.

Коммутатор 3560-24PS идеально подходит для организации используемой сетевой инфраструктуры для внедрения новых продуктов, например IP-телефонов, точек радиодоступа, систем управления зданиями, видеонаблюдения.

3. Практическая часть

1. Ознакомиться с теорией по проектированию сетей.

IP-телефоны.

2. Запустить на рабочем столе программу Cisco Packet Tracer.

3. В меню оборудования и линий связи нажать левую кнопку на меню маршрутизаторов, в нем выбрать маршрутизатор 2811, нажать левую кнопку мыши на данном маршрутизаторе и перенести его в рабочую область.

4. В меню коммутаторов выбрать многоразъемный коммутатор 3560-24PS, также, как и маршрутизатор, перенести его в рабочую область.

5. В меню конечных устройств выбрать сервер, портую, 2 IP-телефона, аналоговый телефон, VoIP-устройства (VoIP Device), по аналогии с маршрутизатором и компьютером перенести данные элементы на рабочую область.

6. Расположить элементы сети на рабочем пространстве так, чтобы можно было провести кабель от "Switch" (коммутатор) ко всем устройствам схемы (между собой элементы не соединяются).

7. Для соединения между элементами выбрать в меню лоний связи медный прямой кабель.

8. Щелкнуть левой кнопкой мыши на выбранном кабеле и перенести его к "Switch" и щелкнуть по нему, в появившемся окошке выбрать свободный порт (рис. 1.11). Далее порты выбираются по мере необходимости.

9. Соединить "Switch" с сервером. При соединении с сервером появится окно, в нем выбрать "FastEthernet" (общее название для набора стандартов передачи данных в компьютерных сетях по технологии Ethernet со скоростью до 100 Мбит/с).

10. По аналогии с предыдущим действием соединить остальные устройства с "Switch". Соединить напрямую "Switch" с аналоговым телефоном нельзя, нужен преобразователь. Для этого аналоговый телефон с помощью телефонного кабеля (меню лоний связи) соединить с VoIP-устройством. Далее VoIP-устройство с помощью медного прямого кабеля соединить с "Switch".

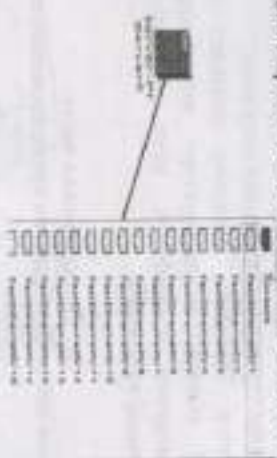


Рис. 1.11. Выбор свободного порта при соединении медным кабелем

11. После того как соединения были установлены, необходимо настроить все устройства сети.

12. Щелкнуть левой кнопкой мыши на "Server-PT", в открывшемся окне выбрать меню "Config", нажать на параметр "INTERFACE" и выбрать "FastEthernet". В данном разделе прописать IP-адрес и маску подсети (рис. 1.12), например: IP-адрес - 192.1.1.1, а маска подсети указывается как 255.0.0.0.



Рис. 1.12. Окно настройки сервера

13. Аналогично предыдущему пункту настроить "Router".

14. Щелкнуть левой кнопкой мыши на "Router", в открывшемся окне выбрать меню "Config", нажать на параметр "INTERFACE" и выбрать "FastEthernet" 0/0. В данном разделе прописать IP-адрес и маску подсети. IP-адрес и маску подсети можно прописать, например: IP-1.1.1.10, а маску подсети указывается как 255.0.0.0.

15. Остальные устройства будут настроены автоматически.

16. После симуляции запустить нажатием Shift-S.

17. В открывшемся окне "Event list" нажать на "Auto Capture/Run" и проследить движение пакетов по сети.

18. Для просмотра содержания пакета и того, что с ним происходит, щелкнуть два раза левой кнопкой мыши на меню "Info" (красивый пакет) в зависимости от того, какого цвета передвигающийся пакет, такие же цветов будет "Info" (рис. 1.13). Записать, какие протоколы [3] для передачи пакетов используются (подраздел Type).

19. После выбора "Info" откроется окно (рис. 1.14). В первом разделе "OSI model" можно посмотреть, на каком из семи уровней модели OSI данный протокол задействован, а во второй разделе

«Output» PDU Details» можно посмотреть, на что состоит пакет. Ознакомиться и отправить в отчет, на каком из семи уровней модели протокола используется Ссылка. Скриншоты структуры пакета.

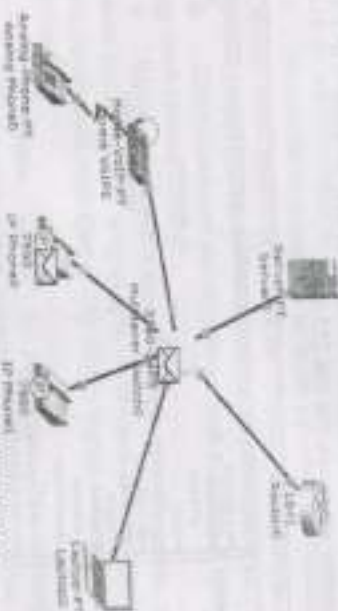


Рис. 1.13. Режим симуляции передачи пакетов

20. Данных симуляции по умолчанию предоставляется с задержкой, чтобы убрать задержку, необходимо убрать задержку с «constant delay».

21. Времени передачи пакетов можно посмотреть, в окне «Event list» в разделе «Time». Заполнить в отчет изменения времени передачи по сети пакетов при задержке и без задержки.

22. На основании пунктов, приведенных выше, собрать остальные пункты сцен.



Рис. 1.14. Анализ структуры пакетов модели OSI

23. Для соединения IP-TV выбрать «Cable-Modem-RT» и соединить на рабочую область, соединить с помощью мультимедийного кабеля с мультимедийным коммутатором 3560 24PS. Далее выбрать «Cable-Modem-RT» соединить с «Cable-Modem-RT» и с TV-RT с помощью мультимедийного кабеля.

24. Для соединения с Wi-Fi роутером выбрать Wi-Fi роутер и соединить его с помощью мультимедийного кабеля с мультимедийным коммутатором 3560 24PS.

4. Содержание отчета

Отчет о лабораторной работе должен содержать:

- структуру сети системы связи;
- описание протоколов, используемых при передаче пакета;
- скриншоты выводов и описание уровней выполняемых протоколов;
- скриншот структуры пакета;
- скриншоты изменения времени, при отключении задержки.

5. Контрольные вопросы

1. Какие основные особенности построения сети IP-телефонии?
2. За счет чего обеспечивается высокая экономичность при передаче голосового трафика в сетях IP-телефонии?
3. Пояснить приуроченные адреса.
4. Перечислить основные VoIP-сервисы.
5. Объяснить структуру IP-адреса.

Библиографический список

1. Родикова А.В., Савинов М.Ю., Шибанов И.И. IP-телефония. М.: Эко-Трендз, 2003. - 252 с.
2. Набоков Д.В. Как работать с маршрутизатором Cisco: пер. с англ. М.: ДМК Пресс, 2005. - 320 с.
3. Азаров, Вит. Основы организации сетей Cisco. Т. 1, 2, пер. с англ. М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. - 512 с.
4. Васин Н.И. Сети и системы передачи информации на базе коммутируемых и маршрутизаторов Cisco: учеб. пособие. - Самара: ИТ АИИ, 2008. - 230 с.
5. <http://www.itinf.ru/>

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Проектирование IP-сети связи на основе АТС Asterisk

Цель работы

Изучение теоретических основ сетей IP-телефонии и протокола установления соединений SIP. Получение практических навыков работы с программой IP-Asterisk, а также опыта настройки IP-телефона.

1. Теоретическая часть

1.1. IP-телефония

В настоящее время IP-телефония (Voice over Internet Protocol) широко используется как частными пользователями, так и предприятиями, организациями в корпоративном секторе. Глобальная и видеокабель, использующая протокол IP, стала популярна во всем мире с начала XXI века. IP-телефония все больше вытесняет традиционные телефонные сети за счет дешевизны разветвления, низкой стоимости линии, простоты конфигурирования, высокого качества связи и сравнительной безопасности соединений, использования уже проложенных линий связи Ethernet.

Архитектура протокола TCP/IP строится на основе принципов эталонной модели OSI (Open Systems Interconnection). Основная предпосылка использования VoIP – пакетируемые аудиопотоки для транспортировки по сетям, использующим протокол IP (Сетевой протокол не только посылать в той же форме, в какой был передан, но его транспортировка должна занять не более 150 мс).

Процесс разговора и прослушивания состоит из ретрансляции потока аудиосигналов, тогда как сетевые протоколы разработаны так, что они все разбивают аудиосигналы на части, заставляют каждый пакет информации в тысячи пакетов и затем доставляют каждый пакет на дальний конец линии связи любым возможным путем.

1.2. Протокол SIP

Существует множество протоколов VoIP. H.323 долгое время удерживал лидирующие позиции в сфере видеоконференцсвязи. Но в последнее время по статистике все большую популярность на рынке набирает протокол SIP, который уже поддержан многими крупными производителями, включая решения Polycom и Cisco [1].

Протокол инициализации сеансов - Session Initiation Protocol (SIP) является протоколом прикладного уровня и предназначается для организации, модификации и завершения сеансов связи.

мультимедийных конференций, телефонных соединений и распределение мультимедийной информации. Пользователи могут принимать участие в существующих сеансах связи, приглашать других пользователей и быть приглашенными или к новому сеансу связи. Приглашения могут быть адресованы определенному пользователю, группе пользователей или всем пользователям. SIP не зависит от транспортных технологий, однако при установлении соединения предпочтительно использовать UDP.

Согласно архитектуре «клиент-сервер» все сообщения делится на запросы, передаваемые от клиента к серверу, и на ответы сервера клиенту. Например, чтобы инициализировать установление соединения, вызывающий абонент должен сообщить серверу ряд параметров, в частности, адрес вызываемого пользователя, параметры информации о вызове и др. Эти параметры передаются в специальном SIP-запросе. От вызываемого пользователя к вызывающему передается ответ на запрос, также содержащий ряд параметров. Все сообщения протокола SIP (запросы и ответы) представляют собой последовательности текстовых строк, закодированные в соответствии с документом RFC 2279. На рис. 2.1 представлена структура сообщений протокола SIP.

Стартовая строка
Заголовки
Пустая строка
Тело сообщения

Рис. 2.1. Структура сообщений протокола SIP

Стартовая строка представляет собой начисляемую строку любого SIP сообщения. Если сообщение является запросом, в этой строке указывается тип запроса, адресат и номер версии протокола. Если сообщение является ответом на запрос, в стартовой строке указывается номер версии протокола, тип ответа и его короткая расшифровка, предназначенная только для пользователя.

Заголовки сообщений содержат сведения об отправителе, адресате, пути следования и др. в общем, переносит информацию, необходимую для обслуживания данного сообщения. О типе заголовка можно узнать по его имени. Оно не зависит от регистра (т.е. буквы могут быть прописные и строчные), но обычно имя пишется с большой буквы, за которой идут строчные.

Сообщения протокола SIP могут содержать, так называемое тело сообщения. В запросах ACK, INVITE и OPTIONS тело сообщения содержит описание сеанса связи, например, в формате протокола SDP. Запрос BYE тела сообщения не содержит. С ответами тело SDP отсутствует, любые ответы могут содержать тело сообщения, но содержание тела в них будет разным.

В протоколе SIP определено четыре типа заголовков:

- общие заголовки, присутствующие в запросах и ответах;
- заголовки содержания, переносящие информацию о размере тела сообщения или об источнике запроса (начинаются со слова «Content»);
- заголовки запросов, переносящие дополнительную информацию о запросе;
- заголовки ответов, переносящие дополнительную информацию об ответе. Заголовки содержат название, за которым, отдаленное устройство, следует значение заголовка. В поле значения содержится переданное значение.

Заголовок Call-ID - уникальный идентификатор сеанса связи или всех регистраций отдельного клиента, он подобен метке соединения (call reference) и синтаксиса DSS-1. Значение идентификатора принадлежит стороне, которая инициирует вызов. Заголовок Call-ID состоит из буквенно-цифрового значения и имени рабочей станции, которая присвоила значение этому идентификатору. Между ними должен стоять символ @, например 101@elab.ku Вязьмаша. Существуют ситуации, в одной мультимедийной конференции относятся несколько соединений, тогда все они будут иметь разные идентификаторы Call-ID.

Заголовок To - определяет адресата. Кроме SIP-адреса, здесь может стоять параметр «dir» для идентификации конкретного терминала пользователя (например, домашнего, рабочего или сотового телефона) в том случае, когда все его терминалы зарегистрированы под одним адресом SIP URL.

Заголовок From - идентифицирует отправителя запроса, по структуре аналогичен полю To.

Cseq - уникальный идентификатор запроса, относится к одному соединению. Он служит для корреляции запроса с ответом на него.

Заголовок Via служит для того, чтобы избежать ситуаций, в которых запрос пойдет по неправильному пути, а также для тех случаев, когда необходимо, чтобы запросы и ответы обязательно проходили по одному и тому же пути (например, в случае использования

межсетевой экран - firewall). В заголовке Via указывается весь путь, пройденный запросом: каждый прокси-сервер добавляет поле со своим адресом.

Заголовок Content-Type определяет формат описания сеанса связи. Само описание сеанса, например в формате протокола SDP, включается в тело сообщения. Заголовок Content-Length указывает размер тела сообщения.

1.3. Запросы протокола SIP

В настоящее время протокол SIP определено шесть типов запросов. Каждый из них предназначен для выполнения довольно широкого круга задач, что является одним достоинством протокола SIP, так как благодаря этому число сообщений, которыми обмениваются терминалы и серверы, сведено к минимуму. С помощью запросов клиент сообщает о текущем местоположении, приглашает пользователя принять участие в сеансах связи, модифицирует уже установленные сеансы, завершает их и т.д. Сервер определяет тип принятого запроса по названию, указанному в стартовой строке.

В той же строке в поле Record-URI указан SIP-адрес оборудования, которому этот запрос адресован. Содержание поля To и Record-URI может разниться, например в поле To может быть указан публичный адрес абонента, а в поле Record-URI - текущий адрес пользователя.

Запрос INVITE приглашает пользователя принять участие в сеансе связи. Он обычно содержит описание сеанса связи, в котором указывается вид предоставляемой информации и параметры (сеансы возможных вариантов параметров), необходимые для приема информации, а также может указываться вид информации, которую вышешедший пользователь желает передать. В ответе на запрос типа INVITE указывается вид информации, который будет приниматься вышешедшим пользователем, и, кроме того, может указываться вид информации, которую вышешедший пользователь собираются передать (возможные параметры передачи информации). В этом сообщении могут содержаться также данные, необходимые для идентификации абонента, и, следовательно, доступа клиента к SIP-серверу.

Запрос ACK подтверждает прием ответа на запрос INVITE. Следует отметить, что запрос ACK используется только совместно с запросом INVITE, т.е. этим сообщением оборудование вышешедшего

пользователя понимает, что оно получило окончательный ответ на свой запрос INVITE.

Запрос CANCEL отменяет обработку ранее переданных запросов с теми же, что и в запросе CANCEL, значениями полей Call-ID, To, From и Cseq, но не влияет на те запросы, обработка которых уже завершена. Например, запрос CANCEL применяется тогда, когда прокси-сервер размыкает запросы для клиента пользователя по несостоявшимся приглашениям и в одном из них его находит.

Запросом BYE оборудование вызываемого или вызывающего пользователей завершает соединение. Сторона, получившая запрос BYE, должна прекратить передачу речевой (аудиовидеоинформации) информации и подтвердить его выполнение ответом 200 OK.

При получении запроса типа REGISTER пользователь сообщает свое текущее местоположение. В этом сообщении содержится следующая информация:

- поле To содержит искомую информацию, которую надо сохранить или модифицировать на сервере;
- поле From содержит адрес инициатора регистрации;
- поле Contact содержит новый адрес пользователя, по которому данные передаются все дальнейшие запросы INVITE;
- в поле Expires указывается время в секундах, в течение которого регистрация действительна.

Запросом OPTIONS вызываемый пользователь запрашивает информацию о функциональных возможностях терминального оборудования вызываемого пользователя. В ответ на этот запрос оборудование вызываемого пользователя сообщает требуемые сведения. Применение запроса OPTIONS ограничено теми случаями, когда необходимо узнать о функциональных возможностях оборудования до установления соединения. Для установления соединения запрос этого типа не используется. После испытаний протокола SIP в реальных сетях оказалось, что для решения ряда задач выделенных шести типов запросов недостаточно. Поэтому возможно, что в протокол будут введены новые сообщения. Так, в текущей версии протокола SIP не предусмотрен способ передачи информации управления соединением или другой информации во время сеанса связи. Для решения этой задачи был предложен новый тип запроса - INFO. Он может использоваться в следующих случаях:

- для переноса сигнальных сообщений I-фрейм или ISDN сигналов между шлюзами в течение разовой сессии;
- для переноса сигналов DTMF в течение разовой сессии;

- для переноса бинарной информации.

Рассмотрим в качестве примера типичный запрос типа INVITE (рис. 2.2).

```

REGISTER sip:server.example.com SIP/2.0 Via: SIP/2.0/UDP server.example.com
From: Phone 1 <sip:101@example.com> To: Phone 2 <sip:102@example.com>
Call-ID: 101@server.example.com Cseq: 1
INVITE
Content-Type: application/sdp Content-Length: ...
v=0
o=example 53655765 223068 63720 128 128 128 128
c=IN IP4 server.example.com
m=audio 44100 RTP/AVP 0104

```

Рис. 2.2. Пример запроса INVITE

В этом примере пользователь Phone 1 (101@example.com) вызывает пользователя Phone 2 (102@example.com). Запрос передается к прокси-серверу (server@example.com). В полях To и From передается адрес сервера, которую вызывающий пользователь желает видеть на дисплее вызываемого пользователя. В теле сообщения оборудование вызываемого пользователя указывает в формате протокола SDP, что оно может принимать в порту 3456 речевую информацию, управляемую в пакеты RTP и закодированную по одному из следующих алгоритмов кодирования: 0 - PCMA, 3 - GSM, 4 - G.723 и 5 - DVI.

1.4. Установление соединения с участием прокси-сервера

Администратор сети сообщает адрес этого сервера пользователю. Вызывающий пользователь передает запрос INVITE (1) на адрес прокси-сервера и порт 5060, используемый по умолчанию (рис. 2.3).



Рис. 2.3. Установление соединения с участием прокси-сервера

В запросе пользователь указывает известный ему адрес вызываемого абонента. Прокси-сервер принимает текущий адрес вызываемого абонента у сервера определения номеров (2), который и сообщает ему этот адрес (3). Далее прокси-сервер передает запрос INVITE непосредственно вызываемому абоненту (4). Опять в запросе содержится данные о функциональных возможностях вызываемого терминала, но при этом в запрос добавляется поле Via с адресом прокси-сервера для того, чтобы ответ на обретенный путь шёл через него. После приема и обработки запроса вызываемое оборудование сообщает своему пользователю о наличии вызова, и встречной стороне передается ответ 180 Ringing (5), копируя в него из запроса поля To, From, Call-ID, CSeq и Via. После приема вызова пользователем встречной стороне передается сообщение 200 OK (6), содержащее данные о функциональных возможностях вызываемого терминала в формате протокола SDP. Терминал вызываемого абонента подтверждает прием ответа запросом ACK (7). На этом фаза установления соединения закончена и начинается разговорная фаза. По завершении разговорной фазы одной из сторон передается запрос BYE (8), который подтверждается ответом 200 OK (9). Все сообщения проходят через прокси-сервер, который может модифицировать в них некоторые поля.

2. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО МАКЕТА

В данной лабораторной работе изучается работа АТС Asterisk - программной АТС, которая представляет собой продукт с открытым исходным кодом для офисной телефонной станции с выходом в общую сеть. Принятие работы на операционных системах Linux, Windows, OpenBSD, OS X и др. Работа АТС основана на протоколах, обеспечивающих передачу голоса через сеть, функционирование на IP протоколе (VoIP). Используя недорогое (по меркам классических АТС) оборудование, Asterisk может работать практически с любым оборудованием для IP-телефонии, которое использует стандартные протоколы для VoIP.

Asterisk предоставляет функции голосовой почты (Voicemail), конференц-связи, интерактивного голосового меню (IVR), центра обработки вызовов и их обработки (Call Queue). Она также имеет поддержку таких сервисов, как перевод вызовов другому абоненту, сервис определения и передачи вызываемому абоненту номера вызываемого абонента (caller-ID), протоколы ADSL, SIP, H.323 (как в режиме терминала, так и в режиме пейпоянни), MGCP (только для call manager) и SCCP/Skype (не полностью). Гибкость – основная причина, по которой Asterisk исключительно рентабельна для быстро растущего бизнеса: для нее не существует эффективного максимального или минимального размера, который следует учитывать при составлении сметы на покупку. Таким образом, стоимость такой АТС зависит от многих факторов (количество каналов, максимальное число одновременных соединений, есть ли конференц-связь, выбор кода и т.д.).

В данной лабораторной работе используется платформа для унифицированных коммуникаций с открытым исходным кодом «Elastic», включающая IP-АТС Asterisk. Для удобства администрирования IP-АТС устанавливается на виртуальную машину. А также используются телефоны Linksys SPA9XX (рис. 2.4).



Рис. 2.6. Меню SIP внутреннего номера

3. Нажав кнопку, можно на компьютерный или радиомодем, можно получить страницу о том, какие функции они выполняют. Необходимые устройства подключаются, номер абонента (указывается при первом подключении SIP устройства), отображаемое имя и секрет (пароль), показанный на рис. 2.7, для этого телефона.



Рис. 2.7. Типовое меню меню внутреннего номера

4. Переключите на страницу Система. Нажмите на кнопку «Настроить», находящуюся на IP-телефоне, и с помощью пультышеских клавиш выберите пункт Network. На дисплее отобразится действующий адрес телефона. Откройте меню пультышеских клавиш и нажмите его в адресную строку. А затем выберите в меню «Адресная строка», нажмите на «admin login» (рис. 2.8).



Рис. 2.8. Вид-интерфейс телефона

5. На странице Info можно увидеть информацию о устройствах IP-телефона. Нажмите на Ext 1 – устройство линии В линии Проxy, нажмите адрес сервиса, на котором установлен ATC. В появившемся окне информации нажмите: Display Name – имя, которое будет использоваться на экране телефона при совершении звонка; User ID – внутренний номер, который назначается данному телефону; Password – пароль, соответствующий User ID и IP-ATC «Elastic» (1234ab) (рис. 2.9). Preferred Code устанавливает один из кодов, позволяющих сделать вызовы голосового номера.



Рис. 2.9. Настройка линии

6. Обновите состояние телефона, нажатием кнопки. Позвоните с 101 телефона на 102 и с 103 на 102 (сначала трубку, нажмите номер и нажмите нажатием на клавишу Dial). С помощью клавиш переключения линий (4) на 102 можно ответить и сделать в режиме «один-два» звонок. Настройка линии клавиш Done переключит телефон в режим «one-to-one».

7. Откройте режим конфигурации IP-ATC Asterisk. По номеру, установленному в IP-ATC (6099), войти с внешнего телефона, используя PIN-код 123 (рис. 2.10).



Рис. 2.10. Создание конференции

В браузере по адресу Elastic войди в PBX → Conference. Откройте созданную конференцию, нажав курсором на Participants 06/10 → More options выберите номер, приглашайте в конференцию Invite Caller.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет о лабораторной работе должен содержать:

- цель работы;
- структурную схему лабораторной установки;
- схему установления соединения;
- скриншоты настроек внутреннего номера одного из телефонов.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Объясните принципы архитектуры протокола TCP/IP и модели OSI.
2. Перечислите уровни и их функции в протоколе TCP/IP.
3. Что такое протокол SIP? Перечислите заголовки и объясните их функции.
4. Перечислите запросы протокола SIP.
5. Объясните алгоритм установления соединения с участием прокси-сервера.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Губальштейн Б.С., Зарубин А.А., Саморезов В.Д. Справочник по телекоммуникационным протоколам: «Протокол SIP», – СПб.: БХВ-Санкт-Петербург, 2005. – 456 с.
2. Гольдштейн Б.С., Пинчук А.В., Суховицкий А.Л. IP-телефония. М.: Радио связь, 2001. – 366 с.
3. Меттеген Д.В., Милосен Л., Смит Д.С. Asterisk: будущее телефонии. 2-е изд. – Пер. с англ. – СПб.: Символ-Плюс, 2009. – 656 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

Изучение кодаков IP-телефонии

Цель работы

Изучение технических основ сетей IP-телефонии; кодаков, работающих в телефонной связи. Получение навыков работы с алгоритмом объективной оценки качества речевых сигналов PESQ, программой для изучения действия шумов в канале связи на основные кодаки речи VoC/Lsp.

1. Теоретическая часть

1.1. Алгоритм кодирования

Наиболее совершенным алгоритмом, построенным на описанных выше принципах, является алгоритм адаптивной дифференциальной импульсно-кодовой модуляции (АДПКМ), предложенный ITU-T в рекомендациях G.726. Алгоритм предусматривает вычисление коэффициентов представления по корреляционной функции речевого сигнала, вычисление предсказанных отсчетов, формирование сигнала ошибки предсказания и его последующее адаптивное квантование. Существует модификация этого алгоритма, в которой информационные биты выходного потока организованы по иерархической схеме, что позволяет отображать наименее точную информацию, не уезжая от шумов, и получать поток меньшей скорости за счет некоторого ухудшения качества. Стандарт G.726 специфицирует кодирование при скоростях 40, 32, 24 и 16 Кбит/с, что соответствует передаче 5, 4, 3 или 2 битов на отсчет. Качество речи, передаваемой с меньшей скоростью АДПКМ G.726, при скорости 32 Кбит/с соответствует, в порой и превосходит качество речи, обеспечиваемое алгоритмом кодирования G.711. При достаточно хороших характеристиках алгоритм АДПКМ практически не применяется для передачи речи по сетям с коммутацией пакетов, так как этот алгоритм очень чувствителен к потерям пакетов, в то время как пакеты, прошедшие при передаче информации. В таких случаях нарушается синхронизация кодера и декодера, что приводит к катастрофическому ухудшению качества воспроизводимой речи даже при малой вероятности потерь.

В первую очередь необходимо понять, какими критериями нужно руководствоваться при выборе «хорошего» кодака для использования в IP-телефонии.

1.2. Оценка качества

Скорость, передача, которую предусматривают, имеются сегодня узкополосные кодеки, лежат в пределах 1,2...64 Кбит/с. От этого параметра прямо зависит качество воспроизводимой речи. Существует множество подходов к precise определению качества.

Класс качества	Характеристика	Норма разборчивости, %
Высший	Понимание передаваемой речи без малейшего напряжения внимания	>80
I	Понимание передаваемой речи без затруднений	56-80
II	Понимание передаваемой речи с напряжением внимания без переспросов и повторений	41-55
III	Понимание передаваемой речи с некоторым напряжением внимания, редкими переспросами и повторениями	25-40
IV	Понимание передаваемой речи с большим напряжением, частыми переспросами и повторениями	<25

ГОСТ Р 50840-95 предполагает следующие оценки качества речи.

Наиболее широко используемый подход оперирует оценкой MOS (Mean Opinion Score), которая определяется для конкретного кода как средняя оценка качества большой группой слушателей по пятибалльной шкале. Для прослушивания экспертов предоставляются разные звуковые фрагменты - речь, музыка, речь на фоне различного шума и т.д. Оценка интерпретируется следующим образом:

- 4-5 - высокое качество, аналогично качеству передачи речи в ISDN или еще выше;

- 3-3,4 - качество ТфоП (full quality), аналогично качеству речи, передаваемой с помощью кодака АДПМ при скорости 32 Кбит/с. Такое качество обычно обеспечивается в большинстве телефонных разговоров. Мобильные сети обеспечивают качество чуть ниже full quality;

- 3-3,5 - качество речи, по-прежнему, удовлетворительно, однако его ухудшение явно заметно на слух;

- 2,5-3 - речь разборчива, однако требует концентрации внимания для понимания. Такое качество обычно обеспечивается в системах

связи специального применения (например, в поруженных сетях). В рамках существующих технологий качество ТфоП (full quality) невозможно обеспечить при скорости менее 5 Кбит/с.

1.3. Влияние преобразования РС на качество

Алгоритмы подавления пауз (VAD, CNQ, DTX). При анализе речи его участник говорит в среднем только 35 процентов времени. Таким образом, если применить алгоритмы, которые позволяют уменьшить объем информации, передаваемой в периоды молчания, то можно значительно снизить необходимую полосу пропускания. В двухстороннем разговоре такие меры позволяют достичь сокращения объема передаваемой информации до 50%, а в децентрализованных многатрессных конференциях (за счет большего количества говорящих) - и более. Нет никакого смысла организовывать многатрессные конференции с числом участников больше 5-6, не подавляя периоды молчания. Технологии подавления таких периодов имеют три важных составляющих. Нужно отметить, что определение пауз в речи очень существенно для эффективной синхронизации передатчика и приемной сторон: приемник может, незаметно для изменения длительности пауз, проигрывать, постройку скорости воспроизведения для каждого отдельного сегмента связи, что исключает необходимость синхронизации таких генераторов всех элементов сети, как это имеет место в ТфоП.

Детектор речевой активности (Voice Activity Detector - VAD) необходим для определения периодов времени, когда пользователь говорит. Детектор VAD должен обладать малым временем реакции, чтобы не допускать потерь начальных слов и не упускать беспрерывные фрагменты молчания в конце предложений, в то же время детектор VAD не должен срезабатывать от нежелательной фоновой шума. Детектор VAD оценивает энергию входного сигнала и, если она превышает некоторый порог, активизирует передачу. Если бы детектор отбрасывал всю информацию до момента, пока энергия сигнала не стала выше порога, то происходило бы отрезание важной части периода активности. Поэтому реализации VAD требуют сохранения в памяти нескольких миллисекунд информации, чтобы иметь возможность запустить передачу до начала периода активности. Это увеличивает в некоторой степени задержку прохождения сигнала, однако ее можно минимизировать, или свести к нулю в кодеках, работающих с блоками отсчетов.

Поддержка прерывистой передачи (Discontinuous Transmission - DTX) позволяет вовремя прекратить передачу пакетов в тот момент,

когда VAD обнаружил период молчания. Некоторые наиболее совершенные декодеры не прекращают передачу полностью, а переходят в режим передачи коротких минимальных объемов информации (интенсивность, спектральные характеристики), нужной для того, чтобы декодер на удаленном конце мог восстановить фонетический шум.

Генератор кодированного шума (Comfort Noise Generator - CNG) служит для генерации фонового шума. В момент, когда в речевом участке беседы начинается период молчания, терминалы слушателей могут просто отключить воспроизведение звука. Однако это было бы неразумно. Если в трубе возникает избыточная тишина, т.е. фоновый шум (шум улицы и т.д.), который был слышен во время разговора, внезапно исчезает, то слушателям кажется, что собеседники по каким-то причинам нарушились, и они начинают спрашивать, слышит ли его собеседник.

Генератор CNG позволяет избежать таких неприятных эффектов. Простейшие декодеры просто прекращают передачу в период молчания, и декодер генерирует какой-либо шум с уровнем, равным минимальному уровню, отмеченному в период речевой активности. Более совершенные декодеры (G.723.1 Annex A, G.729 Annex B) имеют возможность предоставлять удаленному декодеру информацию для восстановления шума с примерами, близкими к фактически наблюдавшимся.

Большинство узкополосных методов обрабатывает речевую информацию блоками, называемыми кадрами, и им необходимо производить предварительный анализ отсчетов, следующих непосредственно за отсчетами в блоке, который они в данный момент кодируют. Размер кадра важен, так как минимальная теоретическая достижимая задержка передачи информации (аппаратная задержка) определяется суммой этого параметра и длины буфера предшествительного анализа. В действительности процессоры цифровой обработки сигналов, которые выполняют алгоритм кодирования, имеют конечную пропускную способность, так что реальная задержка сигнала является больше теоретической. Можно, конечно, бы, заключить, что кадры с меньшим размером кадра лучше в смысле такого важного критерия как минимизация задержки. Однако если учесть, что приходится при передаче информации по сети, то мы увидим, что в кадре, сформированному кадрами, добавляется множество дополнительной информации – заголовки IP (20 байтов), UDP (8 байтов), RTP (12 байтов). Для кадра с длительностью кадра 30 мс послышав таких кадров по сети придется бы к передаче избыточной

информации со скоростью 10.6 Кбит/с, что превышает скорость передачи речевой информации у большинства узкополосных кодеков. Поэтому обычно используется передача нескольких кадров в пакете, при этом их количество ограничено максимально допустимой задержкой. В большинстве случаев в одном пакете передается до 60 мс речевой информации. Чем меньше длительность кадра, тем больше кадров приходится упаковывать в один пакет, т.е. задержка кадров увеличивается. Кроме того, кадры, а практически все пакеты, объемом помечены нагрузкой в пакете. Кроме того, кадры с большей длиной кадра более эффективны, так как здесь действует общий принцип: чем дольше приближается к длине (речевой сигнала), тем лучше оно может быть декодировано.

Потери пакетов являются неотъемлемым атрибутом IP-сетей. Так как пакеты содержат кадры, сформированные кадрами, то это вызывает потери кадров. Но потери пакетов и потери кадров не обязательно напрямую связаны между собой, так как существуют пакеты (такие как привнесенные кадры с исправлением ошибок – forward error correction), позволяющие уменьшить число потерянных кадров при данном числе потерянных пакетов. Требуящиеся для этого дополнительные службы информации распределяются между несколькими пакетами, так что при потере некоторого числа пакетов кадры могут быть восстановлены. Однако положительный эффект от введения избыточности для борьбы с потерями пакетов не столь легко достижим, поскольку потери в IP-сетях происходят пачками, т.е. значительно более вероятно то, что будет потеряно сразу несколько пакетов подряд, чем то, что потерянные пакеты распределяются и последовательности потерянных пакетов по одному. Так что если применять простые схемы введения избыточности (например, повторять каждый кадр в двух последовательно передаваемых пакетах), то в реальных условиях они хотя и увеличат объем избыточной информации, но, скорее всего, окажутся бесполезными.

Кроме того, введение избыточности отрицательно сказывается на задержке воспроизведения сигнала. Например, если повторить один и тот же кадр в четырех пакетах подряд, чтобы обеспечить возможность восстановления информации при потере трех подряд переданных пакетов, то декодер вынужден подерживать буфер из четырех пакетов, что повышает значительную дополнительную задержку воспроизведения. Помимо потерь кадров на качество воспроизводимой речи зависит от используемого кодера. Если потерян кадр, соответствующий из N речевых отсчетов кодера G.711, то на приемном

кодек будет отмечен пропуск звукового фрагмента длительностью №125 мкс. Если используется более совершенный алгоритмный кодек, то потеря одного кадра может сыграть на воспроизведении нескольких следующих, так как декодер потребует время для того, чтобы достичь синхронизации с потоком - потеря кадра длительностью 20 мс может привести к сильному эффекту в течение 150 мс и более. Кодек типа G.723.1 разрабатывался так, что они функционируют без существенного ухудшения качества в условиях несинхронизированных потерь до 1 % кадров, однако при превышении этого порога качество ухудшается катастрофически.

1.4. Кодексы

Кодек G.711 - «дедушка» всех цифровых кодексов речевых сигналов, был одобрен ITU-T в 1965 году. Применяемый в нем способ преобразования аналогового сигнала в цифровой с использованием подвычислительной шкалы квантования был достаточно подробно описан выше. Типичная оценка МОС составляет 4,2. В первую очередь отметим, что, как и для ТФКО, минимально необходимым для обслуживания VoIP является ИСМ-кодирование G.711. Это означает, что любое устройство VoIP должно поддерживать этот тип кодирования.

Рекомендация G.723.1 утверждает ITU-T в ноябре 1995 года форму МПТС выбора кодов G.723.1 как базисной для приложений Пр. телефонии. Кодек G.723.1 производит кадры длительностью 30 мс с продолжительностью предсказательного интервала 7,5 мс. Предусмотрено два режима работы: 6,3 Кбит/с (кадр имеет размер 180 битов, эквивалентных до 24 байтов) и 5,3 Кбит/с (кадр имеет размер 158 битов, эквивалентных до 20 байтов). Режим работы может меняться динамически от кадра к кадру. Оба режима обязательны для реализации. Оценка МОС составляет 3,9 в режиме 6,3 Кбит/с и 3,7 в режиме 5,3 Кбит/с. Кодек специфицирован на основе операции как с плавающей точкой, так и с фиксированной точкой в виде кода на языке C. Реализация кодера на процессоре с фиксированной точкой требует производительности около 16 МПРС. Эти функции специфицированы в приложении А (Annex A) к рекомендации G.723.1. Параметр фонового шума кодируется очень малым количеством битов размером 4 бита. Если параметр шума не меняется существенно, передача полностью прекращается.

Алгоритм кодирования АДПКС (рекомендации ITU-T/G.726, принята в 1990 г.) описан выше. Он обеспечивает кодирование

цифрового потока G.711 со скоростью 40, 32, 24 или 16 Кбит/с, параметр оценки МОС на уровне 4,3 (3,2 Кбит/с), что часто принимается за эталон уровня качества телефонной связи (full quality). В приложении В-телефонии этот кодек практически не используется, так как он не обеспечивает достаточной устойчивости к потерям информации.

Кодек G.728 использует оригинальную технологию с малой шириной LD-CELP (low delay code excited linear prediction) и гарантирует оценки МОС, аналогичные АДПКС G.726 при скорости передачи 16 Кбит/с. Данный кодек специально разрабатывался как более совершенная замена АДПКС для обслуживания уплотненных телефонных каналов, при этом было необходимо обеспечить очень малую величину задержки (менее 5 мс), чтобы исключить необходимость применения экономайзеров. Это требование было успешно выполнено учеными Bell Labs в 1992 году: кодек имеет длительность кадра только 0,625 мс. Реально задержка может достигать 2,5 мс, так как декодер должен поддерживать синхронизацию в рамках структуры из четырех кадров. Недостатком алгоритма является высокая сложность - около 20 МПРС для кодера и 13 МПРС для декодера и относительно высокая чувствительность к потерям кадров.

Кодек G.729 очень популярен в приложениях передачи речи по сети Frame Relay. Он использует технологию CS-ACELP (Conjugate Structure, Algebraic Code Excited Linear Prediction). Кодек использует кадр длительностью 10 мс и обеспечивает скорость передачи 8 Кбит/с. Для кодера необходимо предсказательный интервал сигнала продолжительностью 5 мс.

Существуют два варианта кодера:

- G.729 (одобрен ITU-T в декабре 1996), требующий около 20 МПРС для кодера и 3 МПРС для декодера;

- упрощенный вариант G.729A (одобрен ITU-T в ноябре 1995), требующий около 10,5 МПРС для реализации кодера и около 2 МПРС для декодера.

В спецификации G.729 определены алгоритмы VAD, CNR и DTX. В периоды молчания кодек передает 15-битовые кадры с информацией о фоновом шуме, если только шумовая обстановка изменяется.

1.5. Алгоритм оценки качества речи РС-PEQ

Алгоритм PEQ представляет собой метод объективной оценки качества.

На рис. 3.1 представлен процесс обработки сигнала, проводимый в соответствии с алгоритмом PESQ.

Выравнивание по уровню

Для корректного сравнения входного и выходного речевых сигналов их уровень мощности нужно выравнивать. Это необходимо, поскольку входной сигнал не может быть какого-либо определенного уровня, и коэффициент усиления тестируемой системой неизвестен до проведения испытаний.

В PESQ принято, что уровень прослушиваемого сигнала постоянен и равен 79 дБ [МСЭ-T P.830]. Для приведения до указанного уровня усиливается еда сигнала – входной и выходной.

Данный процесс включается в себя следующие этапы:



Рис. 3.1. Обработка сигнала по алгоритму PESQ

Выходная фильтрация

Аналоговые соединения часто в той или иной степени фильтруют передаваемые по ним сигналы. Например, передающая часть телефонной трубки объективно фильтрует речевой сигнал, имея амплитудно-частотную характеристику (АЧХ), которая похожа на стандартную АЧХ [МСЭ-T P.830]. Как правило, это допустимо, поскольку такого рода обработка сигнала оказывает меньшее влияние на качество связи, чем искажения сигнала, возникающие при его кодировании. В алгоритме PESQ предусмотрена компенсация любого типа фильтрации, встречаемого в сети.

Выравнивание по времени

В системе связи может иметь место перемена задержки передачи сигнала. Чтобы корректно сравнивать входной и выходной сигналы, они должны быть выровнены относительно друг друга по времени. В

PESQ моделируется прослушивание сигнала. Для идентификации речевых частей сигнала и отбрасывания шума в PESQ выделяется голос.

Выравнивание по времени производится в три этапа.

- На первом этапе PESQ выделяет большие фрагменты активной речи, идентифицируемые вектором голоса. Эти фрагменты могут содержать шум, длительность которых не превышает заранее определенного порогового значения (200 мс). В этом процессе выделяется задержка передачи больших фрагментов выходного сигнала, сравнимого с входным.
- На втором этапе PESQ выравнивает частично совпадающие по времени небольшие участки речи (кадры). Этот процесс выявляет задержку, которая непостоянна в течение передачи большого фрагмента активной речи, в пакетных сетях такая задержка может быть весьма значительной.
- Третий этап проводится после операции слухового преобразования. На этом этапе пакеты выравниваются так, чтобы избежать «окошек интервала» (фрагменты речи с очень большими искажениями). Этот шаг повышает точность работы алгоритма при использовании небольшого числа кадров, при передаче которых исправительно определяется вариация задержки в ходе первоначального процесса выравнивания по времени.

Слуховое преобразование

Сравнению входного и выходного сигналов предшествует их слуховое преобразование, которое имитирует определенные особенности человеческого слуха. Это дает информацию о воспринимаемой громкости сигнала и зависимости от времени и частоты, представляемую как поверхность восприятия (listening surface).

Определение параметров искажений

Разница между поверхностями восприятия входного и выходного сигналов называется поверхностью ошибок; она указывает на все слышимые различия в звучании этих файлов, появившиеся в тестируемой системе. Поверхность ошибок анализируется с учетом влияния на качество связи тех небольших искажений сигнала, которые не слышны на фоне сигналов большой громкости (эффект маскирования).

На основании информации о позициях и величинах ошибок рассчитываются для параметра искажений как нелинейные средние значения по определенным областям поверхности ошибок. Этими

параметрами являются:

- абсолютные (симметричные) искажения – характеризуют абсолютную слышимую ошибку;
- относительные (асимметричные) искажения – характеризуют слышимые ошибки, которые значительно превышают исходный сигнал.

Таким образом, алгоритм дает для параметра искажений, в которых работают алгоритмы, данные параметры некачественно преобразуются в оценку качества связи, которая является линейной комбинацией средних значений симметричных и асимметричных искажений.

2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Изучите структурные схемы основных кодеков (G.711, G.726, G.729A, G.723.1).

2.2. Изучите ГОСТ Р 50840-95 «Передача речи по каналам связи. Методы оценки качества, разборчивости и узнаваемости».

2.3. Включите IP-ATC. Задайте в устройстве запись администратора Asterisk. Выберите коды на 2 телефонных, субъективно оцените качество связи, занесите полученные данные в таблицу.

Для этого зайдите в веб-интерфейс телефона, найдите в устройстве запись администратора (рис. 3.2).



Рис. 3.2. Веб-интерфейс телефона

Перейдите на страницу Exp1 (рис. 3.3), выберите нужный кодек и прислушайтесь к качеству. Аналогично повторите действия для второго телефона.



Рис. 3.3. Вкладка Exp1

Кодек	G.711	G.726 (16 kbps)	G.726 (24 kbps)	G.726 (32 kbps)
Оценки (субъективная)				
Оценки (объективная)				
Кодек	G.726 (40 kbps)	G.729A	G.723.1	
Оценки (субъективная)				
Оценки (объективная)				

2. Оцените объективное качество связи (с помощью программы автоматной оценки качества речи PESQ).

2.1. Пропустите сигнал через программу VOCDemo, используя кодек из таблицы.

Откройте программу VOCDemo, в зоне Input нажмите на знак папки, выберите исходный сигнал. В зоне Output также нажмите на

ние папки, укажите, куда сохранить полученный сигнал. Запустите запись кнопкой Play/Record.

2.2. Операторе программное средство Matlab. Перейдите в папку PESQ, используйте команду:

>> pesq(8000,'zip1.wav','zip2.wav'), где zip1 – это первичная запись, а zip2 – запись, полученная через кодек. Проверьте аналогичные действия со всеми записями различных кодексов.

2.3. Результаты внесите в таблицу.

3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет о лабораторной работе должен содержать:

- цель работы;
- структурные схемы исследуемых кодексов;
- структурную схему алгоритма PESQ;
- таблицы и графики субъективных и объективных оценок качества.

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Закономерности построения алгоритмов кодирования.
2. Что такое оценка MOS? Как она производится?
3. Объясните понятие кадра. Почему используются перекодировки нескольких кадров в пакете?
4. Для чего вводит избыточность? Как она влияет на речевой сигнал?
5. Перечислите основные кодексы РС и их отличительные характеристики.
6. Основные операции, проводимые в алгоритме объективной оценки качества PESQ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Голдштейн Б.С., Пинчук А.В., Сухоминский А.Л. Пр. телефония - М.: Радио связь, 2001. - 366 с.
2. Риккерт С.Г. Кодирование и передача речи в цифровых системах подвижной связи. — М.: Горькая линия — Телеком, 2010. — 304 с.

3. Серушенко В.С., Барinov В.В. Сжатие данных, речи, звука и изображений в телекоммуникационных системах. — М.: РадиоСвязь, 2012. - 360 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

Изучение кодексов речевых сигналов в цифровых сетях
интервального обслуживания

Цель работы

Знакомство с основными кодексами речевых сигналов, используемыми в сетях связи.

1. Теоретическая часть

1.1. Кодексы на основе ИКМ

Основной чертой классов цифровой сети интервального обслуживания (ИСО) является канал 64 Кбит/с. Для этого телефонный сигнал, полоса частот которого ограничена 3400 Гц, дискретизируется с частотой 8 кГц. Разрешимость аналого-цифровой модуляции (ИКМ) при неравномерном кодировании выбирали равной 8 с учетом допустимого уровня искажений при 14 или 15 преобразованных аналогового сигнала в цифровой в одном телефонном соединении. Это обеспечивает и определенную скорость передачи речевой информации: 8 (исходная) $\times$ 8000 (Гц) = 64 (Кбит/с). Скорости передачи 8, 16 и 32 Кбит/с могут быть получены с помощью адаптивной дифференциальной ИКМ (АДИКМ).

Методы цифровой передачи речевых сигналов, в общем, можно разделить на два больших класса. В одном из них используются такие же способы кодирования колебаний, как и для аналоговых звуковых сигналов. К ним относятся ИКМ, дельта-модуляция (ДМ), дифференциальная ИКМ (ДИКМ) и другие. Во всех перечисленных способах предполагается, что ширина спектра сигнала ограничена и линиями других предположений о сигнале не делается.

Методы обработки, относящиеся к другому классу, в большей мере связаны со структурной речевых сигналов. Они основываются на моделировании органов речи линейной системой с медленно изменяющимися параметрами, позволяющей соответствующим сигналам.

Цифровое представление обеспечивает устойчивость к помехам, эффективную регистрацию сигнала, простое воспроизведение, позволяет объединять функции передачи и коммутации, и таким дает еще одно преимущество - одинаковый формат для различных типов сигналов.

Наиболее простое цифровое представление речи состоит в непосредственном представлении формы речевого сигнала. Такие методы, как НКМ, ДМ, ДПСК основаны на точном отсчете Шеннона (теорема Котельникова), согласно которому любые сигналы с ограниченным спектром могут быть представлены и точно восстановлены по его дискретным отсчетам, периодическим по времени и частоте. При условии, что их частота выше вдвое наибольшей частоты спектра сигнала.

Общая схема цифрового представления речевого сигнала (рис. 4.1) состоит из дискретизатора (Д) и квантователя (КВ).

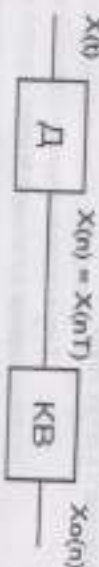


Рис. 4.1. Общая схема цифрового представления речевого сигнала

Обычно в системах цифровой обработки речевого сигнала используется периодическая дискретизация входного сигнала $X(t)$. На выходе дискретизатора отсчеты речевого сигнала $X(n)$ в точках $t=nT$, где T — период дискретизации, могут принимать непрерывное множество значений. Функция квантователя — преобразовать сигнал $X(n)$ к виду $X_0(n)$, принимаяющему конечное множество значений, т.е. представить речевой сигнал в цифровой форме.

Дискретное представление речевого сигнала следует из теоремы В.А.Котельникова, в соответствии с которой сигнал $X(t)$, имеющий спектр $S_X(f)$ при $0 < 2\pi f$, может быть восстановлен единственным образом по последовательности равноотстоящих отсчетов $X_0(nT)$, $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$, если $1/T > 2F$.

Анализ спектрального состава речевого сигнала показывает, что в диапазоне 0,3–3,4 кГц сосредоточены основные форманты речи. По этой причине МСЭ-Т рекомендует для данной диапазон частот в качестве телефонного канала связи, а частота дискретизации первичных потоков ЦСИО была выбрана 8 кГц.

Для устранения искажений, связанных с наложением частот при дискретизации, необходимо пропустить речевой сигнал через фильтр нижних частот с частотой среза 3,4 кГц. Последовательность непрерывных величин $X(n)$, представляющая собой случайный процесс в дискретном времени, формируется на выходе дискретизатора с частотой 8 кГц. Передача этой последовательности по цифровой каналу связи требует предварительного квантования с шагом квантового отсчета

$X(n)$ до конечного множества значений с последующим представлением множества значений двоично.

Т.е. процесс представления последовательности $X(n)$ в цифровом виде включает этапы квантования, при котором $X(n)$ преобразуется в последовательность $X_0(n)$, и кодирования, когда последовательности $X_0(n)$ ставится в соответствие кодовое слово $C(n)$.

Аналого-цифровой (рис. 4.2,а) и цифроаналоговый (рис. 4.2,б) преобразователи телефонного сигнала для НКМ называются соответственно кодирован (К) и декодером (ДК). В декодере осуществляется преобразование искаженных шумом кодовых слов $C'(n)$ в последовательность квантованных отсчетов $X_0'(n)$.

НКМ является наиболее распространенным методом цифрового преобразования аналоговых сигналов. При НКМ, как и при других методах цифровой модуляции, происходит дискретизация во времени передаваемого сигнала. Величины дискретных отсчетов выражаются группами кодовых импульсов. Если каждый импульс, входящий в состав кодовой группы, может принимать любое из m значений (0, 1, 2, ..., $m-1$), а кодовая группа содержит p импульсов, то возможно формирование m^p в степени p различных кодовых групп. Величина m^p — основное код, p — число разрядов.

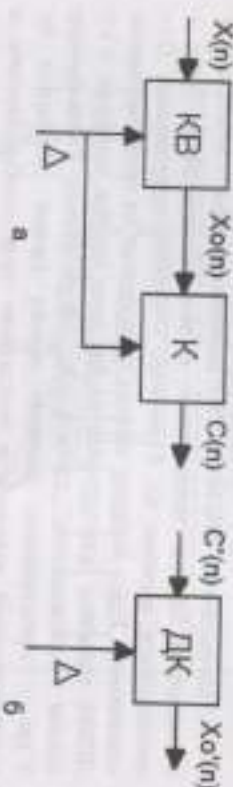


Рис. 4.2. АЦП (а) и ЦАП (б) для НКМ

Аналоговые сигналы на входе цифровой системы передачи принимают любые значения в пределах заданного амплитудного диапазона. Несмотря на различные кодовые группы, можно передать информацию не более чем о m в степени p различных значениях сигнала. Поэтому при цифровой передаче необходимо амплитудное квантование передаваемого сигнала. Таким образом, при НКМ осуществляются три этапа преобразования:

- дискретизация во времени исходного сигнала;
- квантование амплитуд дискретных отсчетов сигнала;

- кодирование, т.е. формирование кодовых групп, соответствующих квантованным значениям дискретных отсчетов сигнала.

При ИСКМ информация о величине уровня квантованного передается в форме групп кодовых импульсов. Закон, устанавливающий соотношение между величиной (или номером) уровня квантования и структурной кодовой группой, называется кодом. Коды, используемые в линейных трактах систем ИСКМ, выбираются из условий перешагивания прироста последовательности с высокой достоверностью.

Из-за нестационарности преобразуемых сигналов и (или) неадекватности измеренных сведений об их статистическом дисперсионном уровне ИСКМ сигналы зачастую оказываются избыточными. Избыточные данные затрудняют анализ сигналов, ухудшают хранение информации и тем самым снижают фактическую пропускную способность канала и емкость устройств хранения. В настоящее время для повышения эффективности систем связи, систем преобразования и хранения информации применяются адаптивные варианты ИСКМ, в которых параметры систем дискретизации меняются, подстраиваясь под дисперсионный сигнал. К таким системам относятся ДИСКМ и ДИСКМ В, для осуществления регуляции уровня отсчетов шкалы квантования.

1.2. Дифференциальный ИСКМ

Под системой с ДИСКМ (рис. 4.3) понимают систему с квантованием и передачей остатка предсказания и момент передачи t_n . S_n - предсказание, E_n - значение остатка предсказания на момент приема ДИСКМ, возможно отличающееся от E_{n-1} из-за ошибок передачи. S_{n+1} - оценка предсказанного отсчета S_n , формируемая приемником, соответствующей величине и передаточной из-за ошибок передачи и различных способов формирования на передаточном и приемном каналах).

В приемном устройстве производится цифровое преобразование и суммирование отдельных приращений переданного сигнала.

Между датчиком (оборудованием в системе с ДИСКМ) и приемником, чем при ИСКМ (линейное суммирование квантованного устройства), с учетом выходящего ДИСКМ не имеет прироста предсказания при передаче речевых сигналов.



Рис. 4.3. Передающий и приемный базовые системы с ДИСКМ

1.3. Адаптивная дифференциальная ИСКМ

Структурная схема системы АДИСКМ представлена на рис. 4.4. В системе АДИСКМ возможно применение квантователей с адаптивной по входу и выходу.

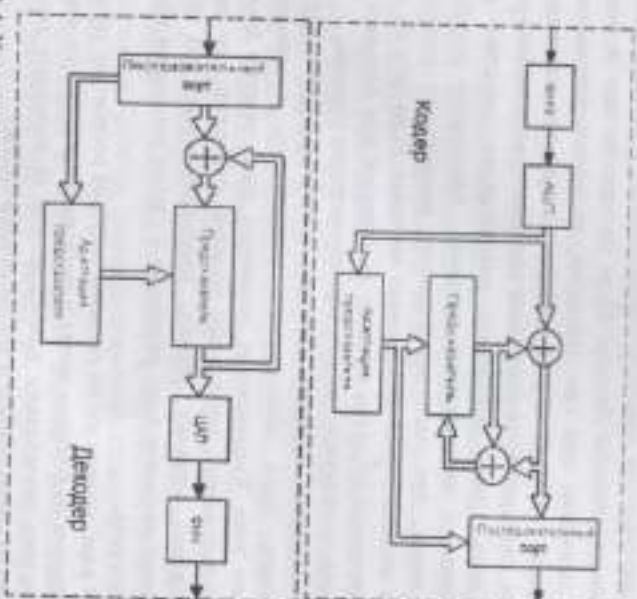


Рис. 4.4. Кодирование и декодирование устройств системы с АДИСКМ

При адаптации по входу не требуется передавать информацию о шаге квантования на принимающую сторону, но восстановленный сигнал в этом случае оказывается более чувствительным к ошибкам в канале связи.

Техника адаптации обеспечивает получение улучшенных

характеристик, поскольку различные типы и модели согласные звуки имеют явно отличающиеся повторяющиеся спектры. Чтобы перестраховаться, при предэкспонировании, в коде АДНМ сначала определяется время задержки, подлежащее использованию при предэкспонировании (первая основная тона), а затем коэффициенты экспонирования для значений задержанных дисперсий. Коэффициенты предэкспонирования зависят от времени (кд) и пересчитываются через каждые 5...20 мс.

Обычно адаптивный квантователь осуществляет равномерное квантование в пределах диапазона между верхним и нижним порогами ограничения, причем в процессе регулирования пороги меняются независимо друг от друга. Анализируются в последовательных квантованных отсчетах сигнала. Если ни один из них не попал на границу диапазона или вне диапазона, то пороги устанавливаются следующим: верхний порог выбирается равным квантованному значению, сложному со значением верхнего охранного интервала. В случае, если сумма превышает максимальное значение порога, устанавливается максимальное значение. Аналогично регулируется нижний порог, для чего используется наименьшее квантованное значение отсчета и нижний охранный интервал. Если хотя бы один из анализируемых отсчетов выхлестит за диапазон или попадет в один из охранных интервалов, то регулировка проходит спокойно.

В системах АДНМ возможно и неравномерное адаптивное квантование. Здесь используется квантователь с комбинированной основной тона. Квантователь основной тона, помимо нескольких чисто используемых внутренних уровней, содержит еще два реже используемых внешних уровня, предназначенных для быстрого расширения динамического диапазона в случае повышения амплитуды основного тона.

В ряде случаев схема системы АДНМ состоит из двух частей: предэкспонирования на большое время и предэкспонирования на малое время. При этом система значительно упрощается и ее называют системой с адаптивным кодированием и предэкспонированием (АПК).

Следует отметить, что синтез субъективной громкости шума может сопровождаться незначительным уменьшением относительной приемной стороны в АДНМ отношение сигнала шуму равно 20 дБ, а в ИКМ - 33 дБ (при скорости передачи в ИКМ 56 Кбит/с, а в АДНМ - 16 Кбит/с).

Такой образом, АДНМ позволяет снизить скорость передачи

до 24 - 32 Кбит/с, практически без ухудшения качества звучания сигнала на приемной стороне по сравнению со стандартной ИКМ. Качество передачи при этом слабо зависит от конкретного источника информации (объекта, диктора). За счет адаптивного предэкспонирования можно обеспечить относительной универсальностью и может быть использован для передачи других видов информации, например для передачи данных и телеграфии.

2. Практическая часть

1. Запустите программу лабораторной работы CODER.
2. Введите параметры сигнала по указанию преподавателя при смешении сигнала относительно «нулевого» уровня квантователя, равного 0, с учетом следующих возможных вариантов:
 - нестационарный процесс;
 - сигнал с нормальным законом распределения;
 - сигнал с распределением по закону арксинуса.

3. Измерьте квантователь ИКМ при длине кодового слова $n = 8$. Постройте зависимость отклонения сигнала G (отрубка до двух знаков) от величины размаха сигнала ($U = 2.4-8.16-32-64-128-255$). Сделайте вывод.

4. Измерьте квантователь ИКМ с μ -коэффициентом при длине кодового слова $n = 8$, $\mu = 280$ для нормального закона распределения. Постройте зависимость отклонения сигнала G от величины размаха сигнала. Определите среднюю амплитуду в отношении сигнала шуму, и сравните с квантователем ИКМ. Сделайте вывод.

5. Постройте л. 4 при длине кодового слова $n = 6, 5, 4$. Сделайте вывод о возможности уменьшения скорости работы кода с μ -коэффициентом по сравнению с кодом с квантователем ИКМ при длине кодового слова $n = 8$ (по критерию отклонения сигнала шуму) на выходе квантователя.

6. Постройте л. 4 для входного сигнала с распределением по закону арксинуса. Сделайте вывод об эффективности применения кодирования для квантования сигнала с разными законами распределения.

7. Постройте л. 4, 5 для квантователя АДНМ.

3. Содержание отчета

Отчет о лабораторной работе должен содержать: структурные схемы кодирующего и декодирующего устройств системы с

АДИКСМ, а также таблицы и графики исследований кодовым ИКСМ и АДИКСМ.

4. Контрольные вопросы

1. Какой канал является основой передачи кода для цифровой сети интегрального обслуживания?
2. В какой полосе сосредоточены основные форманты речи?
3. Объясните принцип работы кода ДИКСМ.
4. Принципы равномерного и неравномерного адаптивного кодирования.
5. Объясните структурную схему кода АДИКСМ.

Библиографический список

1. Шенгун О.И., Лукьянцев Н.Ф. Цифровая обработка и передача речи. М.: Радио и связь, 2000. - 456 с.
2. Карпилов С.Н., Стукалов Д.Н. Цифровые системы обработки речевых сигналов: учеб. пособие. Рязань: РГРТА, 1995. - 80 с.
3. Трофимов Ю.А. Стандарты и системы цифровой радиосвязи. М.: Эко-пресс, 1996. - 239 с.

Содержание

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. Исследование VoIP-сети с использованием ДИКС-сервера на базе программы Cisco Packet Tracer	1
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. Проектирование IP-сети связи на основе АТС Asterisk	16
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. Изучение кода ИК-телефонии	29
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. Изучение принципов речевого кодирования в цифровых сетях интегрального обслуживания	41