

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**НАУЧНО МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ПЕРЕПОДГОТОВКИ И
ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ И
РУКОВОДЯЩИХ КАДРОВ ВЫСШИХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ
УЧРЕЖДЕНИЙ**

**ОТРАСЛЕВОЙ ЦЕНТР ПЕРЕПОДГОТОВКИ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ ПЕДОГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ ПРИ
ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ**

“Утверждаю”

Директор отраслевого центра

_____ **Х.М.Холмедов**

“ _____ ” _____ 2015 йил

У Ч Е Б Н О - М Е Т О Д И Ч Е С К И Й К О М П Л Е К С

по модулю “ШИРОКОПОЛОСНЫЕ СЕТИ СВЯЗИ”

Разработчик:

С.А.Садчикова

Ташкент – 2015

Оглавление

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ.....	15
Тема 1: Введение в широкополосные сети.....	15
Тема 2: Цифровые абонентские линии.....	24
Тема 3: Сети широкополосного абонентского доступа	50
Тема 4,5: Услуги широкополосных сетей	71
Тема 6: Протоколы услуг широкополосной сети – протокол RTP, RTSP	85
Тема 7: Протоколы услуг широкополосной сети – протокол SIP	106
Тема 8: Протоколы услуг широкополосной сети – протокол H.248	120
Тема 9: Широкополосные транспортные сети технологии SDH и SONET.....	137
Тема 10: Широкополосные транспортные сети DWDM.....	156
ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ.....	172
Тема 1: Установление соединения по протоколу SIP (2 часа)	172
Тема 2: Установление соединения по протоколу H.248 (2 часа)	183
Тема 3: Добавление H.248 абонентов на ZXSS10-SS1b с помощью программы NetNumen (2 часа)	196
Тема 4: Добавление SIP абонентов на ZXSS10-SS1b с помощью программы NetNumen U31 (2 часа).....	207
Тема 5: Настройка ДВО услуг для абонентов ZXSS10-SS1b с помощью программы NetNumen (2 часа)	214
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	228
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	230

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Введение

Данная рабочая программа включает в себя характеристику широкополосных сетей связи, принципы построения мультисервисных услуг, технологии широкополосной передачи данных, сетей широкополосного абонентского доступа, описание методов мультиплексирования, модуляции при высокоскоростной передаче информации, требования, предъявляемые при построении широкополосных сетей связи, тенденции их развития.

В настоящее время информационно-коммуникационные технологии внедряются во всех отраслях народного хозяйства с использованием различных технологий. Ведется работа по взаимодействию между существующими телефонными сетями, сетями доступа, сетями сотовых провайдеров и внедряемыми сетями следующего поколения, основанными на пакетной передаче, внедряется система «Электронного правительства».

В Указе Президента Республики Узбекистан И.А. Каримова «О формировании министерства развития информационных технологий и коммуникаций»¹ большое внимание уделяется поэтапному переходу на новейшие системы передачи информации с постепенной модернизацией инфраструктуры существующих сетей. В Указе сформулированы новые задачи, которые ставятся перед министерством развития информационных технологий и коммуникаций.

В настоящее время ведутся работы по расширению национального сегмента интернета и подключения абонентов широкополосного доступа, завершается полномасштабный переход на цифровую телефонную связь, телевидение и радиовещание, в связи требованиями к информационным, интеллектуальным нуждам молодого поколения идёт создание условий для развития сетевых ресурсов.

Приоритетной целью развития объявлено повсеместное внедрения инфо-коммуникационных технологий и на их основе интерактивных государственных услуг во всех отраслях народного хозяйства, включая жителей удалённых малонаселённых пунктов.

Важную роль в этом процессе играет изучение предмета «Широкополосные сети связи» в свете изучения принципов работы современных мультисервисных услуг связи.

Цели, задачи и назначение модуля

Цель модуля «Широкополосные сети связи» - предоставить слушателям знания о широкополосной сети, ее структурных элементах,

¹ И.А.Каримов. Указ Президента Республики Узбекистан «О формировании министерства развития информационных технологий и коммуникаций» от 4 февраля 2015 года.Т.:Узбекистон, 2015.

технологиях широкополосных транспортных сетей SDH, SONET, DWM, технологиях фиксированного широкополосного доступа xDSL, FTTx, PON, протоколах услуг RTP, RTCP, SIP, H.248.

Задача модуля “Широкополосные сети связи” – научить слушателей архитектуре и дизайну современных высокоскоростных широкополосных сетей, как спроектировать сеть для услуги Triple-Play, как эффективно использовать пропускную способность сети, чтобы обеспечить заданное качество обслуживания для широкополосной сети.

Требования к знаниям, умениям и навыкам слушателей в результате изучения модуля

В результате изучения модуля “Широкополосные сети связи”

Слушатель должен знать:

- архитектуру и дизайн современных высокоскоростных широкополосных сетей;
- технологии широкополосных транспортных сетей SDH, SONET, DWM;
- технологии фиксированного широкополосного доступа xDSL, FTTx, PON;
- методы обеспечения качества обслуживания;
- функции управления вызовами с точки зрения Softswitch.

Слушатель должен уметь:

- анализировать состав современных высокоскоростных широкополосных сетей;
- определять интерфейсы для межсетевого взаимодействия;
- составлять соединительный тракт для конкретных условий, заданных преподавателем, для предоставления услуги.

Слушатель должен приобрести навыки:

- построения схем взаимодействия сетевых протоколов SIP, RTP, RTCP, Megaco/H.248;
- настройки SIP терминала, IAD;
- проектирования широкополосных сетей различного назначения, сети для услуг Triple play;
- построения сети доступа на основе xDSL, FTTx, PON.

Слушатель должен быть компетентным:

- в изучении и проведении лекционных занятий, практических и лабораторных работ в процессе изучения модуля “Широкополосные сети связи”

Рекомендуемый метод проведения занятий по модулю

Модуль “Широкополосные сети связи” содержит лекционные и практические занятия.

Показателями качества взаимосвязи учебного процесса с качеством образования являются:

- преподавание на высоком научно-педагогическом уровне, проведение проблемных лекций, проведение занятий в виде интересных вопросов и ответов,
- использование передовых педагогических технологий и мультимедийных средств, постановка проблем перед слушателями, требовательность, индивидуальная работа со студентами, привлечение к свободному общению и научному исследованию.

Взаимосвязь с другими дисциплинами учебного плана

Модуль “Широкополосные сети связи” является основным специализированным модулем в соответствии с учебным планом и базируется на современных подходах, используемых при изучении дисциплины.

В модуле достаточно широко используются сведения о структуре и функционировании сетей электросвязи, принципах построения и работы современных узлов, которые рассматриваются в модулях “Современные мобильные системы связи”, “Системы цифрового теле-, радиовещания”.

Место модуля в общем учебном процессе

Тематика основной части дисциплины (лекции) представлена в логической последовательности. Основные понятия каждой темы рассматриваются в тезисной форме.

Требования по качеству к основной части – актуальность темы в соответствии запросами работодателя и потребностями производства, в соответствии с происходящими в государстве политико-экономическими и демократическими переменами, юридико-экономическими и отраслевыми реформами, также рекомендуется учитывать последние достижения в дисциплине и технологии.

Распределение видов занятий в часах по модулю «Широкополосные сети связи»

№	Наименование темы модуля	Учебная нагрузка слушателей в часах					
		Всего	Учебная нагрузка в аудитории			Выездное занятие	Самост. работа, часы
			Итого	в том числе			
				Лекции, часы	Практические занятия, часы		
1.	Введение в широкополосные сети	2	2	2	-	-	-
2.	Цифровые абонентские линии	4	4	2	2	-	-
3.	Сети широкополосного абонентского доступа	2	2	2	-	-	-
4,5.	Услуги широкополосных сетей	8	8	4	4	-	-
6.	Протоколы услуг широкополосной сети – протокол RTP, RTCP	2	2	2	-	-	-
7.	Протоколы услуг широкополосной сети – протокол SIP	4	4	2	2	-	-
8.	Протоколы услуг широкополосной сети – протокол H.248	4	4	2	2	-	-
9.	Широкополосные транспортные сети технологии SDH и SONET	8	2	2	-	4	2
10.	Широкополосные транспортные сети DWDM	6	2	2	-	2	2
		40	36	20	10	6	4

ЛЕКЦИОННЫЕ ЗАНЯТИЯ

Тема 1: Введение в широкополосные сети

План:

1. Определение широкополосной сети.
2. Отличие широкополосной сети от узкополосной.
3. Узкополосные и широкополосные системы передачи транспортной сети.

Определение широкополосной сети. Почему требуется широкополосная сеть. Требования к сетям связи – мультисервисность, широкополосность, мультимедийность, интеллектуальность, инвариантность доступа, многооператорность. Сети, составляющие современную модель инфокоммуникационной системы. Транспортная ТК сеть – использование ресурсов и структура транспортной ТК сети. Иерархии ЦСП. Узкополосная транспортная сеть плездохронная цифровая иерархия PDH – европейская E1-E4, североамериканская T1-T4. Основные параметры ЦСП PDH, метод построения сети. Широкополосная ЦСП – технология SDH. Уровни иерархии SDH. Преимущества SDH. Структура стандартного ADM (мультиплексора ввода-вывода). Широкополосная ЦСП – DWDM. Разделение сети по длинам волн. Классификация систем WDM. Сеть доступа. История развития. Три среды передачи и три вида услуг современной сети доступа. Пути модернизации сети доступа для миграции к широкополосной сети.

Тема : Цифровые абонентские линии

План:

1. Семейство технологий xDSL.
2. Набор услуг DSL.
3. ADSL –модем, ADSL фильтр.
4. Характеристики технологий семейства xDSL
5. Мультиплексор Доступа Цифровой абонентской линии DSLAM.
6. Маршрутизатор Широкополосного Удаленного доступа BRAS.

Состав абонентского участка телефонной сети. Распределительный участок сети доступа, магистральный участок сети, доступа, кросс. Линейно-аппаратный цех (ЛАЦ). Стойки распределения абонентских и соединительных линий - MDF (Main Distribution Frame), DDF (Digital Distribution Frame).

Преимущества технологий xDSL. Характеристики технологий xDSL. Семейство технологий xDSL. Набор услуг DSL. Доступ по технологии ADSL. ADSL-модем передающая часть, работа с подканалами. ADSL-модем управляющая часть – адаптеры портов канального и DTE-DCE интерфейсов, универсальный, сигнальный , модемный процессоры. Требования к параметрам модемов. Принципы работы SHDSL, VDSL и VDSL2.

Общий вид сети DSL – типичная цифровая абонентская линия. Типовая структура сети Metro Ethernet. Новые термины иерархической сети. Функции DSLAM. Структурная схема функциональных модулей системы DSLAM. BRAS - Broadband Remote Access Server – функции. Современные тенденции построения сетей – абонентский порт – единая точка раздачи услуг, центр сети – единая точка раздачи услуг.

Тема 3: Сети широкополосного абонентского доступа

План:

1. Сравнение характеристик оптических структур доступа – FTTC, FTTB, FTTH.
2. Развитие сети доступа на базе оборудования MSAN (FTTC).
3. Узел мультисервисного абонентского доступа MSAN.
4. Развитие сети доступа на базе оборудования mini-MSAN (FTTB-xDSL).
5. Архитектура пассивной оптической сети (PON)

Семейство технологий FTТх. Сценарии развертывания FTТх – положение точки "х", технология доставки данных в оптической сети агрегации/распределения до точки "х", технология доступа после точки "х". Расположение точки "х".

Использование оптического волокна - наиболее перспективная технология модернизации сетей доступа. Три основные задачи операторов связи при предложении ШПД.

Преимущества FTTC. . Пример реализации FTTC. FTTC с VDSL2. FTTC с ADSL2+. FTTC с POTS. FTTC с комбинированным доступом (POTS и ADSL2+). Преимущества FTTB. . Пример реализации FTTB. FTTB с VDSL2. FTTB с ADSL2+. FTTB с POTS. FTTB с комбинированным доступом. FTTB с Ethernet (ETTH).

Узел мультисервисного абонентского доступа MSAN – назначение, классификация. Развитие сети доступа на базе оборудования MSAN (FTTC) и mini-MSAN (FTTB-xDSL). Структура и назначение MSAN ONU-F01D1000 фирмы Huawei. Общая структура сети доступа с интеграцией услуг HONET. OLT – терминал, ONU. Архитектура системы MSAN. Эволюция MSAN – MSAG – протоколы, структура, функции Hair-pin и self-switch.

Тема 4,5: Услуги широкополосных сетей

План:

1. Услуги Triple-Play – видеозвонов, услуги передачи данных, голосовые услуги.
2. Широкополосные мультимедийные приложения.
3. Сети хранения данных, облачные сети.

Состав услуги Triple play – телефония, доступ в Интернет, телевидение.

Телефония – традиционная или VoIP-платформы, IMS. Экстренные вызова и связь с СОРМ. Требования к полосе пропускания.

Доступ в Интернет – DSLAM, BRAS, AAA-сервер, DNS/ENUM-сервер.

Телевидение – головная станция, система дистрибуции ТВ-контента.

Распространение контента кабельного телевидения, IP-телевидения. Управляющая IP TV платформа.

Проблемы с биллингом TriplePlay услуг. Работа мастер-биллинга по тарификации доступа в интернет. Работа телефонного биллинга. Работа телевизионного биллинга.

Новые сервисы и фрод (телекоммуникационное мошенничество), поддержка пользователей.

Что такое облачные вычисления? Цели создания “облака”. Компоненты облачных вычислений. ИТ-роли в облаке. Быть или не быть облаку: оценка рисков.

Тема 6: Протоколы услуг широкополосной сети – протокол RTP, RTCP

План:

1. Принципы пакетной передачи речи.
2. Виды соединений в сети IP-телефонии.
3. Принцип пакетной передачи речи на примере сценария IP-телефонии "компьютер-компьютер".
4. Структура протоколов RTP и RTCP.
5. Типы речевых кодеков

Разница понятий IP-телефония, голос по IP-сетям (Voice over IP - VoIP), Интернет-телефония. Сеть INTERNET и стек протоколов TCP/IP.

Передача голоса по технологии коммутации каналов. Передача голоса при пакетной коммутации. Вызов «компьютер-компьютер». Вызов «телефон-телефон» через пакетную сеть. Вызов «компьютер-телефон». Вызов «WEB-браузер -телефон».

Принципы пакетной передачи речи. Процесс передачи голоса по пакетной сети. Извлечение переданной голосовой информации из полученных пакетов. Алгоритм аппроксимации. Структура IP дейтаграммы. Структура UDP дейтаграммы. RTP и RTCP протоколы – назначение, место в стеке TCP/IP. Основной заголовок RTP-пакета назначение полей. Типы речевых кодеков и их основные характеристики. Оценка MOS (Mean Opinion Score). Физические интерфейсы. Основные проблемы в IP-телефонии.

Тема 7: Протоколы услуг широкополосной сети – протокол SIP

План:

1. Функциональные возможности протокола SIP.
2. Интеграция протокола SIP с IP-сетями.
3. Архитектура сети SIP. Запросы протокола SIP.
4. Ответы протокола SIP.
5. Сценарий установления соединения через сервер переадресации.

6. Сценарий установления соединения через прокси-сервер.

Назначение и функциональные возможности протокола SIP. Типы SIP-адресов. Интеграция протокола SIP с IP-сетями. Место протокола SIP в стеке протоколов TCP/IP. Виды конференций в протоколе SIP.

Архитектура сети SIP. Агенты пользователя (User Agent или SIP client). Прокси-сервер (proxy server). Сервер переадресации (redirect server) – с сохранением состояний (stateful), без сохранения состояний (stateless). Сервер определения местоположения пользователей.

Структура сообщений SIP. Шесть основных типов запросов протокола SIP – INVITE, ACK, CANCEL, BYE, REGISTER, OPTIONS. Новые сообщения для мультимедийной сессии INFO, PRACK, UPDATE, SUBSCRIBE, NOTIFY, REFER, MESSAGE.

Ответы протокола SIP – информационные и финальные. Назначение информационных ответов 1xx. Назначение финальных ответов 2xx, 3xx, 4xx, 5xx, 6xx.

Три основные сценария установления соединения протокола SIP: с участием прокси-сервера, с участием сервера переадресации и непосредственно между пользователями.

Тема 8: Протоколы услуг широкополосной сети – протокол H.248

План:

1. Принцип декомпозиции шлюза.
2. Модель процесса обслуживания вызова.
3. Структура команд и ответов H.248.
4. Пример установления и разрушения соединения. Функции Softswitch.

Принцип декомпозиции шлюза. Логические объекты шлюза – медиа-шлюз Media Gateway, контроллер шлюзов - Call Agent, шлюз сигнализации Signaling Gateway (SG).

Архитектура сети на базе протокола H.248. Особенности протокола H.248. Модель процесса обслуживания вызова протокола H.248. Два логических объекта внутри транспортного шлюза: порт (termination) и контекст (context).

Порты назначение. Физические порты. Виртуальные порты. Характеристики портов – уникальный идентификатор (TerminationID), свойства (properties).

Дескрипторы протокола H.248 – Modem, Mux, Media, TerminationState, Stream, Local, Remote, LocalControl, Events, Signals, Audit, Packages, DigitMap, ServiceChange, Observed Events, Statistics, Extension.

Структура команд H.248. Виды команд – Add (Добавить), Modify (Изменить), Subtract (Отключить), Move (Перевести), AuditValue (Проверить порт), AuditCapabilities (Проверить возможности порта), Notify

(Уведомить), ServiceChange (Рестарт). Структура ответов H.248. Коды ошибок

Пример установления и разрушения соединения. Функции Softswitch.

Тема 9: Широкополосные транспортные сети технологии SDH и SONET

План:

1. Элементы системы SDH и образование групповых трактов.
2. Архитектура различных сетей SDH.
3. Методы повышения надежности и устойчивости сетей SDH.
4. Образование групповых трактов высокого порядка.

Широкополосная ЦСП – технология SDH. Преимущества SDH. Уровни иерархии SDH. STM-1 155М. STM-4 622М. STM-16 2,5G. STM-64 10G. структура стандартного ADM (мультиплексора ввода-вывода).

Виртуальные контейнеры. Секции.

Модели транспортных сетей связи SDH. Уровень каналов - цифровые каналы E1, E3, E4. Уровни трактов – тракты виртуальных контейнеров VC-12, VC-3, VC-4. Физический уровень – секции мультиплексирования и регенерирования.

Структуры SDH транспортных сетей. Структура «точка-точка». Структура «линейная цепь». Структура «плоское кольцо». Структура «звезда». Структура «двухволоконное кольцо». Структура «четырёхволоконное кольцо».

Тема 10: Широкополосные транспортные сети DWDM

План:

1. Общая структура системы WDM.
2. Технология CWDM.
3. Технология DWDM.

Назначение технологии WDM и схема классификации WDM систем. Отличие FDM от OFDM. Отличие систем SDH от WDM систем. Модели взаимодействия технологий SDH/SONET, ATM, IP.

Основная схема системы WDM – мультиплексор WDM. усилители, детекторы, полосовые фильтры, демодуляторы.

Волновое мультиплексирование. Окна прозрачности. 2 и 3 окна прозрачности для двух основных несущих 1310нм и 1550нм.

Отличие широкополосными WDM от узкополосным WDM.

Проблемы совместимости систем WDM. Необходимость стандартизовать номинальный ряд несущих – “канальный или частотный план”. Канальный (частотный план) с шагом 0,2 ТГц, с шагом 0,4 ТГц.

Система CWDM, отличие от DWDM, поддерживаемая сетевая топология. Набор физических интерфейсов, сервисов/услуг систем CWDM

и C/DWDM.

Система DWDM - характеристики. WDM фильтр.

Двухканальные системы 1310нм и 1550нм. Прецизионные узкозонные WDM 1550нм. WDM с короткими и длинными пролетами. Эксплуатационная стоимость оптической транспортной системы

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Тема 1: Установление соединения по протоколу SIP (2 часа)

План:

1. Элементы SIP-сети. Их функции.
2. Запросы протокола SIP.
3. Ответы протокола SIP.
4. Сценарий установления установления мультимедийной сессии.

В соответствии с вариантом и схемой сети построить сценарии установления соединения по протоколу SIP. Показать прохождение сигнальной и речевой информации.

Тема 2: Установление соединения по протоколу H.248 (2 часа)

План:

1. Принцип декомпозиции шлюза.
2. Архитектура сети на базе MGCP/H.248
3. Модель процесса обслуживания вызова.
4. Взаимодействие протокола H.248 с протоколом OKS7.

В соответствии с вариантом и схемой сети построить сценарии установления соединения по протоколу H 248. Показать прохождение сигнальной и речевой информации.

Тема 3: Добавление H.248 абонентов на ZXSS10-SS1b с помощью программы NetNumen (2 часа)

План:

Интегрированная система управления сетью NetNumen U31

1. Программный коммутатор ZXSS10 SS1b (Softswitch)
2. Конфигурация пользователя в устройстве SoftSwitch

Изучение программы интегрированной системы управления сетью NetNumen U31 и выполняемых ею задач. Открыть программу NetNumen U31. В соответствии с вариантом добавить H.248 абонентов.

Тема 4: Добавление SIP абонентов на ZXSS10-SS1b с помощью программы NetNumen U31 (2 часа)

План:

1. Интегрированная система управления сетью NetNumen U31

2. Программный коммутатор ZXSS10 SS1b (Softswitch)
3. Добавление SIP абонентов на Softswitch
4. Настройка SIP терминала

Изучение программы интегрированной системы управления сетью NetNumen U31 и выполняемых ею задач. Открыть программу NetNumen U31. В соответствии с вариантом добавить SIP абонентов. Перечислить услуги, которые будут предоставляться сетью, указать транспортные технологии, которые будут использоваться для связи.

Тема 5: Настройка ДВО услуг для абонентов ZXSS10-SS1b с помощью программы NetNumen (2 часа)

План:

1. Услуга ДВО. Типы дополнительных видов обслуживания
2. Интегрированная система управления сетью NetNumen U31
3. Программный коммутатор ZXSS10 SS1b (Softswitch)
4. Настройка ДВО различным абонентам

В соответствии с вариантом настроить ДВО пользователю двумя способами: Hotline Service Delayed Hotline, Call Forwarding Unconditional, Alarm-Call Service, Call Forwarding On Busy, Call Forwarding No Answer, Abbreviated Dialing. Пояснить виды дополнительных видов обслуживания

САМООБРАЗОВАНИЕ

Форма отчетности по работе «самообразование слушателей»

Самостоятельная работа слушателей по модулю “Широкополосные сети связи” является составной частью процесса изучения этого предмета, которая обеспечена методическими и информационными ресурсами.

Слушатели в аудиторных занятиях слушают лекции профессор-преподавателей, решают задачи. Во вне аудиторное время слушатель готовится к занятиям, делает конспекты по литературе, решает задачи по заданной домашней работе. Кроме того, чтобы расширить тематику изучаемого материала, слушатель изучает дополнительную литературу, готовит рефераты и по данной тематике, решает тесты.

Выполнение домашних заданий, самостоятельное изучение дополнительной литературы, нахождение нужных данных и поиск путей решения проблемы, сбор материалов в сети Internet, проведение научных исследований, подготовка тезисов и лекций самостоятельно с помощью научных ресурсов приводят к углублению знаний слушателей и расширению их кругозора.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

1. Broadband Network Architectures designing and deploying Triple-play services. Chris Hellberg, Dylan Greene, Truman Boyes. Pearson Education 2007.
2. Packet Broadband Network Handbook. The McGraw-Hill Companies. 2004
3. Broadband optical access networks. Leonid g. Kazovsky. A John Wiley & Sons, Inc., publication. 2011
4. Broadband Access Networks. Technologies and Deployments. Abdallah Shami, Martin Maier. Springer Science 2009.
5. Садчикова С.А. IP-ТЕЛЕФОНИЯ. Учебное пособие для студентов специальностей 5А522202, 5А522203, 5А522205, 5А522216. Ташкент. ТУИТ. 2008
6. Крук Б.И. и др. Телекоммуникационные системы и сети. - М.: Горячая линия – Телеком, 2004
7. Гулевич Д. С. Сети связи следующего поколения. БИНОМ. Лаборатория знаний, Интернет-университет информационных технологий - ИНТУИТ.ру, 2007.
8. Росляков А.В. Сети следующего поколения NGN. - Эко-Трендз, 2008. - 424с.
9. Гольдштейн Б.С., Гольдштейн А.Б. SoftSwitch. СПб.: БХВ - Санкт-Петербург, 2006.
10. Ершов В.А., Кузнецов Н.А., Мультисервисные сети. МГГУ Н.Е Баумана 2003 г.

Сайты Internet и Ziyonet

1. «Программное обеспечение узлов коммутации (ПОУК)» масофавий ўқитиш курсининг материаллари (<http://www.teic.uz/dlnet>)
2. «IP-телефония» масофавий ўқитиш курсининг материаллари <http://www.teic.uz/dlnet>
3. «Сети связи следующего поколения» масофавий ўқитиш курсининг материаллари <http://www.INTUIT.ru>
4. «Высокоскоростные сети связи» масофавий ўқитиш курсининг материаллари <http://www.INTUIT.ru>
5. elibrary.tuit.uz
6. www.ziyonet.uz

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

Тема 1: Введение в широкополосные сети

План:

1. Определение широкополосной сети.
2. Отличие широкополосной сети от узкополосной.
3. Узкополосные и широкополосные системы передачи транспортной сети.

Ключевые слова: широкополосная сеть, мультисервисность, широкополосность, мультимедийность, интеллектуальность, инвариантность доступа, многооператорность, транспортная сеть, иерархии ЦСП, плездохронная цифровая иерархия PDH, технология SDH, DWDM, сеть доступа.

1.1. Определение широкополосной сети

Первоначально термин широкополосные сети использовался, чтобы различить многочастотные коммуникационные системы от систем связи с передачей данных по одиночной немодулируемой полосе частот. Не так давно телекоммуникационные компании предлагали только ограниченный диапазон высоконадёжных, узкополосных сервисов, которые были ориентированы на передачу по медным двухпроводным абонентским телефонным линиям. Спустя некоторое время, термин широкополосные сети стал синонимом высокоскоростных сервисов с большой полосой пропускания.

Интерес к широкополосным сетям объясняется несколькими причинами, из числа которых обычно выделяют три существенные тенденции:

- абоненты сети электросвязи хотят расширить спектр предоставляемых им услуг возможностью обмена подвижными и неподвижными изображениями, так как порядка 80% основной информации человек получает визуально;
- непрерывный рост требований на высокоскоростные тракты, соединяющие локальные вычислительные сети;
- развитие систем удаленной обработки данных, требующих передачи больших объемов информации.

Эти три приложения широкополосных телекоммуникаций имеют весьма специфические требования, что, вероятно, породило создание нескольких специализированных сетей. В качестве примеров концептуальных положений, относящихся к широкополосным сетям, можно назвать:

- Switched Multimegabit Data Service (SMDS) – коммутируемая сеть передачи данных, поддерживающая услуги на скоростях, измеряемых в Мбит/с;
- Fiber Distributed Data Interface (FDDI) – оптический распределенный интерфейс для обмена данными;
- Distributed Queue Dual Bus (DQDB) – двойная шина с распределенной очередью;
- Frame Relay, Frame Switching – перенос и коммутация кадров.

Перечисленные технологии широкополосной связи предназначены, в основном, для обмена данными в пределах локальных сетей или между ними (в англоязычной технической литературе – LAN, MAN и WAN) и для систем удаленной обработки данных. Задача поддержки услуг по передаче визуальной информации на перечисленные технологии не возлагается.

Принимая во внимание особенности инфокоммуникационных услуг, могут быть определены следующие требования к *перспективным сетям связи*:

- мультисервисность, под которой понимается независимость технологий предоставления услуг от транспортных технологий;
- широкополосность, под которой понимается возможность гибкого и динамического изменения скорости передачи информации в широком диапазоне в зависимости от текущих потребностей пользователя;
- мультимедийность, под которой понимается способность сети передавать многокомпонентную информацию (речь, данные, видео, аудио) с необходимой синхронизацией этих компонент в реальном времени и использованием сложных конфигураций соединений;
- интеллектуальность, под которой понимается возможность управления услугой, вызовом и соединением со стороны пользователя или поставщика услуг;
- инвариантность доступа, под которой понимается возможность организации доступа к услугам независимо от используемой технологии;
- многооператорность, под которой понимается возможность участия нескольких операторов в процессе предоставления услуги и разделение их ответственности в соответствии с областью деятельности.

Кроме того, при формировании требований к перспективным сетям связи необходимо учитывать особенности деятельности поставщиков услуг. В частности, современные подходы к регламентации услуг присоединения предусматривают доступ поставщиков услуг, в том числе и не обладающих собственной инфраструктурой, к ресурсам сети общего пользования на недискриминационной основе. При этом к основным требованиям, предъявляемым поставщиками услуг к сетевому окружению, относятся:

- обеспечение возможности работы оборудования в "мультиоператорской" среде, т.е. увеличение числа интерфейсов для подключения к сетям

- сразу нескольких операторов связи, в том числе на уровне доступа;
- обеспечение взаимодействия узлов поставщиков услуг для их совместного предоставления;
- возможность применения "масштабируемых" технических решений при минимальной стартовой стоимости оборудования.

Независимо от вида связи общую структурную схему **сети телекоммуникаций** можно представить как совокупность конечных устройств, коммутационных центров и связывающих их линий и каналов связи. В настоящее время современные сети телекоммуникаций часто делят по иерархическим уровням (рис.1.1), а именно:

- сеть в помещении пользователя
- сеть абонентского доступа
- транзитная транспортная сеть

Для реализации широкополосных услуг каждый из участков должен обладать свойством широкополосности.

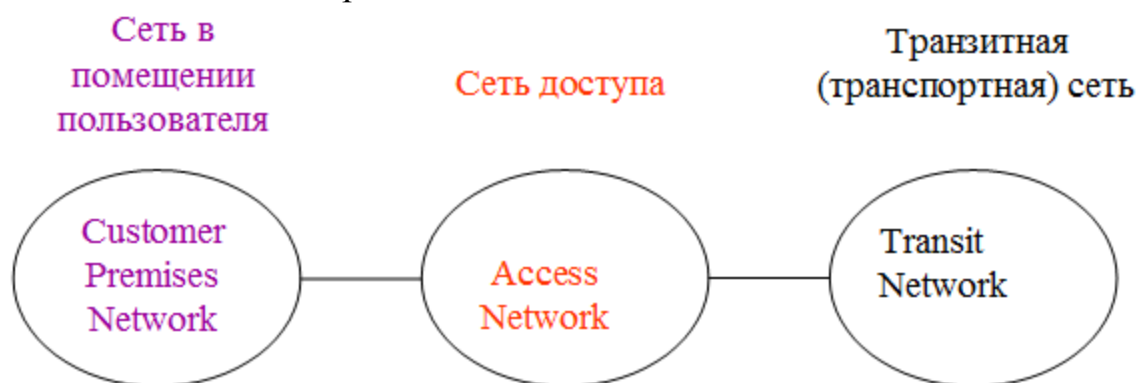


Рис.1.1. Иерархические уровни в телекоммуникационной сети

Транспортная телекоммуникационная сеть — сеть, обеспечивающая передачу знаков, сигналов, письменного текста, изображений и звуков или сообщений любого рода между подключенными к ней телекоммуникационными сетями доступа. Она представляет собой базовую инфраструктуру, предназначенную для высокоскоростной передачи информации сетей передачи данных, мультисервисных сетей, сетей хранения на расстояния порядка десятков и сотен километров. Ранее эти сети назывались термином "первичная сеть".

Первоначально транспортные сети создавали и эксплуатировали операторы телефонной сети. Теперь эти сети строятся также Операторами сетей кабельного телевидения, Провайдерами услуг Internet и другими эксплуатационными компаниями. Местные транспортные сети, в настоящее время, создаются операторами ТФОП и кабельного телевидения (КТВ). Каналы и тракты могут арендоваться другими операторами для создания своих транспортных сетей. В транспортной сети выделяют 2 вида сетевых узлов СУ

- сетевые узлы переключения - если в СУ осуществляется полупостоянная коммутация каналов и трактов.

– сетевыми узлами выделения - некоторые СУ осуществляют только выделение каналов и трактов из общего пучка линий передачи.

На рис.1.2 приведена структура транспортной ТК сети. ЦКУ1-4 образуют транспортная сеть города, ЦКУ7 представляет собой районный центр СТС – ЦС. МВК-магистральный выделительный концентратор используется на транспортной сети доступа и предназначен для подключения ОС и выносных модулей на ГТС. ЦКУI,II расположены в помещении зонных АМТС, МЦК.

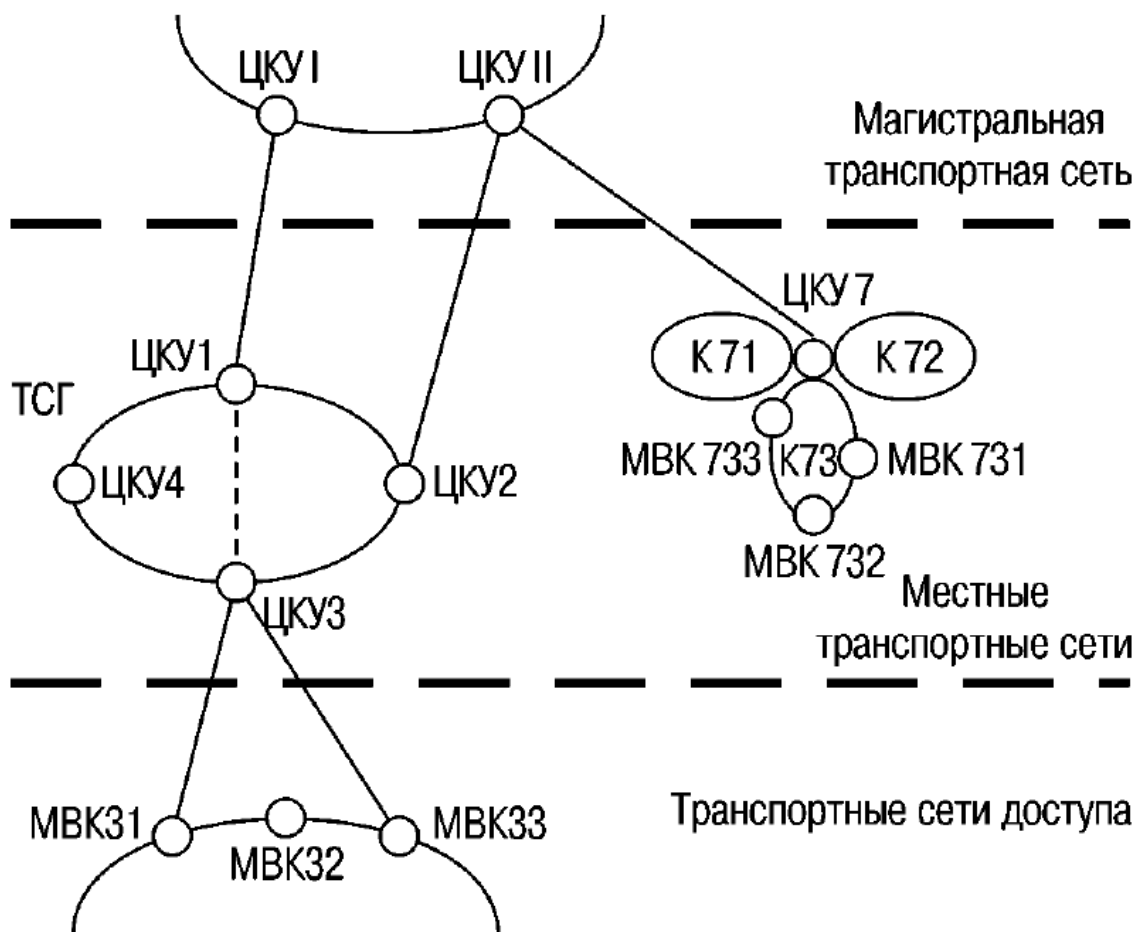


Рис.1.2. Структура транспортной ТК сети

1.2. Отличие широкополосной сети от узкополосной

Сетевые узлы транспортной сети строятся на различных системах передачи СП. Структура первичной сети предопределяет объединение и разделение потоков передаваемой информации, поэтому используемые на ней СП строятся по *иерархическому принципу*. Для цифровых систем передачи ЦСП - число каналов ЦСП, соответствующее данной ступени иерархии, больше числа каналов ЦСП предыдущей ступени в целое число раз. Аналоговые системы передачи с частотным разделением каналов также строятся по иерархическому принципу, но в отличие от ЦСП для них ступенями иерархии являются не системы передачи, а типовые группы каналов.

ЦСП, соответствующая 1-ой ступени иерархии, называется первичной - осуществляет прямое преобразование относительно небольшого числа первичных сигналов в первичный цифровой поток. ЦСП 2-ой ступени иерархии объединяют определенное число первичных потоков во вторичный цифровой поток и т.д.

Рекомендации ITU-T определяют 2 типа иерархий ЦСП:

- плезиохронная цифровая иерархия PDH
- синхронная цифровая иерархия SDH.

Первичный сигнал для всех типов ЦСП - цифровой поток 64кбит/с, называемый основным цифровым каналом. Для объединения сигналов 64кбит/с в групповые высокоскоростные цифровые сигналы используется принцип ВРК. Для преобразования первичных аналоговых (речевых телефонных) сигналов в основной цифровой канал используется ИКМ.

1.3. Узкополосные и широкополосные системы передачи транспортной сети

ЦСП, использующие называемый только основной цифровой канал 64кбит/с называются узкополосными. Узкополосная транспортная сеть строится на основе ЦСП типа плезиохронной цифровой иерархии PDH. PDH имеет 3 разновидности (стандарта)

- европейская на основе первичного цифрового потока E1,
- североамериканская основе первичного цифрового потока T1,
- японская основе первичного цифрового потока J1.

На рис.1.3 приведены характеристики данных иерархий.

Уровень иерархии	Европа		Северная Америка		Япония	
	Скорость Мбит/с	Кoeffициент мультиплексир	Скорость Мбит/с	Кoeffициент мультиплексир	Скорость Мбит/с	Кoeffициент мультиплексир
1	2,048	30	1,544	24	1,544	24
2	8,448	4	6,312	4	6,312	4
3	34,368	4	44,736	7	32,064	5
4	139,264	4	274,176	6	97,728	3
	565,148	4			397,200	4

Рис.1.3. Разновидности плезиохронной цифровой иерархии PDH

В данной технологии используется 2 метода построения сети – точка-

точка, линейная. На рис.1.4 приведен метод образования трактов европейской разновидности PDH.

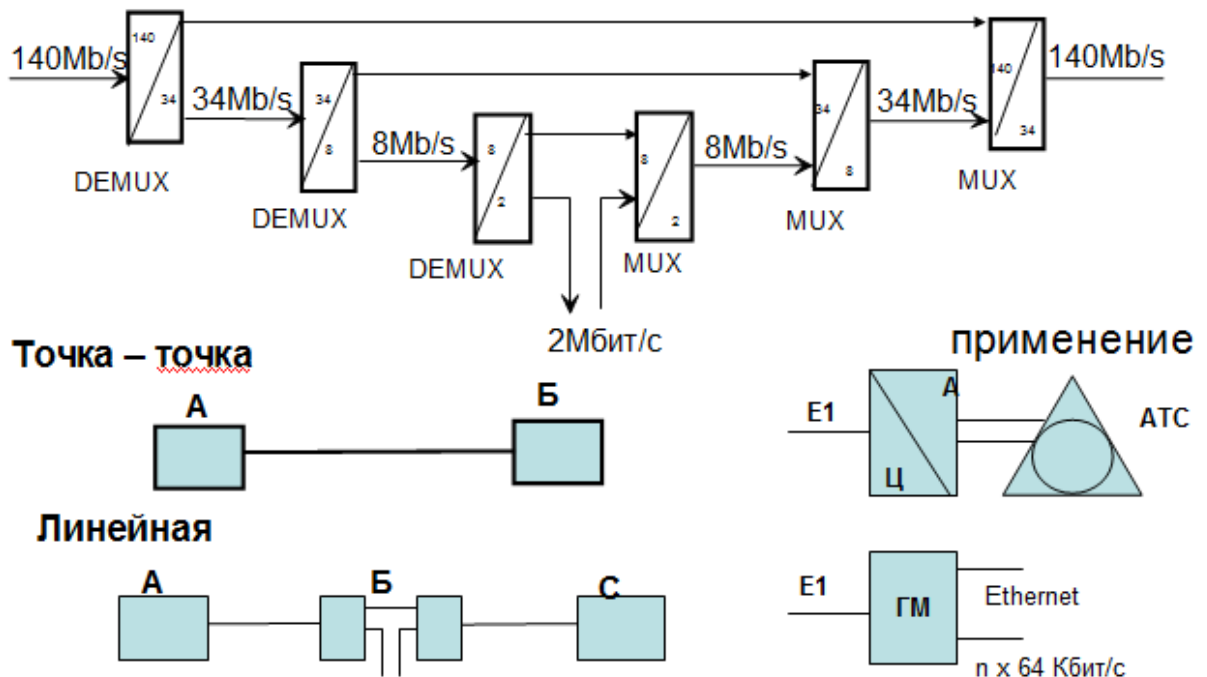


Рис.1.4. Методы построения сети и образования трактов европейской разновидности PDH

Недостатки технологии PDH:

- не поддерживается широкополосность сети на транспортном уровне;
- нет возможности прямого ввода/вывода низко-скоростных сигналов;
- жёсткие требования по синхронизации;
- с увеличением скорости передачи резко уменьшается регенерационный участок 2,3-3,2км для скорости 8Мбит/с (E3), 2,75-3,15км для скорости 34Мбит/с (E4).

1.3.1. Широкополосная ЦСП - Технология SDH

Технология SDH представляет собой современную концепцию построения цифровой первичной сети, в качестве среды передачи используется волоконно-оптический кабель. В настоящее время эта концепция доминирует на рынке.

Скорости передач иерархии SDH представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1.

Скорости передач иерархии SDH

Уровень SDH	Скорость передачи, Мбит/с
STM-1	155,520
STM-4	622,080
STM-16	2487,320 или 2,5G
STM-64	9953,280 или 10G

Иерархии PDH и SDH взаимодействуют через процедуры мультиплексирования и демultipлексирования потоков PDH в системы SDH. Основным отличием системы SDH от системы PDH является переход на новый принцип мультиплексирования.

- Выделим общие особенности построения синхронной иерархии:
- поддержка в качестве входных сигналов каналов доступа только трибов (прим. от trib, tributary - компонентный сигнал, подчинённый сигнал или нагрузка, поток нагрузке) PDH и SDH;
- трибы должны быть упакованы в стандартные помеченные контейнеры, размеры которых определяются уровнем триба в иерархии PDH;
- положение виртуального контейнера может определяться с помощью указателей, позволяющих устранить противоречие между фактом синхронности обработки и возможным изменением положения контейнера внутри поля полезной нагрузки;
- несколько контейнеров одного уровня могут быть сцеплены вместе и рассматриваться как один непрерывный контейнер, используемый для размещения нестандартной полезной нагрузки;
- предусмотрено формирование отдельного поля заголовков размером $9 \times 9 = 81$ байт.

На рис.1.5 приведена структура стандартного ADM (мультиплексора ввода-вывода). как видно из рисунку в систему можно вводить и узкополосный трафик 2Мбит/с, 34 Мбит/с, 140 Мбит/с, так и широкополосный в вииде трафика технологий Ethernet Gigabit Ethernet.

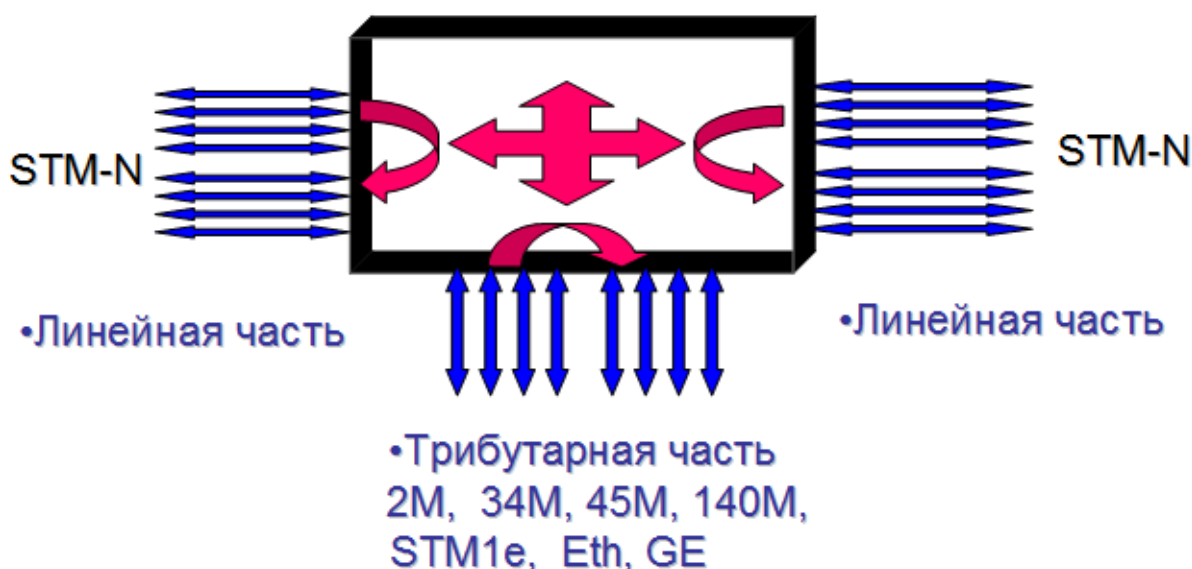


Рис.1.5. Структура стандартного ADM (мультиплексора ввода-вывода)

1.3.2. Широкополосная ЦСП - DWDM

Технология SDH имеет высокую скорость, которая на данный момент ограничена 10Гбит/с (STM-64), ведутся разработки STM-256

40Гбит/с, но эта скорость не может быть улучшена выше своих пределов. Нарастить объём передаваемой информации можно только за счёт прокладки нового кабеля.

Альтернативой прокладки нового кабеля является технология DWDM, которая позволяет уплотнение существующих систем SDH, увеличение емкости существующих волокон, защиту новых оптических путей (см.рис.1.6). DWDM, применяемый на магистралях с большими емкостью и расстояниями, будет использоваться на всех оптических сетях.



Аппаратура DWDM предназначена для передачи в одном или двух противоположных направлениях нескольких сигналов по одному волокну оптического кабеля с использованием источников излучения с различными длинами волн для передачи каждого сигнала.

В одном окне прозрачности организуют большое количество высокоскоростных оптических каналов, каждый из которых имеет собственную оптическую поднесущую частоту. Основными функциональными узлами аппаратуры являются оптические мультиплексоры и демultipлексоры, обеспечивающие объединение и разделение оптических каналов на передаче и приёме соответственно.

В таблице 1.2 приведена классификация систем WDM .

Таблица 1.2.

Классификация систем WDM

Система	Частотный интервал, ГГц, не более	Число каналов
WDM	200	< 16
DWDM	100	<64
HDWDM	50	> 64

Контрольные вопросы

1. Что означает термин «широкополосность»?

2. Какая сеть называется широкополосной?
3. В чём отличие широкополосной и узкополосной сетей?
4. Что такое сеть доступа?
5. Для чего необходима модернизации сети доступа? Какие варианты модернизации сети доступа предлагаются?
6. Что такое транспортная сеть?
7. Что такое интерфейс BRI?
8. Что такое интерфейс PRI?
9. Каково назначение технологии PON?
10. Каково назначение технологии FTTx ?
11. Какие существуют типы технологий FTTx ?
12. Каково назначение технологии xDSL?
13. Каково назначение технологии PON?
14. В чем заключаются особенности построения перспективных телекоммуникационных сетей?
15. В чем преимущества использования пакетных способов передачи информации на сети доступа?
16. Какие преимущества у сетей SDH?
17. Какой ряд скоростей используется в SDH?
18. Какие особенности сетей SDH?
19. Что представляет собой терминальный мультиплексор?
20. Как передаются сигналы в системах DWDM?
21. Как используется DWDM в условиях городской сети телекоммуникации?
22. Почему необходимо переходить на DWDM системы?

Список используемой литературы

1. Broadband Network Architectures designing and deploying Triple-play services. Chris Hellberg, Dylan Greene, Truman Boyes. Pearson Education 2007.
2. Крук Б.И. и др. Телекоммуникационные системы и сети. - М.: Горячая линия – Телеком, 2004
3. Ершов В.А., Кузнецов Н.А., Мультисервисные сети. МГГУ Н.Е Баумана 2003 г.
4. Материалы курса «Высокоскоростные сети связи»
<http://www.INTUIT.ru>

Тема 2: Цифровые абонентские линии

План:

1. Семейство технологий xDSL.
2. Набор услуг DSL.
3. ADSL –модем, ADSL фильтр.
4. Характеристики технологий семейства xDSL
5. Мультиплексор Доступа Цифровой абонентской линии DSLAM.
Маршрутизатор Широкополосного Удаленного доступа BRAS.

Ключевые слова: Распределительный участок сети доступа, магистральный участок сети, доступа, кросс, стойки распределения абонентских и соединительных линий - MDF (Main Distribution Frame), DDF (Digital Distribution Frame), технологии xDSL, ADSL-модем, SHDSL, VDSL и VDSL2, DSLAM, BRAS - Broadband Remote Access Server.

2.1. Семейство технологий xDSL

Телефонная линия с ее элементами ограничивает скорость передачи, поэтому требуется канал, позволяющий обход телефонных цепей и в то же время, использующий физическую абонентскую линию. Технология Digital Subscriber Line - цифровая абонентская линия (DSL) является достаточно недорогой высокоскоростной цифровой технологией передачи данных по простому телефонному кабелю, включая витую пару. Преимуществами технологий xDSL являются:

- использование существующих абонентских линий;
- значительное увеличение скорости передачи данных по медной паре телефонных проводов без необходимости их модернизации;
- передача по этой единственной АЛ всего разнообразного трафика массового пользователя – от традиционного телефонного разговора до доступа в Internet;
- передача всего трафика данных пользователя (включая и трафик Internet) в обход коммутируемых сетей ТФОП или ISDN непосредственно в транспортную сеть передачи данных;
- набор технологий DSL обеспечивает скорость передачи данных от 32кбит/с до 50Мбит/с , так что пользователь может сделать выбор в зависимости от собственных потребностей;
- как средство передачи данных оборудование xDSL занимает промежуточное положение между дешевыми аналоговыми модемами и дорогими выделенными линиями T1 или E1. Высокие скорости передачи при сравнительно небольших затратах делают технологии xDSL практически идеальным средством передачи данных для представителей малого и среднего бизнеса;

- цифровые данные передаются на компьютер именно как цифровые данные, что позволяет использовать гораздо более широкую полосу частот телефонной линии;
- существует возможность одновременно использовать и аналоговую телефонную связь, и цифровую высокоскоростную передачу данных по одной и той же линии, разделяя спектры этих сигналов. Использование DSL позволяет разговаривать по телефону, не отключаясь от Internet.

Эти преимущества определили технологии xDSL в качестве самого эффективного средства широкополосного доступа к сетевым услугам.

В таблице 2.1 приведены некоторые из распространенных технологий xDSL и их основные характеристики. Как можно заметить из предыдущего списка xDSL и таблицы, большинство xDSL преследует различные цели. Множество вариантов существуют, потому что есть определенное разделение потребностей пользователей, требований к скоростям, и готовность заплатить за реализацию этих требований.

Таблица 2.1.

Характеристики технологий xDSL

DSL технология	Максимальная скорость передачи (на конце пользователя)	Максимальная скорость приёма (на конце пользователя)	Максимальное расстояние	Число линий
ADSL	800 Кбит/с	8 Мбит/с	5500 м	1
ADSL-Lite (G.Lite)	512 Кбит/с	1.536 Мбит/с	5500 м	1
RADSL	1 Мбит/с	7 Мбит/с	5500 м	1
HDSL	1.54 до 2 Мбит/с	1.54 до 2 Мбит/с	3650 м	2
HDSL2	1.54 до 2 Мбит/с	1.54 до 2 Мбит/с	3650 м	1
SHDSL	192 Кбит/с до 2.3 Мбит/с	192 Кбит/с до 2.3 Мбит/с	7500 м	1
VDSL	16 Мбит/с	52 Мбит/с	1200 м	1
VDSL2	100 Мбит/с	100 Мбит/с	150 м	1
SDSL	2.3 Мбит/с	2.3 Мбит/с	6700 м	1
MSDSL	2 Мбит/с	2 Мбит/с	8800 м	1
IDSL	144 Кбит/с	144 Кбит/с	10700 м	1

Асимметричные множества xDSL обычно используются для связи в Интернет и обеспечивают цены, ориентированные на квартирный сектор. Симметричная xDSL востребована в коммерческом секторе и применяется там, где требуются рабочие характеристики, подобные специализированным каналам точка-точка, или для высокоскоростных

служб.

ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line – асимметричная цифровая абонентская линия): вариант DSL, позволяющий передавать данные от станции пользователю (направление "вниз") со скоростью до 8,192 Мбит/с, а от пользователя к станции (направление "вверх") – со скоростью до 800кбит/с. ADSL применяет этот метод, потому что большинство приложений Интернета принимает "вниз" намного больше информации чем передают. Другая версия ADSL – это цифровая абонентская линия с адаптацией скорости (RADSL –Rate Adaptive DSL). Это – популярный вариант ADSL, который, позволяет модему корректировать скорость подключения, зависящего длины и качества линии.

ADSL G.lite — вариант ADSL, имеющий как асимметричный режим передачи с пропускной способностью со скоростью до 512кбит/с от пользователя к сети и до 1,536Мбит/с от сети к пользователю. Эта технология часто называется как ADSL без разделителя (splitterless ADSL). Технология обеспечивает характеристики ADSL с уменьшенной скоростью передачи, поддерживающей аналоговую телефонию. G.Lite более проста в подключении, так как не требует подключения разделителя. Она часто имеет меньшую стоимость для клиента.

HDSL (High Speed Digital Subscriber Line) – высокоскоростная цифровая абонентская линия): вариант xDSL с более высокой скоростью передачи, который позволяет организовать передачу со скоростью более 1,5Мбит/с (стандарт США T1) или более 2Мбит/с (европейский стандарт E1). HDSL в обоих направлениях получает и передает данные на одной и той же скорости, но это требует двух выделенных абонентских линий. Эти линии выделяются отдельно от нормальных абонентских линий. Четырехпроводная линия HDSL часто используется, как альтернатива линии оборудованной ИКМ-30 для некоторых видов коммерческой деятельности и абонентов, применяющих высокоскоростной обмен данными. Установка HDSL обычно дешевле установки аппаратуры ИКМ-30.

HDSL-2 (High Speed Digital Subscriber Line) - высокоскоростная цифровая абонентская линия 2, использует методику модуляции, называемую амплитудно-импульсной модуляцией 16 (PAM16), которая позволяет скорость передачи до 2Мбит/с в каждом направлении по единственной паре проводов. Двухпроводный HDSL теперь может применяться квартирными абонентами, которым необходима одинаковая скорость в обоих направлениях.

SHDSL (Simple High Digital Subscriber Line) стандарт ITU, разработанный, чтобы заменить или улучшить много существующих технологий цифровой абонентской линии в один стандарт, чтобы улучшить способности к взаимодействию и упростить обслуживание. SHDSL – обеспечивает симметричную передачу различного рода данных от 192кбит/с до 2.3Мбит/с . Главным образом она используется для пользователей офисного класса, SHDSL, как ожидается,

заменит SDSL.

VDSL (Very High Speed Digital Subscriber Line – сверхвысокоскоростная цифровая абонентская линия) – технология xDSL, обеспечивающая чрезвычайно быструю передачу данных. VDSL включает:

- асимметричную передачу (к пользователю до 52 Мбит/с и 16Мбит от пользователя)
- симметричную версию (100 Мбит/с в обе стороны VDSL-2).

VDSL предоставляет высокие скорости обмена, при более коротком расстоянии по стандартному медному проводу. Поэтому, максимальная скорость VDSL технологии будет вероятно предоставляться в пределах сетей поставщика услуг.

SDSL (Simple Digital Subscriber Line) – симметричная цифровая абонентская линия, работающая по одной паре. Она похожа HDSL, при этом типе обмена данные передаются и получаются на одной и той же скорости. Так как в предыдущем случае SDSL модемы требуют, чтобы линия передачи данных была отделена от телефонной линии. Но высокая скорость достигается с помощью одной линии вместо этих двух линий, необходимых в HDSL. SDSL - также официальное название стандарта передачи данных европейского Телекоммуникационного Института Стандартов (ETSI - European Telecommunication Standards Institute) -, основанного на *HDSL-2*. Как ожидается, согласно этому стандарту будет обеспечена скорость, приема и передачи до 2 Мбит/с . Этот стандарт обеспечивает передачу речи и услуг цифровой сети интегрального обслуживания без использования аналоговых разделителей.

MSDSL (Multirate Symmetric DSL) – Мультискоростная Симметричная цифровая абонентская линия - это - симметричная цифровая абонентская линия, которая может работать, более чем на одной скорости передачи. Поставщик услуг устанавливает скорость передачи, обычно в соответствии с ценой и гарантированным уровнем обслуживания.

IDSL (цифровая абонентская линия ISDN) – недорогая и испытанная технология, использующая чипы цифровой абонентской линии основного доступа BRI ISDN и обеспечивающая абонентский доступ со скоростью до 128кбит/с .

Асимметричные множества xDSL обычно используются для связи в Интернет и обеспечивают цены, ориентированные на квартирный сектор. Симметричная xDSL востребована в коммерческом секторе и применяется там, где требуются рабочие характеристики, подобные специализированным каналам точка-точка, или для высокоскоростных служб.

2.2.Технология ADSL

Технология ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) – это новая высокоскоростная технология, которая решает проблему пропускной способности абонентской линии ТфОП ("последней мили") – линии связи

между поставщиком и потребителем услуг сетей передачи данных. Асимметричная цифровая абонентская линия (ADSL) является наиболее популярной технологией DSL.

Технология ADSL представляет собой платформу для доставки широкополосных услуг, поддерживающую большой набор приложений (высокоскоростной доступ в Internet, телеконференции, виртуальные частные сети и мультимедиа), которые требуют широкой полосы пропускания. Слово "асимметричная" в названии технологии означает несимметричность потока данных в направлениях "сервер-пользователь" (downstream) и "пользователь-сервер" (upstream). ADSL позволяет установить большую скорость передачи данных в направлении от сервера к потребителю. Такой обмен наиболее эффективен при доступе к мощным информационным ресурсам сетей Internet, видео по требованию, удаленному доступу к локальной вычислительной сети центрального офиса. Такой режим работы ADSL учитывает главную особенность сети Internet, в соответствии с которой информационный поток от сети к пользователю, содержащий программы, графику, звук и видео, существенно превышает информационный поток от пользователя к сети, который обычно формируется нажатием клавиши клавиатуры или щелчком мыши. Скорость передачи данных к пользователю обычно составляет от 1,5 Мбит/с до 8 Мбит/с. Скорость передачи данных от пользователя обычно составляет от 64кбит/с до 1,5Мбит/с. В большинстве случаев пользователи посылают лишь запрос на предоставление ресурса, в ответ, получая большой объем информации.

В квартирном секторе, ADSL - один из наиболее популярных технологий xDSL. ADSL, позволяет параллельную работу и параллельное сложение широкополосных цифровых частот данных и существующей системе телефонии, использующей полосу частот 400 - 3400 кГц.

ADSL технология асимметрична, что подразумевает, что от центральной станции поставщика услуг до сайта клиента (направление к "сеть - пользователь") поток информации идет в направлении "вверх" от абонента к станции. Следовательно, и также распределяется полоса частот. Такая асимметрия удобна при просмотре пользователем видео или приема больших файлов из удаленного центра хранения (например, из WEB сети). Пользователи этих приложений обычно загружают намного больше информации, чем передают.

2.2.1. ADSL -модем

Модемы ADSL - довольно сложные устройства, которые позволяют подстроить передачу индивидуальную к передаче по одному из проложенных рядом различных медных проводов, проверяя до 256 различных частотных сочетаний перед выбором лучшего набора частот, чтобы использовать его.

ADSL - имеет ограничения по скорости и расстоянию, и много типов

технологий ADSL - модема конкурируют для достижения наибольшего успеха на рынке у

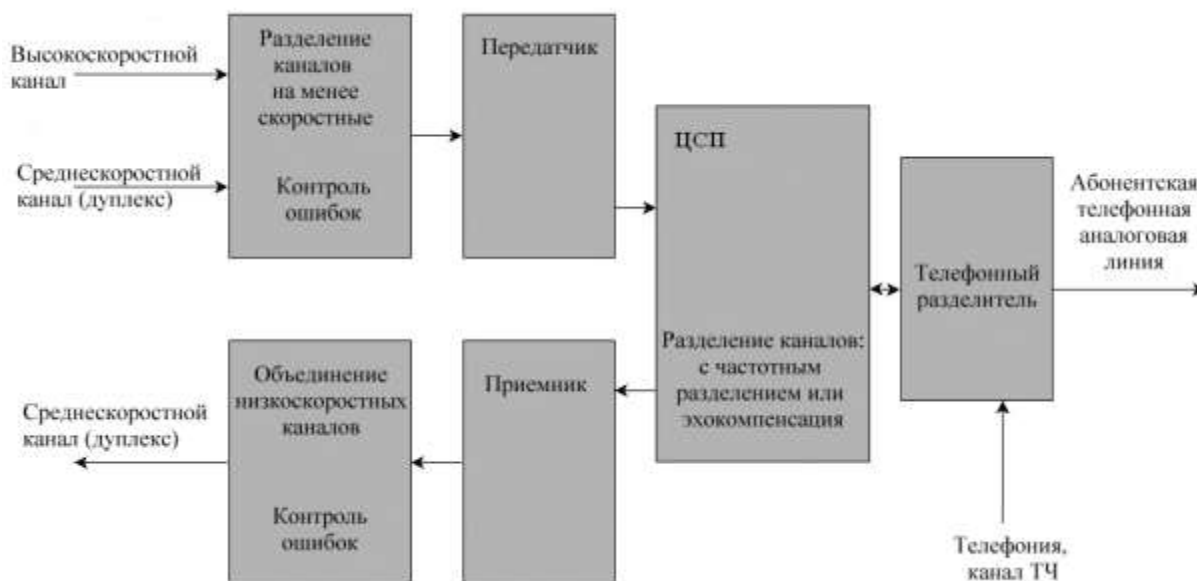


Рис.2.1. Структурная схема передающего узла ADSL модема пользователя. Так как фактически все пары витых проводов находятся обычно в одном большом кабеле, то шум и перекрестные помехи между проводными парами являются общими. Модемы ADSL (см.рис.2.1), управляют шумами, определяя, какие частоты передачи в конкретной паре проводов создают меньше шума, и приспособливает модем, чтобы обеспечить желательные скорости при наиболее низком уровне шума.

ADSL модемы размещаются на каждом конце абонентской линии клиента. Чтобы получить наибольшую ширину полосы частот в медной паре, технология ADSL - модема должна иметь алгоритмы, которые могут делить частотный диапазон приблизительно от 0.4МГц до 1.1МГц. Большинство ADSL - модемов в пределах этого диапазона создает 256 подканалов с расстоянием около 4,3кГц, размещая поток "сеть - пользователь" и в обратном направлении, размещает данные и управляющую информацию. В пределах каждого ADSL - модемы реализуют это распределение, выполняя на этапе начальной загрузки последовательность "обучения", передающую известный поток данных "вниз" и сравнивая результаты подканалов, чтобы определить, какие подканалы имеют лучшее отношение сигнал-шум (SNR). На основании этого отношения, будет выделен подканал, по которому будет передаваться больше битов, чем через другие. Поэтому, ADSL - модемы могут быть приспособлены к различным состояниям линии.

Для управления всеми этими подканалами в данной полосе частот, ADSL - модем должен иметь в цифровые сигнальные процессоры, приемопередатчики, мультиплексоры и демультимплексоры, аналого-цифровые (A/D) конвертеры для поддержки обычной аналоговой телефонной сети, и набор полупроводников схем.

Основная часть ADSL системы - цифровой сигнальный процессор, который часто называют сетевой процессор, которые отвечает за управление обработкой комплекса информации подканала. Приемопередатчик - обеспечивает преобразования сигналов данных в физические сигналы, передаваемые по медным проводам.

Мультиплексоры на станции помогают размещать данные в соответствующие каналы для того, чтобы создать различные скорости потока данных "сеть - пользователь" перед тем как передать их приемопередатчику. Они эффективно упаковывают данные в эти заданные подканалы для того, чтобы послать по проводу. На станции ADSL - модем принимает данные от отдельных каналов, передает их все сетевой процессор и мультиплексор, чтобы совместить эти данные перед представлением клиенту по интерфейсу USB (Universal Serial /series Bus) или по Локальной сети Ethernet.

Работа 256 частотными каналами, мультиплексирование и демультимплексирование, и аналого-цифровое преобразования A/D (для того, чтобы приспособить обычную аналоговую телефонную сеть к цифровому обслуживанию) сделало ADSL популярной "рабочей лошадкой" для связи через медную витую пару.

2.2.2. Стандарты ADSL

В пределах ADSL есть два конкурирующих и несовместимых стандарта мультиплексирования – квадратурная амплитудно-фазовая модуляция с подавлением несущей (CAP) и дискретная многочастотная модуляция (DMT). CAP использовалась на ранней стадии установки ADSL.

CAP (см.рис.2.2,а) применяет устройство, которое разделяет сигналы витой пары на три различных частотных полосы.

- речь от 0 до 4 кГц , как в обычных телефонных каналах.
- канал "вверх" (от пользователя к поставщику услуг) занимает полосу от 25 до 160 кГц ;
- канал потока "сеть - пользователь" (от пользователя поставщика услуг) - "вниз". Этот канал использует полосу приблизительно 1,5 МГц , начиная от 240 кГц .

Эта система, с разделением речевых, входящих и исходящих каналов данных минимизирует возможность интерференции между каналами на одной линии и между сигналами на различных линиях.

Второй стандарт DMT – официальный стандарт ANSI для ADSL, и ITU-T стандартизирует DMT, как G. DMT и это самый распространенный сегодня модем. ANSI также создал вторую версию Североамериканского стандарта DMT, называемую DMT2. Версия DMT2 также разделяет сигналы на отдельные каналы, но реализуется эта методика по-другому. DMT2 разделяет данные на 256 отдельных каналов, каждый из этих каналов 4,3125 кГц ширины. Эти каналы называются контейнерами или несущими частотами и закрывают диапазон частот приблизительно 1,104 МГц . Каждая из этих несущих частот

работает как канал с пропускной способностью приблизительно 32кбит/с каждый. Множество несущих частот/контейнеров мультиплексируются и используются вместе, чтобы "обучить" ADSL-модемы и получить для них самую высокую скорость для этой полосы частот, увеличивая пропускную способность по 32кбит/с .

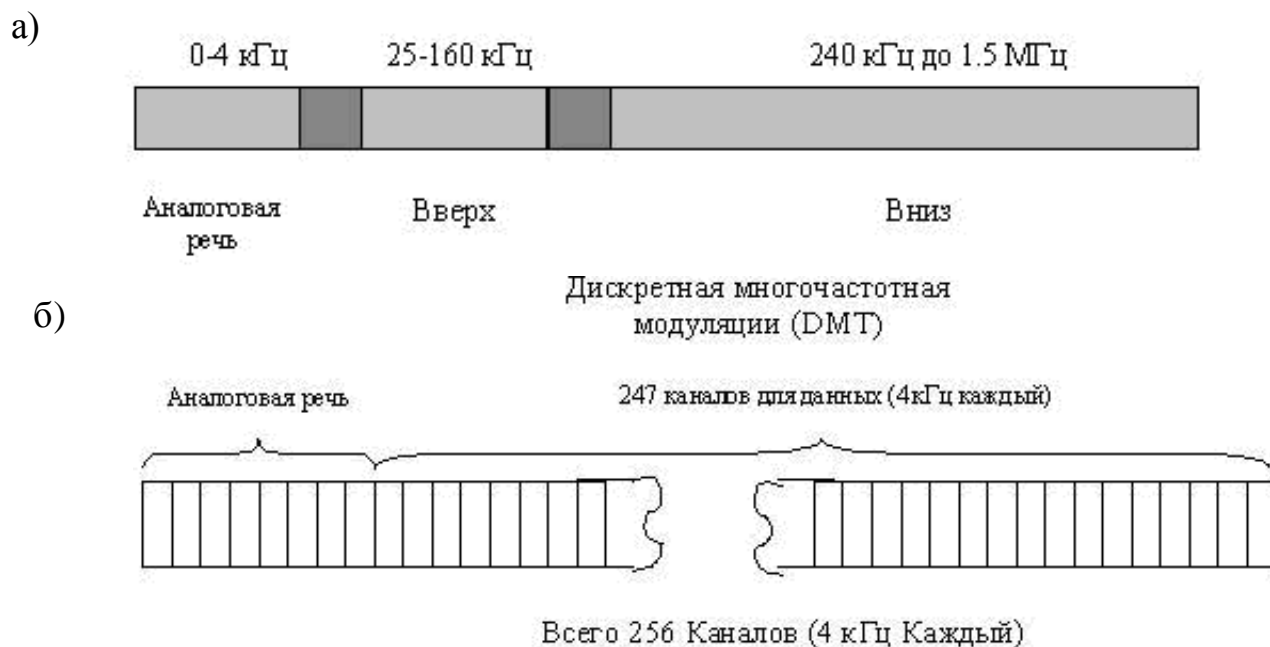


Рис.2.2. Распределение частот в модемах

а – для квадратурной фазовой модуляции с подавлением несущей (CAP), б – DMT

Если для конкретной несущей частоты или группы смежных частот условия обмена ухудшаются то, для передачи данных передача сдвигается к самым близким смежным несущим частотам. В этом смысле, ADSL, работает, обозревая частоты, как сканер. Если качество нужно улучшить, то сигнал сдвигается на другой канал. Эта система постоянно сдвигает сигнал между различными каналами, в поисках лучшего канала. Дополнительно частоты в нижней полосе (те, которые начинаются приблизительно от 8 кГц) используются как двусторонние каналы для передачи управляющей информации относительно потоков "вверх" и "вниз". Это управление относится как к потоку "вверх" так и потоку "вниз" для сохранения качества всех 256 каналов. Такая функция делает DMT более сложной, чем CAP, но отличается большой гибкостью для линий различного качества. рис.2.2 показывает принцип построения DMT.

2.2.3. ADSL Фильтр

При установке ADSL устанавливаются малогабаритные фильтры для присоединения к телефонным проводам. Это – низкочастотные фильтры, которые не пропускают сигналы свыше заданной частоты. Поскольку при телефонном соединении все речевые сигналы меньше 4кГц ,

микрофильтры сформированы (LP – Low Pass) так, чтобы блокировать все частоты выше 4кГц , препятствуя сигналам, переносящим данные, влиять на стандартные телефонные каналы. Даже если ADSL оборудование на данной абонентской линии повреждено, низкочастотный фильтр гарантирует непрерывное обслуживание телефонных вызовов. Рис.2.3 показывает принцип работы низко частотного фильтра распределение частот.

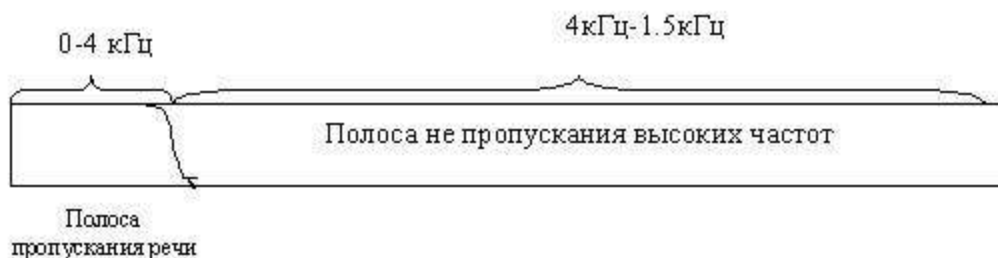


Рис.2.3. Низкочастотный фильтр, используемый в ADSL

2.2.5. Набор услуг DSL

Набор услуг DSL зависит от скорости приема и передачи услуг. Любое изменение в скорости связи зависит главным образом от модема клиента и его способностей. Провайдер сервиса xDSL может предложить много вариантов обслуживания, в соответствии потребностями различных типов клиентов. Например, можно предложить клиенту девять или больше различных скоростей, с максимумом скорости связи в направлении "вниз" в пределах от 384 Кбит/с до 8,0 Мбит/с .

Провайдер ADSL обычно определяет, какие скорости он будет поддерживать на большинстве участков кабельной сети, и будет предлагать для выбора только несколько полос частот.

Услуги ADSL - специализированное обслуживание точка-точка от провайдера к пользователю. Это контрастирует с быстродействующим кабельным модемом, который передает данные для нескольких клиентов, в соседних частотных диапазонах. Потому что кабельная сеть - это разветвленная структура, совместно использующая некоторую часть частотного ресурса. Услуги DSL часто представляют, как более безопасные услуги, но значение безопасность очень расплывчатый термин и требует уточнить. Можно задать вопрос, почему расстояние – увеличивает затухание для DSL , но не речевых каналов. Ответ, содержится в элементах, называемых пупиновскими катушки, которые в телефонных проводах используются, чтобы повесить уровень речевых сигналов. Эти пупиновские катушки несовместимы с сигналами DSL, потому что усилитель разрушает целостность данных. Это означает, что, если такая катушка есть в шлейфе между телефоном и телефонной станцией, то абонент не может получить DSL услуги.

2.4. Характеристики технологий семейства xDSL

2.4.1. ADSL2 и ADSL2+

Популярность ADSL повлекла длительные научные исследования, чтобы расширить возможность ADSL технологии. Одобренные в начале 2003, стандарты ITU G.992.3/4 определяют ADSL2, и ITU, стандарт G.992.5 определяет спецификации ADSL2 + Более новые стандарты улучшают первоначальный ADSL, предлагают более высокие скорости данных потока "сеть - пользователь" и увеличивают расстояния. ADSL2 передачи потока данных "сеть - пользователь" увеличиваются более 12 Мбит/с при расстоянии 200 метров . ADSL2 + удваивает скорость потока данных "сеть - пользователь", по сравнению ADSL2 приблизительно до 25 Мбит/с .

Оба новых стандарта улучшают способность к взаимодействию, для аналоговой телефонии, экономят мощность ADSL линий.

Более высокая эффективность модуляции получается, при использовании решетчатого кодирования и применение КАМ улучшают скорости передачи данных для ADSL2 и ADSL2 + Быстрый запуск улучшает время инициализации от 10с до 3с . Статистическая экономия времени запуска может сохранить мощность, порта модема ADSL, рабочий расход электричества и охлаждения, и может, в конечном счете, сохранить деньги. Новая возможность формирования каналов поддерживает аналоговую речь по ADSL2 в цифровом канале. Часто называется - Речь Канализированная по DSL (Chanelized Voice over DSL- CVoDSL). Это свойство дает возможность получить ИКМ поток из аналоговой речи, который передается по цифровому каналу в каналах ADSL2 и ADSL2 + удаление необходимости полосы 4 кГц для обычной телефонной сети, которая было первоначально предусмотрена в ADSL. Это освобождает частотный диапазон на 4 кГц , и дает возможность создать по направлению "вверх" абонентские каналы со скоростью более 256 кбит/с . Есть также возможность поддержать услуги, использующие пакетную коммутацию по цифровой абонентской линии, например, Локальную сеть Ethernet ADSL2 + достигает более высоких скоростей передачи данных 25 Мбит/с путем расширения частотного диапазона, усовершенствуя модуляцию. ADSL2 + удваивает максимальный частотный диапазон от 1,1 до 2,2 МГц , достигающих скоростей передачи данных до 25 Мбит/с в потоке "сеть - пользователь" на расстояниях приблизительно 1,5км.

Оба стандарта совместно поддерживают технологии через пучок линий, известной как обратное мультиплексирование поверх АТМ² (IMA - inverse multiplexing over АТМ). Спецификация форума - АТМ IMA использовалась в течение многих лет, чтобы объединить вместе Т 1/Е 1 каналы, и использовать ширину полосы частот для большего количества сервисных скоростей.

Та же самая технология теперь применяется к ADSL2 и ADSL2 + и позволяет объединить две или более ADSL2 и ADSL 2+ линии. Результат -

большая гибкость со скоростями передачи данных потока "сеть - пользователь":

- 20 Мбит/с (две объединенные пары)
- 30 Мбит/с (три объединенные пары)
- 40 Мбит/с (четыре объединенные пары)

2.4.2. Принципы работы SHDSL

Симметричная Высокоскоростная Цифровая абонентская линия (SHDSL) обеспечивает симметричное обслуживание цифровой абонентской линии. SHDSL был стандартизирован ITU-T как стандарт G.991.2 в феврале 2001. В некоторой документации, SHDSL упоминается как сокращение G.shdsl. SHDSL предназначен для замены всех существующих до этого симметричных типов цифровой абонентской линии, такие как HDSL, HDSL2, ADSL, и SDSL. SHDSL, симметричная версия мультискоростной цифровой абонентской линии, которая также заменит T1/E1 и цифровую сеть интегрального обслуживания. По скорости передачи данных SHDSL может обеспечить скорость от 192 Кбит/с до 2,312 Мбит/с. SHDSL может поддерживать симметричное обслуживание данных, речи, и видео услуг. Он также может использовать до восьми ретрансляторов на каждую витую пару, что значительно расширяет его возможности. Связь с обычной телефонной сетью SHDSL не поддерживает. Она может осуществляться с помощью использования канализации речи (CVoDSL).

SHDSL использует Решетчатую Кодовую Амплитудно-импульсную Модуляцию (TC-PAM Trellis Coded, раздел 4.6). Эта методика кодирования линии, которая может повысить расстояния приблизительно на 30% по сравнению с предыдущими методами. Это - менее сложный алгоритм кодирования, который реализуется микросхемами низкой стоимости. Набор микросхем SHDSL потребляет очень небольшую мощность.

SHDSL спектрально совместим с другими xDSL услугами, так что может использоваться в одном пучке кабелей. Двухпарный SHDSL – может быть обеспечивать скорость от 384 Кбит/с до 4,6 Мбит/с при использовании четырех проводов. Возможности услуг передачи речи данных, видео, также как хорошие характеристики по расстоянию и потреблению мощности, а также совместимость с другими xDSL технологиями по спектру делает технологию SHDSL одной из самых привлекательных.

Расширенная версия SHDSL названная, G.SHDSL.bis стандартизирована ITU и ANSI. Она использует улучшенную версию решетчатого кодирования (TC-PAM), чтобы увеличить симметричную скорость передачи данных 5.7 Мбит/с, одновременно удовлетворяя выполнение требований спектральной совместимости. G.SHDSL.bis стандарт был принят для Локальной сети Ethernet на Первой

Миле (EFM - Ethernet in the FirstMile) комитетом, который разработал IEEE S02.3ah EFM стандарт. Поэтому, G.SHDSL.bis может быть основным физическим Уровень 1 (PHY) для 802.3ah. Локальной сети Ethernet по медным проводам.

2.4.3. Принципы работы VDSL и VDSL2

Другие варианты технологии цифровой абонентской линии известны как Высокоскоростная цифровая абонентская линия (VDSL) и Сверх Высокоскоростная цифровая абонентская линия 2 (VDSL2). VDSL был стандартизирован, как ITU-G.993.1 в 2004 году, и VDSL2 был стандартизирован как ITU-T G.933.2 в 2005г.

И VDSL, и VDSL2 пытаются увеличить предел передачи данных по медным проводным парам типа 24 AWG и с асимметричными и с симметричными версиями передачи данных по цифровой абонентской линии. Много варианты VDSL технологии следующий шаг в обеспечении многопрофильной домашней связи и пакетов индустрии развлечений. Поддерживая видео развлечения, VDSL может предложить обслуживание конкуренции кабельному телевидению. VDSL очень популярен в отдельных областях Соединенных Штатов, Южной Кореи, Японии, и Китае.

VDSL использует усовершенствования современных технологий в цифровых сигнальных процессорах, чтобы обеспечить невероятную производительность xDSL до приблизительно 52 Мбит/с с VDSL и до 100 Мбит/с с VDSL2 (даже при симметричном способе передачи) на очень коротких медных шлейфах длиной приблизительно 100 – 150 метров. Если сравнить, что максимальной скоростью для ADSL 6 до 8 Мбит/с или для ADSL2 + 25 Мбит/с, то становится ясным, что переход существующей ADSL технологии к VDSL может быть существенным шагом, как был существенным переходом от 56 – килобитовых модемов к xDSL.

VDSL технология работает по витой медной паре проводов телефонной линии почти таким же способом, как и ADSL, с диапазоном скоростей в зависимости от фактической длины линии. Тем не менее, есть несколько важных различий между VDSL и ADSL. Максимальная скорость потока "сеть - пользователь" - 52 Мбит/с по линиям длиной до 300 метров. Скорости потока "сеть - пользователь" ниже 13 Мбит/с при длине вне 1200 метров. Скорости потока "пользователь - сеть" в ранних моделях VDSL асимметричны, точно так же как ADSL, и составляют от 1.5 до 2.3 Мбит/с. VDSL2 обеспечивает скорости в 100 Мбит/с, при указанных далее ограничениях длины медных проводов, хорошие рабочие характеристики VDSL технологий получаются ценой сокращения расстояния: VDSL может работать на максимальной скорости по медной линии только на короткое расстояние, VDSL максимум приблизительно 1300 метров, а VDSL2 120 метров или меньше. Так что стратегия,

предоставления услуг по абоненту по VDSL состоит в том, чтобы сервер провайдера услуг располагался, как можно ближе к абоненту. При VDSL потоки "сеть - пользователь", "пользователь сеть" и каналы данных должны быть отделены по частоте от частотных полос, используемых для основного телефонного обслуживания и цифровой сети интегрального обслуживания, предоставляя возможности доступа к поставщикам услуг VDSL.

VDSL и VDSL2 достигают дополнительной пропускной способности, используя различные частотные диапазоны в пределах медных шлейфов. Частотный диапазон приблизительно от 2 МГц до 12 МГц используется для VDSL, чтобы не перекрывать частотные окна ADSL. VDSL2 использует частоты даже выше чем 12 МГц до 30 МГц, чтобы расширить используемую частотную полосу. Использование высокочастотных диапазонов возможно, потому что стандарты VDSL лимитируют длину медного шлейфа - чем короче шлейф, тем меньше затухание высокой частоты. VDSL приложения в значительной степени имеют целью доставку информации на расстояния не больше, чем несколько десятков сотен метров по медным парам. Наибольшую вероятность применения они имеют при применении оптических сетей или систем распределения с оптическими узлами (ONU – Optical Network Unit) в местах концентрации абонентов. Также, VDSL стандарты ориентированы на любой из двух механизмов линейного кодирования – DMT или Квадратурно-амплитудная Модуляция (QAM). Линейное кодирование используется, чтобы кодировать множество битов данных пользователя в символы или периоды времени для передачи через DSL. Чем больше бит передается с помощью одного символа, тем выше пропускная способность и эффективность использования полосы частот. Цифровая Модуляция со многими несущими использует очень большое количество приемопередатчиков, чтобы создать частотные каналы или работающие параллельно. QAM использует комбинацию фазовой манипуляции и амплитудной модуляции. Каждый пользователь обслуживается небольшим числом приемопередатчиков в конкретной частотной полосе. QAM собирают биты в символы или временные периоды. Наборы микросхем для QAM могут создавать вариации, такие как 16-QAM, 32-QAM, и так далее.

Реальный ключ к успеху VDSL - это то, что поставщики услуг заменяют большую часть кабельной сети оптическим кабелем волокна. Фактически, много поставщиков услуг планируют прокладку волокна до распределительной коробки (FTTC – Fiber to the curb), что означает, что они заменяют все существующие медные пары до точки, где ваша телефонная линия входит в ваш дом или офис. Меньше компаний осуществляет переход на оптоволокно по соседству (FTTN fiber to the neighborhood). Вместо того, чтобы устанавливать оптический кабель волокна на каждой улице, FTTN прокладывает волокно,

идущее в главное месторасположение проводника или оптический сетевой модуль (ONU) до ближайшего места концентрации абонентов.

Размещение, VDSL приемопередатчика в доме потребителя, а мультиплексора DSLAM с VDSL модемными картами или ONU в ближайшем распределительном шкафу позволяет преодолеть ограничения на расстояния и скорость.

Ранние версии VDSL используют FDM (Frequency Division Multiplexing), чтобы отделить, поток "сеть - пользователь" от потока "пользователь сеть" и затем через основной телефонный канал или канал ISDN цифровой сети интегрального обслуживания. Для систем более позднего поколения требуются устройства подавления эха для двусторонних скоростных каналов передачи данных. Обычно канал потока "сеть -пользователь" находится выше канала потока "пользователь сеть". VDSL скорости данных потока "сеть - пользователь" - кратны канонической скорости каналов, которые образуются при SONET и Синхронной Цифровой Иерархии (SDH) 155.52 Мбит/с , а именно VDSL образует скорости 51.84 Мбит/с , 25.92 Мбит/с и 12.96 Мбит/с . Дело в том, что промышленность хочет эффективно упаковать данные поток"пользователь сеть" цифровой абонентской линии в инфраструктуру SONET/SDH. Более упрощено скорости передачи данных обозначают 13 , далее 26 и 52 Мбит/с . Каждая скорость применяется для соответствующего диапазона расстояний, как показано для асимметричных VDSL в Таблице 2.2 .

Таблица 2.2.

Асимметричные VDSL и покрываемые ими расстояния

Поток "сеть – пользователь" Мбит/с	Поток "пользователь – сеть" (асимметричный) Мбит/с	Расстояние по кабелю типа 24 AWG(метры)
12, 96	1,6	1300
25,92	3,2	900
51,84	6,4	305

Таблица 2.3.

Симметричные VDSL и покрываемые ими расстояния

Поток "сеть – пользователь" Мбит/с	Поток "пользователь – сеть" (симметричный) Мбит/с	Расстояние по кабелю типа 24 AWG(метры)
6,48	6,48	900
9,72	9,72	900
12,96	12,96	900
19,44	19,44	305
25,96	25,96	305

2.4.4. Принципы работы HDSL

HDSL (высокоскоростная цифровая абонентская линия) обеспечивает симметричную высокоскоростную передачу данных. Среди технологий xDSL HDSL получила наиболее широкое распространение. В отличие от других технологий xDSL, в большинстве случаев HDSL обеспечивает скорость передачи данных 1,5 Мбит/с или 2 Мбит/с в обоих направлениях на расстояния, зависящие от типа применяемого кабеля. В таблице 2.4 приведены характеристики некоторых типов систем HDSL.

Таблица 2.4.
Характеристики некоторых типов HDSL

Название модема	Число используемых пар	Скорость кбит/с	Дальность передачи при d=0.4мм км	Линейный код	Тип модуляции
HSDL	3	784	3	2B/1Q	
	2	1168	265	2B/1Q	CAP
	1	2320	2	2B/1Q	CAP
G.hsdl	1	2320	2-6	2B/1Q	PAM 16

Указанные скорости передачи данных соответствуют стандартам T1 и E1, и, следовательно, основной сферой использования HDSL являются соединительные линии местных телефонных сетей или выделенные линии связи T1/E1 в тех местах, где велика плотность абонентов-организаций (например, в офисных зданиях), когда HDSL используется в качестве замены оборудования первичных ЦСП для передачи цифровых потоков T1 или линий E1. Благодаря применению более эффективных линейных кодов 2B1Q и CAP, а также метода эхо компенсации, протяженность линии HDSL в 2-3 раза превышает длину регенерационного участка первичных ЦСП типа T1/E1, что позволяет отказаться от применения регенераторов при использовании HDSL на соединительных линиях между АТС местной сети. Для организации выделенных линий большой протяженности в различных модификациях оборудования HDSL предусмотрена возможность применения дистанционно питаемых трех-четырёх регенераторов. В настоящее время технология HDSL является наиболее опробованной и широко используемой технологией DSL.

2.4.5. Принципы работы RDSL

В ближайшее время станут выигрывать аппаратные платформы, которые реализуют возможность использования всех основных технологий в рамках единой системы. Именно они позволят оператору выбирать для подключения абонента ту xDSL-технология, которая оптимально

подходит для существующих условий и решаемых задач.

Одна из них – технология RADSЛ (Rate Adaptive Digital Subscriber Line – цифровая абонентская линия с адаптацией скорости соединения) позволяет адаптироваться к постоянно изменяющимся характеристикам абонентской линии. Фактически, RADSЛ способна адаптироваться к изменениям характеристик линии в процессе появления этих изменений.

В принципе под RADSЛ понимается любой xDSL-модем, имеющий функцию автоматической подстройки скорости соединения. Такой модем может автоматически настраивать скорость передачи в соответствии с электрическими параметрами линии. Если модем подключается к протяженной линии, он автоматически понижает скорость передачи данных, обеспечивая установку соединения с наивысшей возможной скоростью передачи данных. Благодаря своей адаптивности технология RADSЛ устраняет большое количество проблем, которые могут возникнуть при использовании DSL. Технология RADSЛ призвана обеспечить гибкость в предоставлении услуг пользователям. Данная технология производит автоматическую подстройку скорости передачи данных по линии, которая базируется на проведении серии начальных тестов, позволяющих определить максимально возможную скорость передачи данных по конкретной телефонной линии. Скорость передачи данных при использовании технологии ADSЛ зависит от многих условий, и в первую очередь – от длины абонентской линии и типа применяемых кабелей. Как правило, длина абонентских линий (т.е. расстояние от телефонной станции до абонента) может различаться в достаточно широких пределах, причем на длине абонентской линии часто используются кабели с проводниками различного сечения. Поэтому электрические характеристики абонентских линий (и особенно их затухание) могут иметь значительный разброс. Даже такой фактор, как изменение температуры кабеля, может влиять на допустимую скорость передачи данных, с которой может осуществляться передача по определенной телефонной линии. Так как RADSЛ позволяет автоматически получить максимально возможную скорость передачи данных по каждой конкретной линии, то нет необходимости в трудоёмкой ручной настройке линии ADSЛ.

Основными преимуществами RADSЛ являются:

- снижение трудозатрат на проверку абонентской линии;
- минимизация затрат на обслуживание задач.

2.5. Мультиплексор Доступа Цифровой абонентской линии DSLAM. Маршрутизатор Широкополосного Удаленного доступа BRAS

Есть множество вариантов установки оборудования цифровой абонентской линии, применяемых среди поставщиков услуг. Их так много, потому что есть много различных инженеров с различными идеями

относительно построения сети. Хотя, каждый тип установки оборудования цифровой абонентской линии изменяет положение к лучшему. Но с другой стороны, с точки зрения простоты наращивания, безопасности или согласования рабочих характеристик, типичный поставщик редко использует больше чем два или, самое большее, три типа для разработки своего проектов.

Рис. 2.4 показывает типичный проект сети цифровой абонентской линии. Модем цифровой абонентской линии стоящий на стороне абонента

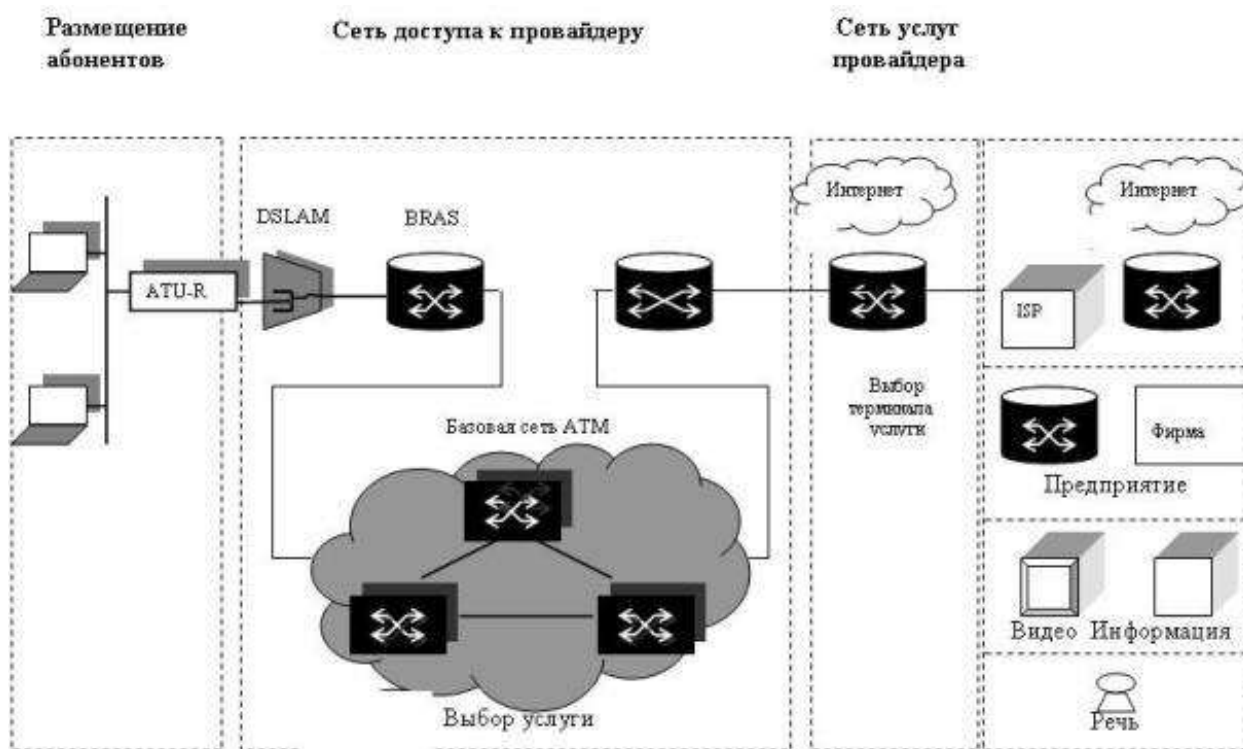


Рис.2.4. Общий вид сети DSL

называется Удаленный модуль Приемопередатчика ADSL (ATU-R – ADSL Transceiver Unit-Remote). Абонентская сторона соединяется с DSLAM (DSL Access Multiplexer - Мультиплексор DSL), который объединяет множество абонентских соединений в устройство обслуживания удаленного широкополосного доступа (BRAS – BroadRemote Access Service), чтобы обеспечить гибкость и обеспечить методы услуг для потоков "пользователь сеть".

DSLAM предназначен для аналого-цифрового и цифро-аналогового преобразования, для передачи информации ADSL по оптическому кабелю. DSLAM также конвертирует данные, объединяя их в вид, для передачи по волоконно-оптической системе к станции, где данные направляются через BRAS к соответствующей сети, чтобы достигнуть ее конечного пункта назначения. Когда данные передают станции к абоненту, то DSLAM конвертирует сигнал, поступающий из волоконного - оптического кабеля и передает его удаленному приемопередатчику VDSL в местоположение абонента.

2.5.1. DSLAM оборудование широкополосного доступа

Система мультисервисного доступа MA5100 [15] применяется на уровне доступа широкополосной сети. Она подключается к оборудованию ATM через оптический интерфейс высокоскоростной магистрали по восходящей линии (ATM STM-1) для организации широкополосной сети и обеспечения доступа к широкополосным услугам. Оборудование MA5100 собирает от абонентов широкополосные услуги через различные типы интерфейсов и передает их после централизованной обработки через интерфейс высокоскоростной магистрали.

Оборудование MA5100 может использоваться:

- в качестве оборудования DSLAM для реализации доступа абонентов ADSL.
- в качестве IP DSLAM для реализации доступа абонентов ADSL.
- для обеспечения связи по выделенной линии LAN для реализации сетевого соединения между штаб-квартирой и филиалами предприятия.
- для создания интеллектуальных сообществ ADSL, чтобы удовлетворить сетевым требованиям большого количества абонентов.
- для соединения с удаленной системой доступа через нисходящий интерфейс ATM со скоростью передачи STM-1.

Система может взаимодействовать при помощи стандартных интерфейсов с оборудованием других производителей, чтобы предоставлять различные услуги, в том числе услуги Интернет, VOD (Видео по запросу), услуги видеоконференции, дистанционной медицины, управление инженерными системами зданий, что дает новые возможности в сфере предоставления услуг сети связи.

Оборудование MA5100 поддерживает платы с 32 интерфейсами абонентского доступа ADSL и мульти-VLAN восходящих потоков, обеспечивает емкость коммутации 1,2 Гбит/с, поддерживает функцию распределенной коммутации и позволяет реализовать коммутацию услуг между различными портами услуг при помощи шины передачи ячеек.

Оборудование MA5100 имеет возможность доступа к Интернет посредством подключения к городской магистральной сети MAN через восходящие широкополосные интерфейсы. Также с помощью функции коммутации услуг можно реализовать взаимодействие между портами ADSL и LAN. Оборудование подходит для создания сети широкополосных интеллектуальных сообществ. Кроме того, данное оборудование реализует взаимосвязь по выделенной линии между двумя внутренними портами LAN, а также подходит для организации выделенной линии Ethernet предприятий.

MA5100 обеспечивает следующие услуги:

1) Доступ к услугам ADSL. Услуги ADSL используют методы модуляции DMT и асимметричную передачу данных для передачи услуг. Полоса частот восходящего потока данных — 26-138 кГц. Скорость передачи - до 640 кбит/с, полоса частот нисходящего потока - 138 кГц...

1,104 МГц, а скорость передачи - до 8 Мбит/с.

ADSL использует существующую абонентскую телефонную линию для передачи высокоскоростных данных и предоставляет абонентам различные типы услуг, включая высокоскоростной доступ к сети Интернет, VOD, TV и т.д. Поскольку полосы частот ADSL и 4 кГц POTS разделены, таким образом процесс предоставления широкополосных услуг не оказывает никакого влияния на предоставление традиционных услуг POTS. Система мультисервисного доступа MA5100 может применяться в качестве DSLAM, чтобы удовлетворить требования по доступу ADSL.

2) Доступ к услугам LAN. Применяется с оборудованием доступа 10BASE-T/100BASE-T Ethernet, работающего по кабелю UTP-5 с расстоянием передачи менее 100 м. Доступ к услугам LAN обеспечивает доступ PPPOE через прозрачное соединение RFC1483B. Оно поддерживает для абонентов сети LAN, отделенных от сети VLAN, непосредственный вход в сеть Интернет при помощи существующего оборудования. Поскольку абоненты на малых и средних предприятиях (SME) не могут создать частную сеть или позволить создать сеть DDN, то им предоставляется доступ через выделенную широкополосную линию. При аренде выделенных линий ATM локальная сеть предприятия может подключаться к модулю MA5100 через оборудование радиодоступа 10/100M Ethernet или порт маршрутизатора после разделения с оборудованием брандмауэра (firewall). Таким образом, на основе существующей широкополосной сети возможно создание сети между филиалами предприятия, равно как и подключение предприятия к сети Internet. В то же время, соблюдаются требования к качеству предоставления услуг широкополосной сети, к временным задержкам и т.д. В этом случае, предприятие может создавать свои собственные виртуальные частные сети в сети общего пользования.

3) Ретрансляция кадров. Услуга ретрансляции кадров (FR) является услугой WAN. Оборудование доступа FR и группы пользователей FR, которые могут поддерживать передачу данных, факсимильных сообщений и речевых сообщений, в настоящее время получили быстрое развитие. В последние годы с развитием технологии ATM совместное существование FR и сети услуг ATM требует взаимодействия между FR и сетями ATM.

Взаимодействие сетей FR и ATM делится на два типа: на уровне сети и на уровне услуг. На уровне сети все терминалы используют один протокол, между сетями могут использоваться различные протоколы. Внутри сети имеет место двунаправленное преобразование протоколов. Более того, существование другого сетевого протокола в одной сети является прозрачным для абонентов терминала. На уровне услуг, два терминала могут использовать различные протоколы для создания соединения точка-точка. Преобразование протоколов осуществляется внутри сети.

Модуль MA5100 предоставляет функцию взаимодействия FR/ATM в соответствии с протоколами взаимодействия сети и услуг, определенными

в FR FORUM. Взаимодействие на уровне сети обеспечивает передачу информации FR между терминалами FR по сети ATM. Терминалы FR могут быть подключены к сетям ATM или FR. Взаимодействие на уровне услуг позволяет производить прозрачную передачу между FR CPE в сети FR и ATM CPE в сети ATM, без преобразования на терминалах. Кроме того, плата интерфейса FR модуля MA5100 может обеспечивать функцию прозрачной передачи.

4) Доступ к услугам IP-DSLAM. Система MA5100 может предоставить режим применения сетевого доступа IP-DSLAM, используя интерфейс FE платы LANC как интерфейс восходящего потока. Рабочие принципы такие же, как и при режиме передачи ячеек ADSL, т.е., установив RFC1483B PVC на ATU-R, в системе MA5100, установите PVC между портом ADSL и VLAN ячейки LANC при помощи внутренней кросс-коммутации. Плата LANC реализует PVC и протокол RFC1483B, и преобразует данные в пакеты для восходящего потока. Когда предоставляется услуга по восходящему потоку через интерфейс FE, модуль MA5100 выполняет функцию уровня 2, не включая обработку протокола уровня 3. Абонент ADSL получает доступ через выделенную межсетевую линию или в режиме PPPOE. Если абонент ADSL получает доступ в режиме PPPOE, у абонента персонального компьютера должно быть установлено программное обеспечение для набора номера PPPOE, вызов PPP выполняется на оборудовании BAS.

5) Услуга ретрансляции ячеек. Система мультисервисного доступа MA5100 поддерживает PVC в режиме передачи ячеек, а также взаимодействие между абонентами ADSL и LAN. В данном режиме Сервер ячеек осуществляет доступ через интерфейсы Ethernet платы LAN, а отдельные абоненты подключаются через порты ADSL. Затем они соединяются по PVC между VLAN платы LAN и портом ADL для получения информационных услуг или получения информации мониторинга из автозала или центра управления.

Оборудование MA5100 состоит из части доступа к услугам и системной части. Функциональная структура системы приведена на рис.2.5. Часть доступа к услугам состоит из следующих модулей:

- модуль доступа ADSL;
- модуль доступа CES E1;
- модуль доступа CES V.35;
- модуль доступа ATM E1;
- модуль доступа LAN;
- модуль доступа FR.

Системная часть состоит из двух основных модулей:

- модуль мультиплексирования/демультиплексирования;
- модуль управления системой.

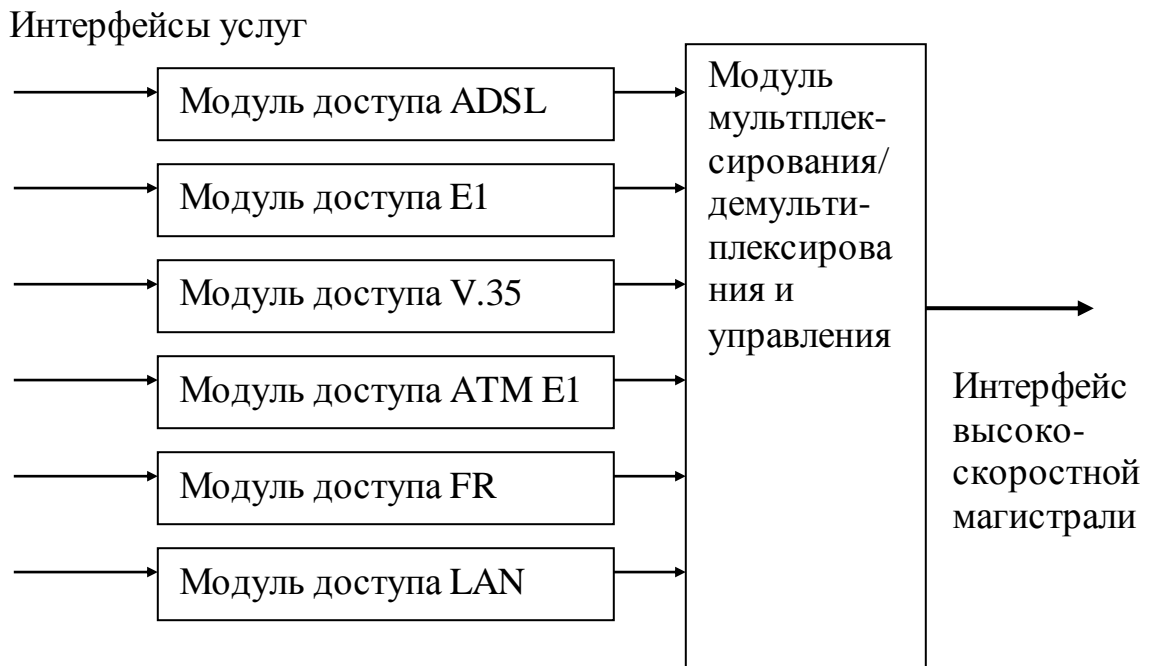


Рис.2.5. Структурная схема функциональных модулей системы DSLAM

Модули имеют следующие характеристики:

1. Модуль доступа ADSL предназначен для порта доступа услуг ADSL, использует алгоритм DMT и предоставляет методы доступа ADSL с улучшенными характеристиками. Этот модуль состоит из платы ADSL, сплиттера и других.

2. Модуль доступа CES E1 ориентирован на услуги эмуляции схемы интерфейса E1, независимые 8 или 16 каналов интерфейсов E1, а также поддерживает структурированные (SDT $N \times 64K$) или неструктурированные (UDT) услуги эмуляции схемы. Для соединения каналов применяется соединение PVC, по которым возможна передача различных типов услуг с низкой скоростью передачи, осуществление доступа к различным типам услуг PBX, DDN, видеоконференции, маршрутизации и др., что позволяет полностью использовать ресурсы существующей сети.

3. Модуль доступа CES V.35 определяет доступ к услугам передачи данных $V.35N \times 64K$. Плата CES предоставляет 8 независимых каналов интерфейса V.35, поддерживает рабочий режим DTE и DCE. Плата CES предоставляет доступ ATM для услуг V.35 через схему эмуляции. Плата CES предоставляет доступ к различным типам оборудования, использующего интерфейс V.35, включая маршрутизаторы доступа, DDN и др.

4. Модуль доступа ATM E1 обеспечивает услуги ретрансляции ячеек E1. Услуги ретрансляции ячеек E1 можно реализовать через стандартное оборудование ATM или при помощи низкоскоростного соединения между коммутаторами ATM по существующим линиям передачи E1 PDN без прокладки новых линий, таким образом полностью используя существующие сетевые ресурсы.

5. Модуль доступа LAN предоставляет 8 самонастраивающихся интерфейсов 10M/100M Ethernet и обеспечивает соединение с Ethernet по выделенной линии через сеть ATM, реализуя прозрачное соединение RFC 1483B.

6. Модуль доступа FR предоставляет услуги ретрансляции кадров E1/T1/V.35. Интерфейс ретрансляции кадров E1/T1 поддерживает доступ ретрансляции кадров с разделением каналов и без разделения каналов, а также поддерживает взаимодействие между сетью и услугами, как это указано в форуме “Frame Relay Forum”.

7. Модуль для удаленного каскадного построения сети APU контролирует интерфейсы ATM STM-1 и IMA и APON для реализации функции удаленного каскадного построения.

8. Модуль мультиплексирования/демультиплексирования обеспечивает функцию мультиплексирования/демультиплексирования потока услуг в системе, мультиплексирует поток данных из низкоскоростных сервисных плат в поток данных с более высокой скоростью и передает их в интерфейс высокоскоростной магистрали. Кроме того, модуль производит поиск адресов потока данных из интерфейса высокоскоростной магистрали и демультиплексирует их в различные низкоскоростные модули услуг.

9. Модуль управления системой выполняет функции технического обслуживания, управления, настройки конфигурации системы и т.д. Собирает информацию от других модулей, передает команды управления, настраивает конфигурацию данных и т.д. Кроме того, обеспечивает интерфейсы технического обслуживания, интерфейсы NMS и интерфейсы устранения неполадок.

2.5.2. BRAS маршрутизатор широкополосного удалённого доступа

Broadband Remote Access Server (BRAS или BBRAS) – маршрутизатор широкополосного удалённого доступа маршрутизирует трафик к/от мультиплексора доступа цифровой абонентской линии (DSLAM) или коммутатора в сетях интернет-провайдера.

BRAS находится в ядре сети провайдера и агрегирует пользовательские подключения из сети уровня доступа. Именно на BRAS’е провайдер может применять политику маршрутизации и качества обслуживания (QoS). Специфичными задачами BRAS являются:

- агрегация трафика клиентов от DSLAM’ов
 - обеспечение пользовательских сессий по протоколам PPP или ATM
 - применение политики качества обслуживания (QoS)
 - маршрутизация трафика в магистральную сеть (backbone) провайдера
- DSLAM собирает поток данных от множества пользователей в одну точку так, чтобы он мог быть загружен маршрутизатору через протоколы Frame Relay, ATM или Ethernet.

Маршрутизатор производит логическую терминацию туннелей

точка-точка (PPP). Это могут быть инкапсулированные туннели PPP через Ethernet (PPPoE), PPP через ATM (PPPoA). Выступая точкой терминирования BRAS отвечает за назначение параметров туннелей от пользователей, таких как IP-адрес. BRAS является первым хостом от клиента в Интернет, а также интерфейсом к системам аутентификации, авторизации и учёта трафика (например RADIUS).

Реализации BRAS делятся на аппаратные и программные. Аппаратные BRAS, производят, например, компании Cisco, Juniper, Huawei и др., в случае их использования оператор получает готовый комплект с предсказуемыми характеристиками, поддержкой вендора по техническим вопросам и обучению персонала. Программные решения существуют от Mikrotik, BRASFil, MPD, accel, LISG и других производителей, в случае их использования настраивающий такое решение специалист берет всю ответственность за правильность настройки на себя.

Современные тенденции построения сетей стремятся к упрощению структуры, т.е. введению на сети одной особо интеллектуальной точки, и уменьшения до минимума функций оставшихся сетевых элементов. Вариантов реализации – всего два. Либо выносить все на абонентский порт, либо, наоборот, в ядро. Первый вариант оптимизирован в пользу быстрогодействия, исходя из парадигмы, что ядро должно именно передавать данные, а не заниматься функциями фильтрации и обработки.

Однако, ограничение стоимости абонентского порта в рамках 10 дол. США за порт сводит на нет создание единой точки раздачи услуг из абонентского устройства, т.к. при этой стоимости абонентского порта невозможно гибко ограничивать полосу, например, отдельно на ресурсы двух разных типов, считать IP трафик.

На роль единой точки раздачи услуг претендует только центр сети. Либо локальные центры, в которых концентрируется достаточное количество пользователей для "тяжелого" оборудования. Рассмотрение схемы с туннелями PPPoE, PPTP, и подобными механизмами приводит к одному и тому же решению. Если взять от схемы туннелей избирательность "до каждого абонента", а от варианта подсчета на маршрутизации - беспроблемную работу на полной скорости. При этом тип туннеля становится не важным – он просто должен быть дешевым, и поддерживаться базовыми средствами Ethernet. На сегодня в этом качестве могут выступать только Vlan'ы 802.1q. С их помощью фактически можно включить каждого абонента в сервер доступа, а так как это нужно сделать на полной скорости, то и название должно стать BRAS (broadband remote access server) или BSR (broadband service router).

Все услуги контролируются на порту BRAS, в центре (или центрах) сети. Весь трафик без исключения проходит через BRAS, там он может учитываться, получать приоритеты.

Идеальным вариантом считается – избавиться от промежуточных уровней агрегации, делая узлы примерно на 100 волокон-домов (и соответственно на 3-4тыс. абонентов).

Рассмотрим, для примера, оборудование BRAS MA5200F фирмы Huawei. Оборудование SmartAX MA5200F представляет собой широкополосный сервер удаленного доступа (BRAS) на базе протокола IP, применяющийся на уровне доступа широкополосных IP-сетей.

Ёмкость оборудования MA5200F:

- 4 слота FE, каждый из которых поддерживает 6 одномодовых или многомодовых интерфейсов FE или 6 интерфейсов 10/100 Base-T;
- 1 слот GE поддерживает 1 или 2 одномодовых или многомодовых интерфейса.

MA5200F имеет следующие особенности.

1. Усовершенствованное управление пользователями

- поддержка различные режимы аутентификации и авторизации фиксированных и мобильных пользователей, такие как PPPoE, VLAN, VLAN+WEB и 802.1x;
- возможность ограничивать полосу пропускания пользователей значением $N*64$ кбит/с;
- ограничение числа пользователей, получающих доступ с каждого интерфейса и каждой учетной записи;
- блокировка доступа неавторизованных пользователей и предотвращение атак на сервер DHCP.

2. Гарантия безопасности сети

Уникально идентифицирует пользователя с помощью связывания VLAN-ID, MAC и IP-адреса, предотвращает атаки на DHCP, незаконное присвоение адреса и учетной записи. Поддерживает изоляцию пользователей на 2-м уровне и контролируемый доступ пользователей. Поддерживает ограничение доступа к определенным узлам сети и фильтрацию адресов пользователей по ACL. Обеспечивает функцию брандмауэра для предотвращения несанкционированного доступа из внешних сетей.

3. Поддержка разнообразных услуг

Поддержка нескольких ISP и оптовой продажи полосы пропускания. Поддержка услуг Portal и услуг дополнительных доходов, предоставляемых ISP. Поддержка управляемых широкополосных услуг, предотвращение широкополосных штормов и несанкционированного доступа. Гарантия QoS при передаче VoIP. Поддержка услуги IP VPN позволяет строить частные сети IP с помощью прозрачной передачи VLAN.

Поддержка решения для гостиниц. Поддерживает сетевой процессор, позволяющий быстро и легко создавать новые услуги.

4. Гибкая система тарификации

Поддержка усовершенствованной стратегии тарификации пользователей: удаленный агент тарификации, поддерживаемый RADIUS и локальная немедленная тарификация. Гибкая тарификация пользователей по продолжительности сеанса и по трафику. Тарификация по IP-адресу

назначения. При взаимодействии с сервером RADIUS обеспечиваются тарификация с предоплатой, немедленная тарификация и автоматическая блокировка портов пользователей-неплательщиков. Автоматическое обнаружение отключения пользователя от сети и автоматическое разрывание бездействующих соединений.

5. Удобное управление сетью

Используя специализированный протокол HGMP, разработанный компанией Huawei, MA5200F обеспечивает удаленное управление и конфигурирование коммутаторов 2-го уровня компании Huawei, подключенных к MA5200F, включая автоматическое начало сеанса, пакетное конфигурирование и т.д. Управление обеспечивается системой централизованного управления сетью iManager™ N2000 производства компании Huawei, поддерживает функции SNMP и MML.

Оборудование SmartAX MA5200F применяется в двух вариантах.

1. Доступ корпоративных абонентов и индивидуальных пользователей в районах с высокой плотностью абонентов (см.рис.2.6).

MA5200F располагается в жилом районе или бизнес-центре в качестве оборудования доступа и управления конечных пользователей и обеспечивает терминирование PPP и VLAN, управление пользователями, аутентификацию и тарификацию совместно с коммутаторами LAN серии Quidway (Huawei). MA5200F обеспечивает большой набор услуг, таких как пакетная передача речи и доступ к Интернету по широкополосным выделенным линиям для корпоративных абонентов, высокоскоростной доступ к Интернету и VOD для индивидуальных абонентов.

2. Доступ к Интернету рассредоточенных индивидуальных пользователей (рис.2.7)

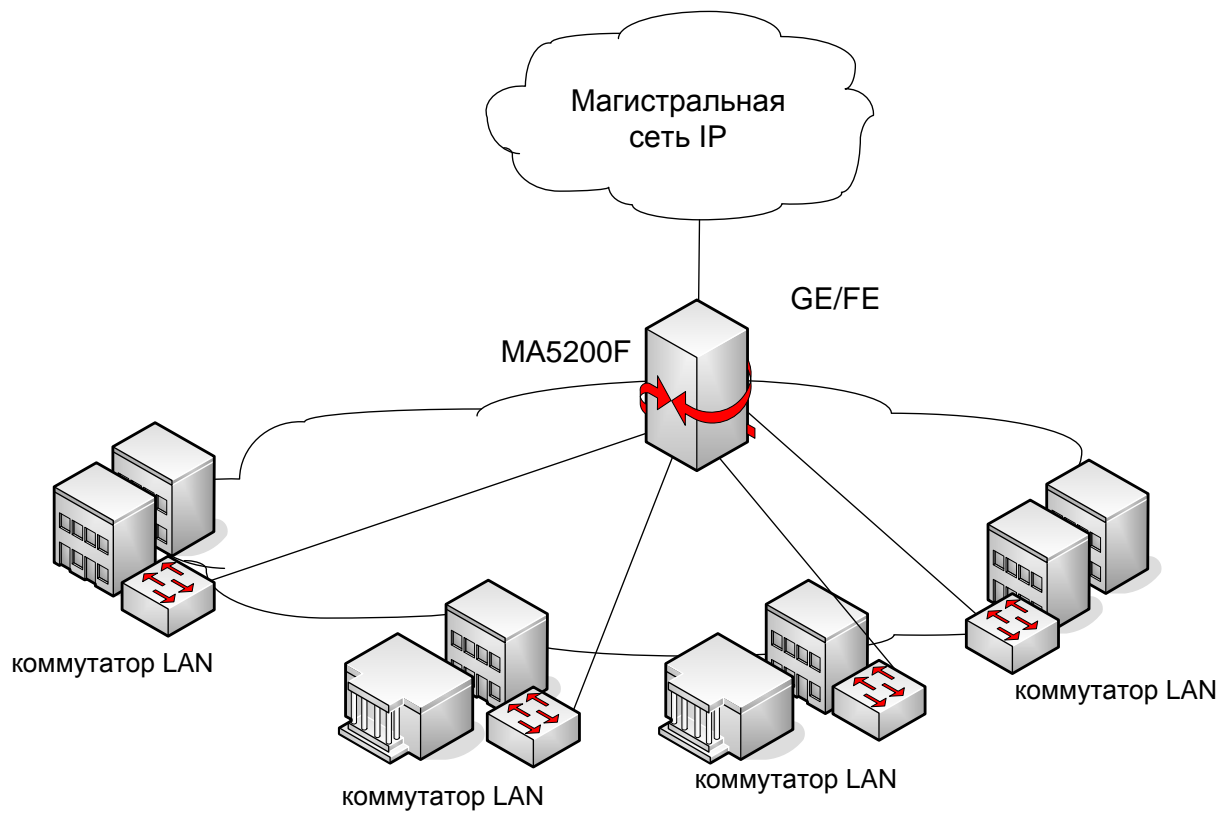


Рис.2.6. Доступ корпоративных абонентов и индивидуальных пользователей в районах с высокой плотностью абонентов

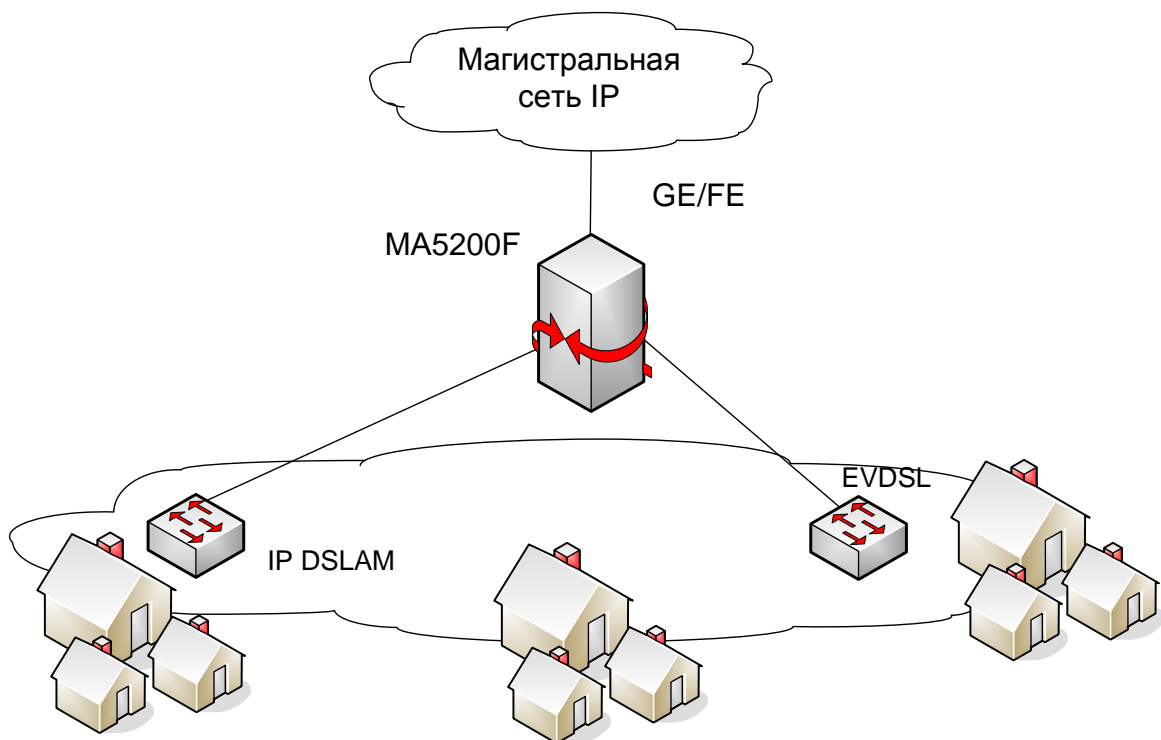


Рис.2.7. Доступ к интернет рассредоточенных индивидуальных пользователей

Тема 3: Сети широкополосного абонентского доступа

План:

1. Сравнение характеристик оптических структур доступа – FTTC, FTTB, FTTH.
2. Развитие сети доступа на базе оборудования MSAN (FTTC).
3. Узел мультисервисного абонентского доступа MSAN.
4. Развитие сети доступа на базе оборудования mini-MSAN (FTTB-xDSL).
5. Архитектура пассивной оптической сети (PON)

Ключевые слова: Семейство технологий FTTx, точка "x", FTTC, FTTC с VDSL2, FTTC с ADSL2+, FTTC с POTS, FTTB, FTTB с VDSL2, FTTB с ADSL2+, FTTB с POTS, FTTB с Ethernet (ETTH), узел мультисервисного абонентского доступа MSAN, mini-MSAN, сеть HONET, OLT – терминал, ONU, функции Hair-pin и self-switch.

3.1. Сравнение характеристик оптических структур доступа – FTTC, FTTB, FTTH

Сценарии развертывания FTTx можно перечислить, комбинируя три параметра архитектуры FTTx: положение точки "x", технология доставки данных в оптической сети агрегации/распределения до точки "x" и технология доступа после точки "x".

Соответственно до точки "x" используется активный Ethernet или какая-либо из разновидностей PON; после точки "x", как правило, xDSL, Ethernet или DOCSIS по медному кабелю, иногда беспроводной доступ (Wi-Fi). На оптическом участке также возможно применение технологий спектрального уплотнения (в частности, CWDM) для увеличения пропускной способности и/или уменьшения количества волокон.

Сама точка "x" расположена либо у абонента, либо между абонентом и помещением узла связи оператора (подъезд дома, уличный шкаф и др.) (см.рис.3.1).

Использование этой архитектуры операторами фиксированного доступа обеспечивает им расширенные возможности по предоставлению услуг и повышению конкурентоспособности.

Использование оптического волокна - наиболее перспективная технология из ныне существующих, она позволяет модернизировать сеть так, чтобы можно было менять лишь оконечное передающее оборудование. Запас внутренних возможностей оптического волокна по пропускной способности еще не скоро достигнет своего предела, в отличие от эфирной передачи, передачи по медной паре и других технологий.

На сегодняшний день тенденции развития существующих сетей свидетельствует о наличии у операторов связи трех основных задач:

– предложение широкополосного доступа в новых зонах обслуживания;

- модернизация существующих сетей широкополосного доступа с целью повышения скорости передачи и предложения новых услуг, таких как IP-TV, VoD, HD и других аудиовизуальных приложений;
- защита от ухудшения качества услуг широкополосного доступа по мере роста плотности проникновения DSL вследствие взаимного электромагнитного влияния цепей в медном кабеле.

В течение нескольких лет услуги, в которых нуждаются пользователи, приблизили предложение операторов вплотную к границе в 100Мбит/с. Используемые до сих пор технологии DSL-доступа больше не в состоянии удовлетворить такие запросы.

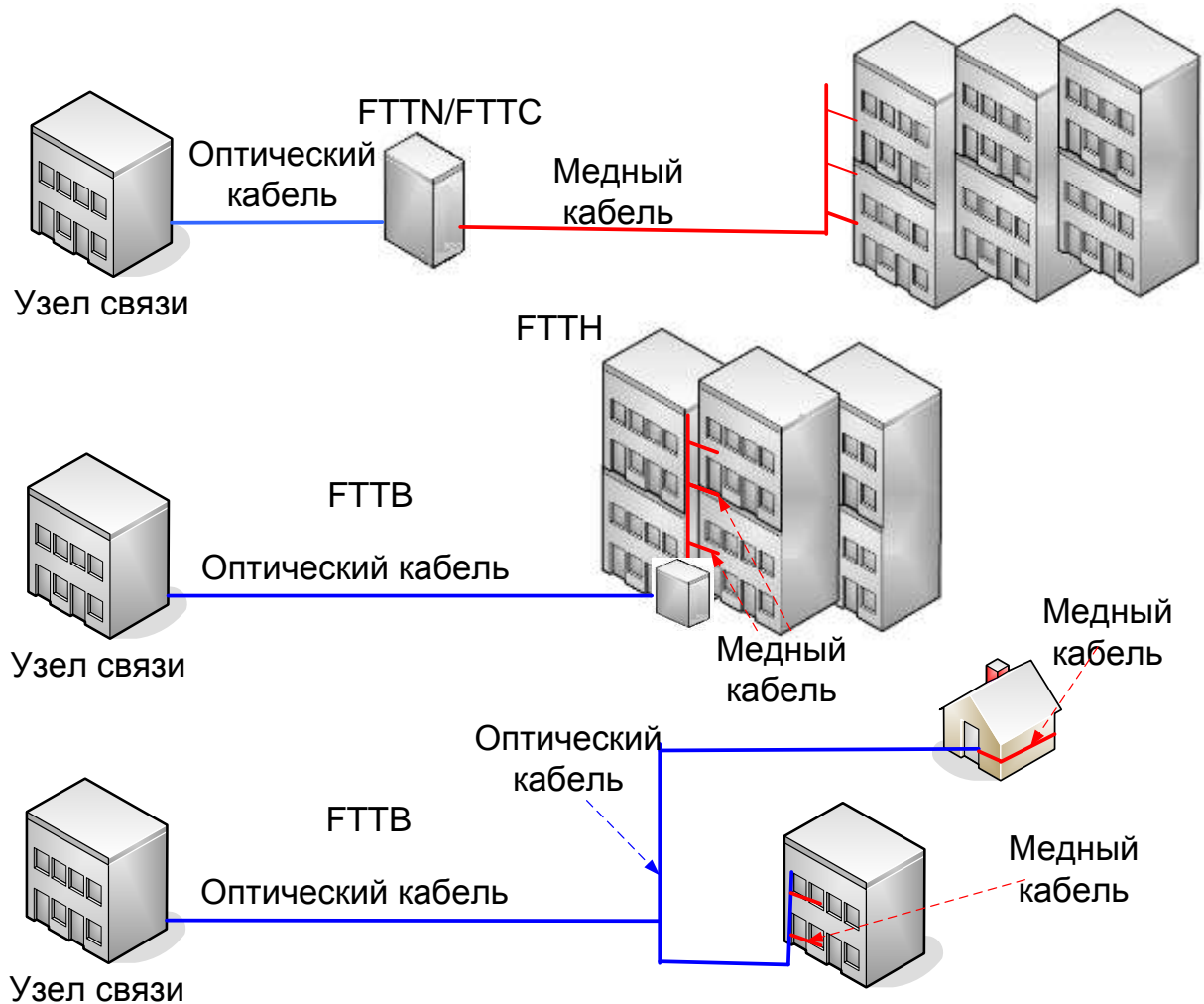


Рис.3.1. Варианты построения сетей FTТх

Риски развертывания определяются двумя параметрами: процентом пользователей ШПД и рыночной долей конкретного оператора. Например, если в здании из 60 домохозяйств широкополосным доступом пользуются 50%, а рыночная доля оператора 40%, то он может рассчитывать на 12 домохозяйств. Риски развертывания понижаются по мере отдаления вновь создаваемого узла инфраструктуры от конечного пользователя.

Таблица 3.1.

Сравнение характеристик оптических архитектур доступа

	FTTC /VDSL2	FTTB /VDSL2	FTTB /ETTH	FTTH /P2P	FTTH /GPON
Инвестиции (CAPEX)	~ 200 евро	~ 300 евро	150 евро	500 - 2000 евро	500 - 2000 евро
Эксплуатационные расходы (OPEX)	Средние	Средние	Высокие	Низкие	Низкие
Время реализации	Быстро	Среднее	Среднее	Медленно	Медленно
Скорость передачи	↓30—60 Мбит/с ↑4—30 Мбит/с	↓50—100 Мбит/с ↑30—100 Мбит/с	↓100 Мбит/с ↑100 Мбит/с	↓100Мбит/с или 1Гбит/с	↑~50— 150 Мбит/с
Предпочтительная зона обслуживания	город/пригород/ село	город	город (много- этажная застройка)	город/ пригород	город (много- этажная застройка)
Дистанционное питание ТА	да	нет	да/нет	нет	нет
Риски развертывания (применительно к CAPEX)	Низкие	Средние/ высокие	Высокие	Средние/ высокие	Средние/ высокие

Наиболее низкий их уровень присущ архитектуре FTTC (Fiber to the Curb; оптоволокно до распределительного шкафа), в которой большая группа абонентов может обслуживаться одним вновь создаваемым узлом.

Если оператор стоит перед дилеммой: строить новую сеть доступа FTTH или модернизировать существующую инфраструктуру, то ему стоит обратить пристальное внимание на архитектуру FTTC (табл.3.1).

Главными преимуществами FTTC являются:

- снижение требуемого объема инвестиций (CAPEX);
- отсутствие работ по внутридомовой и внутриквартирной проводке;
- быстрое развертывание услуг с широкой полосой пропускания;
- поддержка дистанционного питания ТА.
- архитектура FTTC позволяет быстро модернизировать существующую инфраструктуру и обеспечивать удовлетворение запросов самых требовательных пользователей, не “вторгаясь” в жилище.
- общеизвестен факт, что последние 100м кабеля требуют наибольших усилий и времени на прокладку. В большинстве случаев затраты на этот отрезок линии связи составляют до 50% общей стоимости распределительной сети.

Архитектура FTTC в первую очередь предназначена для операторов, уже использующих технологии xDSL или PON: реализация этой архитектуры позволит им с меньшими затратами увеличить и число обслуживаемых пользователей, и выделяемую каждому из них полосу пропускания.

Комбинирование технологий доступа по оптоволоконным и медным линиям применяется совместно, когда необходимо обеспечить высокую пропускную способность и оптимальный по стоимости доступ для домашних или корпоративных пользователей. Гибридный комбинированный доступ – «оптоволокно до распределительного шкафа» и технология xDSL – является превосходным вариантом для предоставления услуг с использованием существующих медных линий от ближнего уличного шкафа.

3.2. Развитие сети доступа на базе оборудования MSAN (FTTC)

Различные компании-производители телекоммуникационного оборудования, представленные ны рынке телекоммуникационных услуг Республики Узбекистан (Huawei, ZTE, Iskratel, Teledata) предлагают сходные типовые решения по гибричному доступу «оптоволокно-медь».

Рассмотрим решение компании Iskratel для сценариев «оптоволокно до распределительного шкафа» и «оптоволокно до здания»:

- FTTC с использованием технологии VDSL2 для модернизации существующих подключений домашних и бизнес-абонентов с высокими требованиями к пропускной способности сети.
- FTTC с ADSL2+ для модернизации существующих подключений

- домашних абонентов.
- FTTC с POTS для перехода прежних аналоговых (POTS) абонентов в сети на основе VoIP.
 - FTTC с комбинированным доступом (POTS и ADSL2+) для нацеленных на будущее развитие и пригодных к модернизации подключений для голосовой связи или DSL-подключений.
 - FTTB с VDSL2 для абонентских подключений со сверхвысокой пропускной способностью в многоквартирных домах старой постройки.
 - FTTB с ADSL2+ для модернизации существующих подключений домашних абонентов внутри зданий.
 - FTTB с POTS для перехода прежних аналоговых (POTS) абонентов в сети на основе IP.
 - FTTB с комбинированным доступом для нацеленных на будущее развитие и пригодных к модернизации подключений для голосовой связи.
 - FTTB с Ethernet (ETTH) – доступ, объединенный с Ethernet, для зданий новой постройки с UTP-проводкой.

Вариант "FTTC с VDSL2" (см.рис.3.2), обеспечивает скорость передачи данных до 100Мбит/с (на расстоянии до 1км) для отдельного подключения конечного пользователя. Такая пропускная способность позволяет предложить полную услугу Triple Play в этом варианте доступа с использованием существующей проводки на последней миле.

Вариант "FTTC+VDSL2" является оптимальным техническим решением по доступу для домашних и бизнес-пользователей SOHO, нуждающихся в высокой пропускной способности и уже подключенных к узкополосной сети (аналоговой телефонной сети или ISDN) по существующим медным линиям. Техническое решение по гибриднему доступу позволяет модернизировать существующую узкополосную сеть для создания линий передачи данных с высокой пропускной способностью.

Абоненты подключаются к узлу доступа SI3000 Lumia или SI3000 MSAN, который размещается в находящемся неподалеку уличном шкафу (расстояние обычно не превышает 1км). Узел доступа, размещенный в защитном контейнере внешнего исполнения и оборудованный платами абонентских линий Iskratel VDSL2, соединяется с центральной станцией сетевого оператора по оптоволоконной линии восходящего направления.

Для обслуживания абонентов на небольших территориях Iskratel предлагает шкафы ODU-S меньшего размера. Длина абонентского шлейфа в этом случае не превышает 1км. На таком небольшом расстоянии максимальная скорость передачи достигает 100Мбит/с в нисходящем направлении и 50Мбит/с в восходящем направлении. Уменьшение расстояния между защитным контейнером и абонентом приводит к уменьшению требуемой пропускной способности для связи с защитным контейнером.

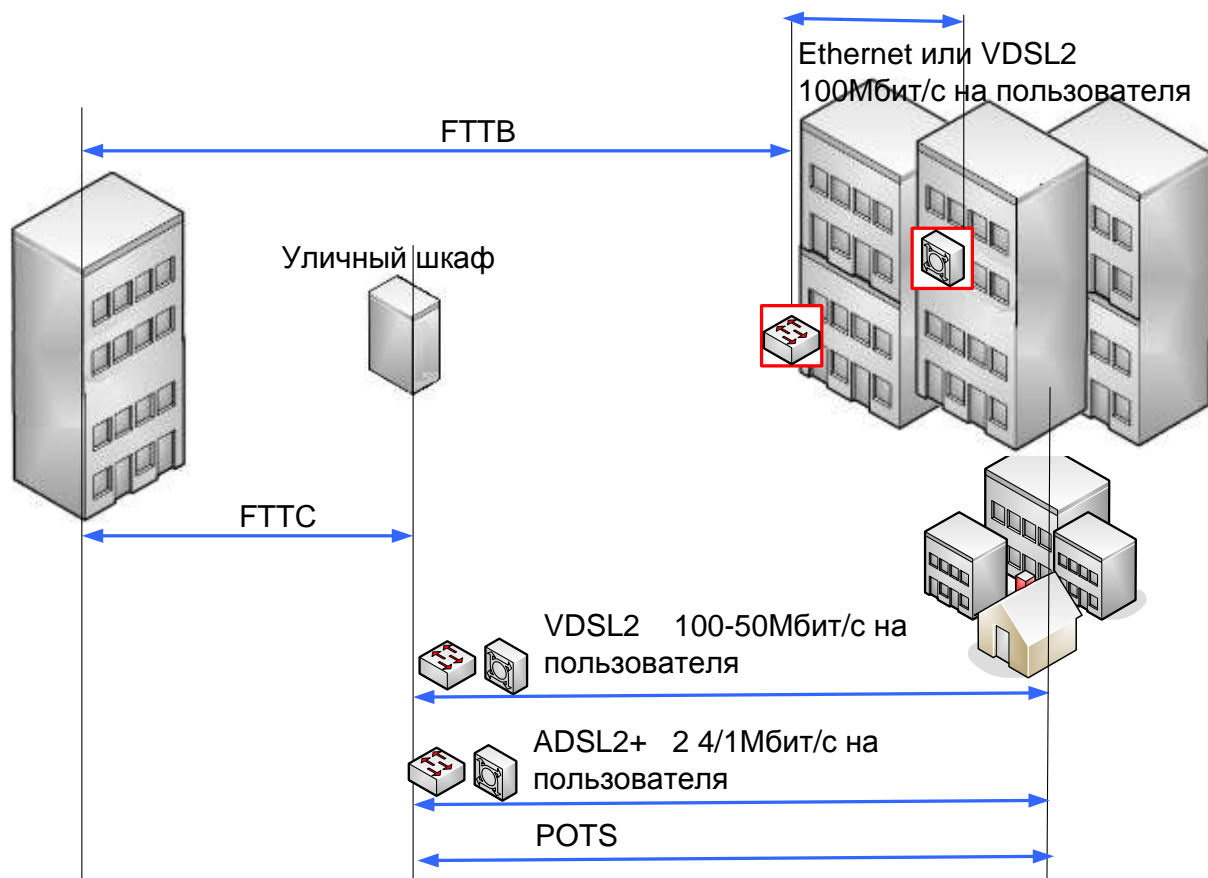


Рис.3.2. Решения Iskratel FTTC/B по гибриднему доступу

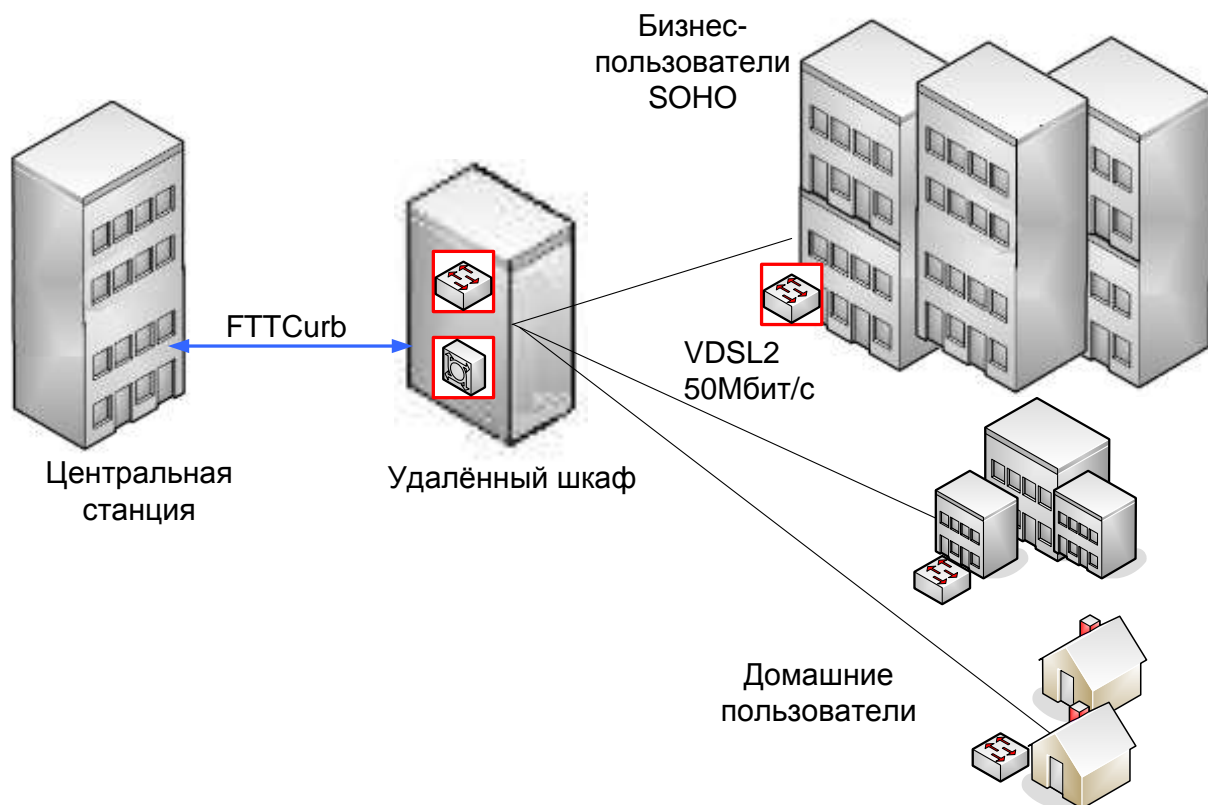


Рис.3.3. Вариант FTTC с VDSL2

Абоненты подключаются к узлу доступа SI3000 Lumia или SI3000 MSAN, который размещается в находящемся неподалеку уличном шкафу (расстояние обычно не превышает 1км). Узел доступа, размещенный в защитном контейнере внешнего исполнения и оборудованный платами абонентских линий Iskratel VDSL2, соединяется с центральной станцией сетевого оператора по оптоволоконной линии восходящего направления.

Для обслуживания абонентов на небольших территориях Iskratel предлагает шкафы ODU-S меньшего размера. Длина абонентского шлейфа в этом случае не превышает 1км. На таком небольшом расстоянии максимальная скорость передачи достигает 100Мбит/с в нисходящем направлении и 50Мбит/с в восходящем направлении. Уменьшение расстояния между защитным контейнером и абонентом приводит к уменьшению требуемой пропускной способности для связи с защитным контейнером.

Для реализации варианта "FTTC+VDSL2" требуемыми сетевыми элементами являются:

- центральная станция -SI3000 Lumia или SI3000 MSAN с платами Giga Fiber;
- удаленный шкаф- SI3000 Lumia или SI3000 MSAN с платами VDSL2;
- защитный контейнер ODU-M (SI3000 Lumia или SI3000 MSAN в корпусе MEA 20);
- защитный контейнер ODU-S (SI3000 Lumia или SI3000 MSAN в корпусе MEA 10);
- домашний шлюз Innbox V35 для подключения пользователей.

Емкость одного защитного контейнера ODU-M составляет макс. 576 линий ADSL2+/VDSL2 со сплиттерами или 1056 аналоговых абонентских линий. Полностью укомплектованный защитный контейнер ODU-S позволяет подключить до 128 линий VDSL2, 192 линий ADSL2+ или 576 аналоговых абонентских линий. Электропитание - MPS 1000.50 для защитного контейнера ODU-M, MPS 1000.25 для защитного контейнера ODU-S. RPS- система дистанционного электропитания.

Домашний шлюз VDSL2 Home Gateway Proteus932N поддерживает доставку всех услуг Triple Play, а именно: передачу данных через Интернет, передачу голоса поверх IP (Voice over IP; VoIP) и передачу IP-видео, включая ресурсоемкую передачу HDTV. Для оконечных устройств с поддержкой передачи пакетов этот шлюз предоставляет шесть портов Ethernet, включая гигабитный, а также точку беспроводного доступа 802.11N последнего поколения. Также имеется два порта для телефонных услуг, использующие технологию «Voice-over-IP», которые совместимы со средой серверов, работающих по протоколу SIP. Со встроенным брандмауэром и технологией «IP sharing» этот домашний шлюз обеспечивает надежный широкополосный доступ в Интернет, совместно используемый всеми подключенными клиентами. Доступны два хост-порта USB2.0, позволяющие предоставлять функции с добавленной

стоимостью, так как файловый сервер, FTP сервер, принтерный сервер или хаб.

Вариант "FTTC с ADSL2+" (см.рис.3.4) обеспечивает широкополосную связность на больших расстояниях [3]. При использовании технологии

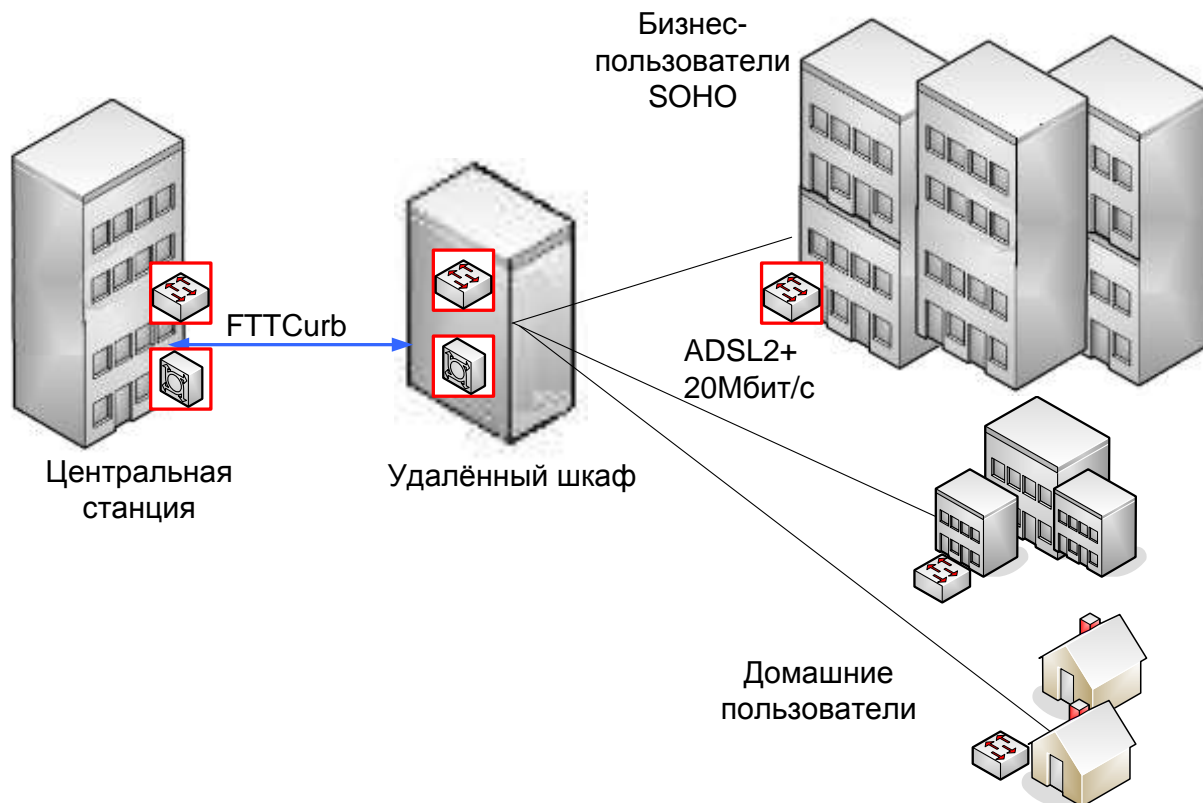


Рис.3.4. Вариант FTTC с ADSL2+

доступа ADSL2+ оператор может подключать абонентов на расстоянии до 5км и обеспечивать скорость передачи данных до 20Мбит/с в нисходящем направлении на меньшем расстоянии. Достоинствами "FTTC с ADSL2+" являются:

- эволюция широкополосного доступа – "естественный вариант" модернизации коммутируемого доступа;
- надежное решение в случае сомнительного качества медной проводки;
- отработанная, стандартизированная, полностью функционально совместимая и малозатратная технология.

Вариант "FTTC с ADSL2+" особенно подходит для районов с рассредоточенной абонентской базой для быстрого внедрения широкополосного доступа в городских, пригородных и сельских районах.

Узел доступа Iskratel SI3000 MSAN, оборудованный платами ADSL2+, обеспечивает потоковую передачу нескольких телевизионных каналов высокой четкости в абонентский порт, т.е. плата ADSL2+ позволяет передавать минимум 2 телеканала высокой четкости в один порт DSL для каждого абонента, подключенного к данной плате, гарантируя все

необходимые параметры качества (QoS) и безопасности. Требуемыми сетевыми элементами являются:

- центральная станция-SI3000 Lumia или SI3000 MSAN с платами Giga Fiber;
- удаленный шкаф -SI3000 MSAN с платами ADSL2+.
- защитный контейнер ODU-M (SI3000 MSAN в корпусе MEA 20).
- защитный контейнер ODU-S (SI3000 MSAN в корпусе MEA 10 или в меньшем корпусе). Электропитание -MPS 1000.50 для защитного контейнера ODU-M. MPS 1000.25 для защитного контейнера ODU-S. RPS.
- домашний шлюз Innbox E40 для подключения пользователей.

В едином устройстве домашнего шлюза Home Gateway Innbox E40 с поддержкой Triple-Play объединены IP-маршрутизатор и механизм организации домашней сети. При использовании домашнего шлюза поставщики услуг могут предлагать подключения WAN со скоростью передачи до 24Мбит/с в нисходящем направлении и до 3Мбит/с в восходящем направлении с применением различных профилей частотного спектра ADSL2+. Устройство Innbox E40 может использоваться в технических решениях для домашних абонентов и SOHO для предоставления необходимой пропускной способности на более протяженных абонентских шлейфах. Устройство Innbox E40, также как домашний шлюз VDSL2 Home Gateway Proteus932N поддерживает доставку всех услуг Triple Play.

Вариант FTTC+POTS используется для поддержки голосовой телефонии. Существуют три типичные ситуации, при которых сетевые операторы должны сделать выбор в пользу внедрения FTTC+POTS, а именно:

1. Внедрение технического решения "FTTC+POTS" используется как средство миграции для абонентов ТфОП. Это решение позволяет очень экономично модернизировать инфраструктурные сетевые элементы и перейти к IP-связности по завершении жизненного цикла технологии TDM.
2. У многих сетевых операторов по-прежнему существует значительная доля абонентов, не желающих переходить на технологии широкополосного доступа. В таком сценарии техническое решение "FTTC+POTS", реализуемое на основе программного коммутатора Iskratel SI3000 CS, действует в качестве подмены сети TDM.
3. Использование аналоговой абонентской линии по-прежнему является наиболее экономичным способом создания абонентского подключения с функциональностью линии бесперебойной связи (lifeline), имеющей 24-часовое резервное батарейное питание в защитном контейнере (при этом отсутствуют сложности, связанные с заменой батареи, как в случае VoIP в широкополосном доступе).

Вариант "FTTC+POTS" является самым оптимальным решением по

доступу на основе IP в случае, когда, по крайней мере, один домашний абонент голосовой связи хочет сохранить существующее аналоговое подключение и аналоговые телефонные аппараты. Путем реализации технического решения по доступу "FTTC+POTS", сетевой оператор устраняет проблему необходимости поддержания старой TDM-станции.

Абоненты подключаются к узлу доступа SI3000 MSAN, который размещается в находящемся неподалеку уличном шкафу. Узел доступа, размещенный в защитном контейнере внешнего исполнения и оборудованный платами аналоговых абонентских линий Iskratel, соединяется с центральной станцией сетевого оператора по оптоволоконной линии связи Ethernet восходящего направления (рис.3.5).

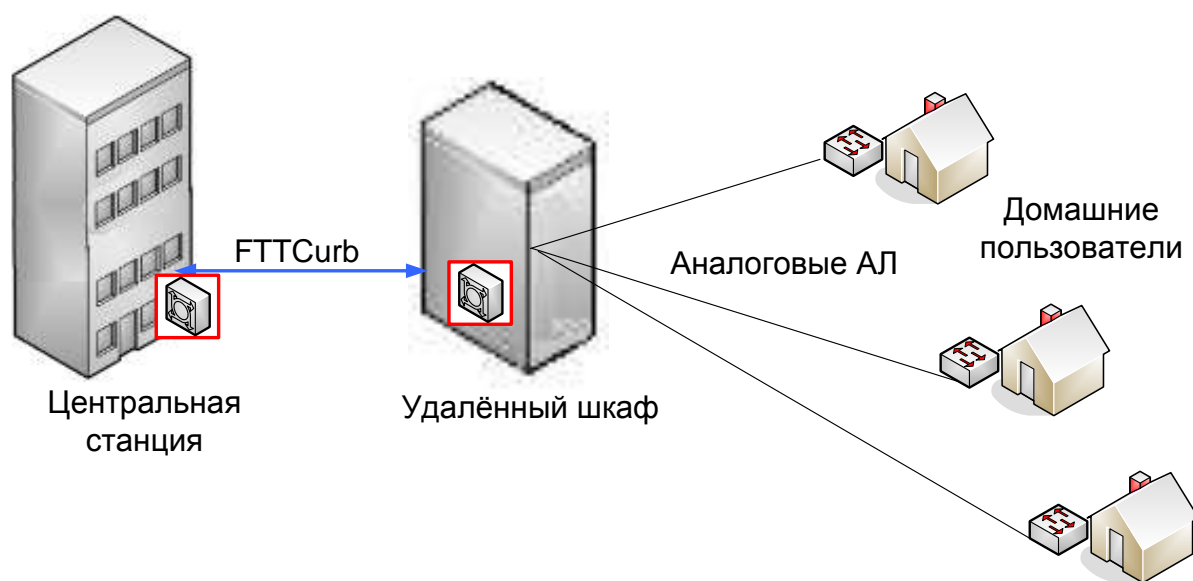


Рис.3.5. Вариант FTTC+POTS

Требуемыми сетевыми элементами являются:

- центральная станция-SI3000 Lumia или SI3000 MSAN с платами Giga Fiber;
- удаленный шкаф SI3000 MSAN с платами аналоговых АЛ;
- защитный контейнер ODU-M (SI3000 MSAN в корпусе MEA 20);
- защитный контейнер ODU-S (SI3000 MSAN в корпусе MEA 10 или в меньшем корпусе). Электропитание-MPS 1000.50 для защитного контейнера ODU-M. MPS 1000.25 для защитного контейнера ODU-S. RPS.

FTTC с комбинированным доступом (Combo Access) представляет собой совместное одной плате абонентских линий аналоговое подключение и подключение ADSL2+. Комбинированный доступ оптимален в тех случаях, когда оператор стремится сохранить максимальную гибкость типа абонентского доступа. Основное подключение аналоговой АЛ можно быстро преобразовать в

широкополосное подключение ADSL2+ с высокой пропускной способностью.

Наличие комбинированного доступа является большим преимуществом в случае, когда предполагается быстрое увеличение числа широкополосных абонентов в определенном районе (см.рис.3.6). При использовании плат комбинированных АЛ, пользователь голосовой телефонии изначально получает аналоговое подключение/ADSL2+. Таким образом, будущий переход на исключительно широкополосное подключение осуществляется незамедлительно и этот переход не влечет никаких дополнительных затрат, поскольку для всех абонентов заранее смонтированы оба типа доступа.

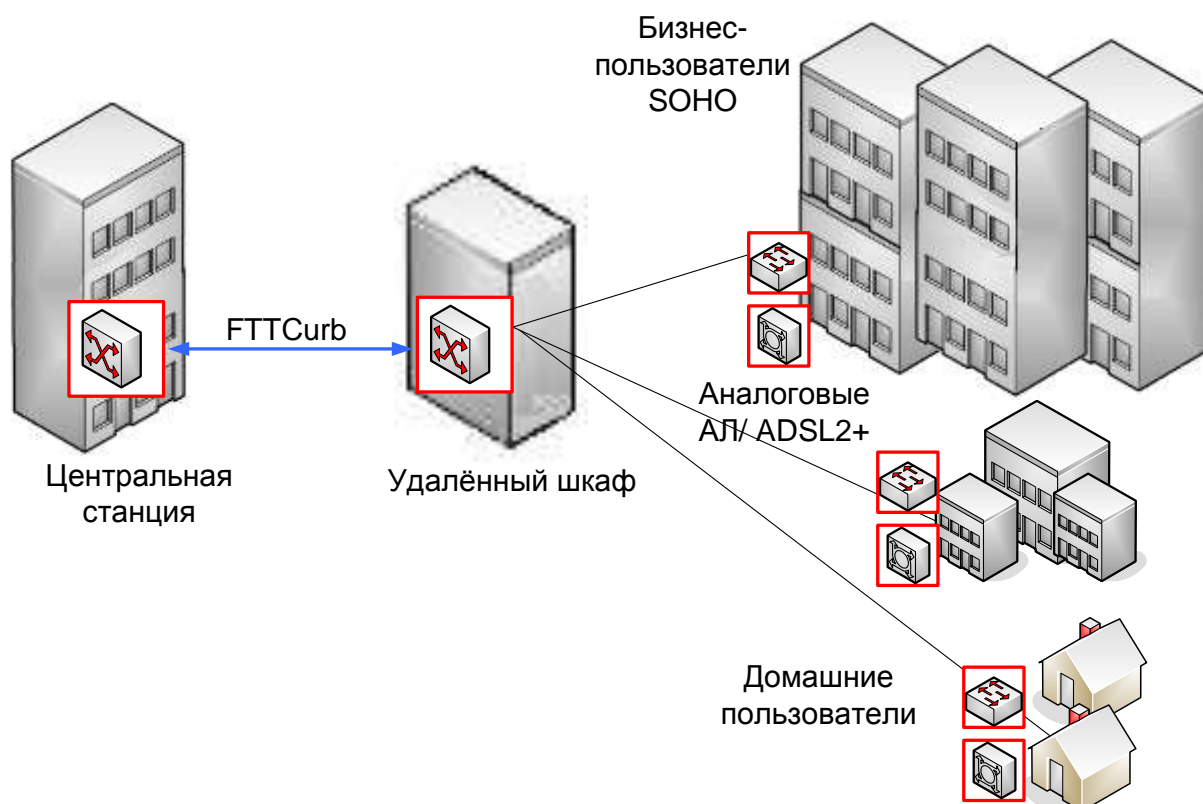


Рис.3.6. Вариант FTTC с комбинированным доступом

При разработке схемы подключения оборудования доступа необходимо учитывать место размещения оборудования- среди многоквартирных домов или групп жилых построек.

В случае многоэтажных построек выгодно подключать узлы доступа по кольцевой схеме с резервированием оптического волокна (см.рис.3.7). Узлы доступа MSAN расположены в центре жилого массива в уличных шкафах.

Емкость MSAN выбирается равной емкости демонтируемого магистрального медного кабеля на данном участке. Комбинированный

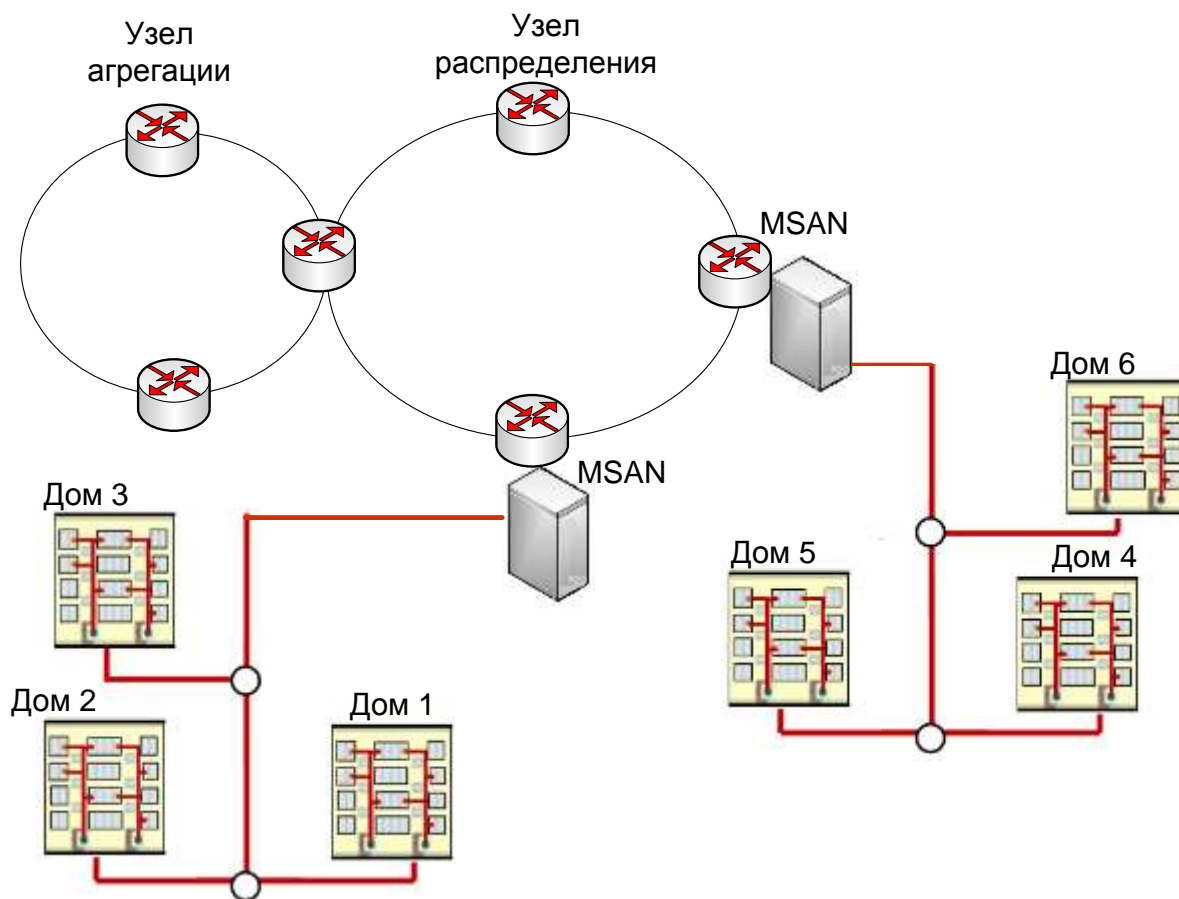


Рис.3.7. Кольцевая схема организации FTTC

доступ «оптоволокну-медь» позволит абонентам поддерживать как традиционные услуги телефонии, так и высокоскоростной интернет по xDSL, число абонентов ШПД вырастет за счет сокращения длины медного участка.

Схема организации сети доступа на базе оборудования MSAN фирмы Huawei по технологии FTTC приведена на рис.3.8.

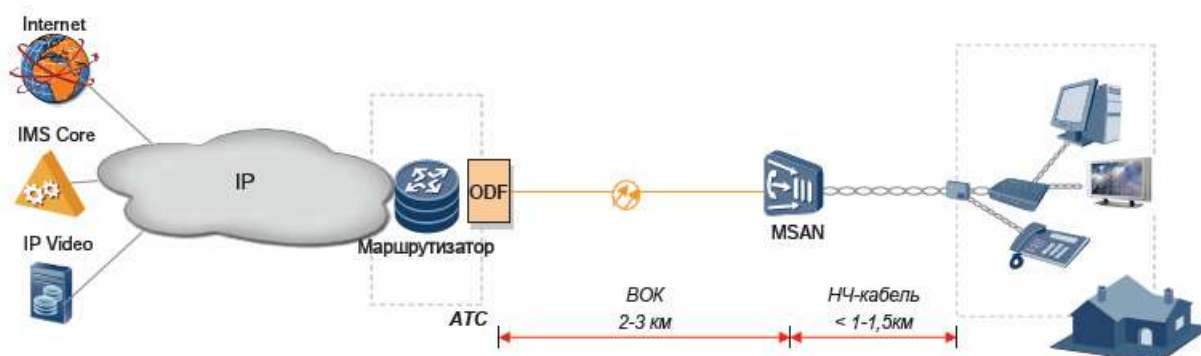


Рис. 3.8. Схема организации сети доступа на базе оборудования MSAN

Техническими особенностями данной схемы являются:

- Короткое расстояние до абонента – высокое качество НЧ телефонии

- Скорость ADSL2+ 10-15Мбит/с
- Возможность управления ШПД по SHDSL, VDSL2, FE
- Решение класса FTTC. Возможность миграции к GPON, FTTB.

С помощью этой схемы имеется возможность предоставления высокоскоростного доступа в Интернет и услуги Triple-Play. Поддержка всех дополнительных услуг, предоставляемых NGN. Для корпоративных клиентов возможно предоставление с MSAN интерфейсов FE, E1, ISDN BRI PR.

С точки зрения финансовых показателей необходимо отметить среднюю стоимость внедрения ШПД и экономию средств из-за отсутствия магистрального медного кабеля. Высокая скорость и качество услуг дают возможность получения новых прибылей.

Технология MSAN является оптимальным способом снижения OPEX и запуска Triple-Play для оператора, ориентированного на голосовые услуги.

3.3. Узел мультисервисного абонентского доступа MSAN

MSAN - это интегрированный продукт для обеспечения сетевого доступа и предоставления услуг. В MSAN существует возможность выбора интерфейсов - волоконно-оптическими интерфейс, интерфейсы VDSL2, ADSL2+, SHDSL, интерфейсы мобильной и стационарной связи WiMAX. К услугам, предоставляемым MSAN относятся:

- голосовые услуги
- услуги передачи данных
- мультимедийные услуги
- Centrex
- услуги безопасности и др.

Предлагаемое на рынке оборудование можно разделить на два класса:

- решения для большой емкости (до нескольких тысяч абонентов) представлены фирмами Alcatel, Siemens, НТЦ «Протей», Huawei, ADC (Teledata Networks) (Израиль), Iskratel, Samsung, Lucent (США).
- решения для малой емкости (до нескольких десятков абонентов) представлены фирмами AudioCodes (Израиль), Boscom (Израиль), НТЦ «Протей».

Рассмотрим решение фирмы Huawei. MSAN ONU-F01D1000 – это интегрированный продукт для обеспечения сетевого доступа и предоставления услуг, в нём существует возможность выбора интерфейсов - волоконно-оптическими интерфейс, интерфейсы VDSL2, ADSL2+, SHDSL, интерфейсы мобильной и стационарной связи WiMAX.

На рис.3.9 представлена общая структура сети доступа с интеграцией услуг HONET, разработанная компанией Huawei. На рис.3.10 вариант построения сети с использованием MSAN.

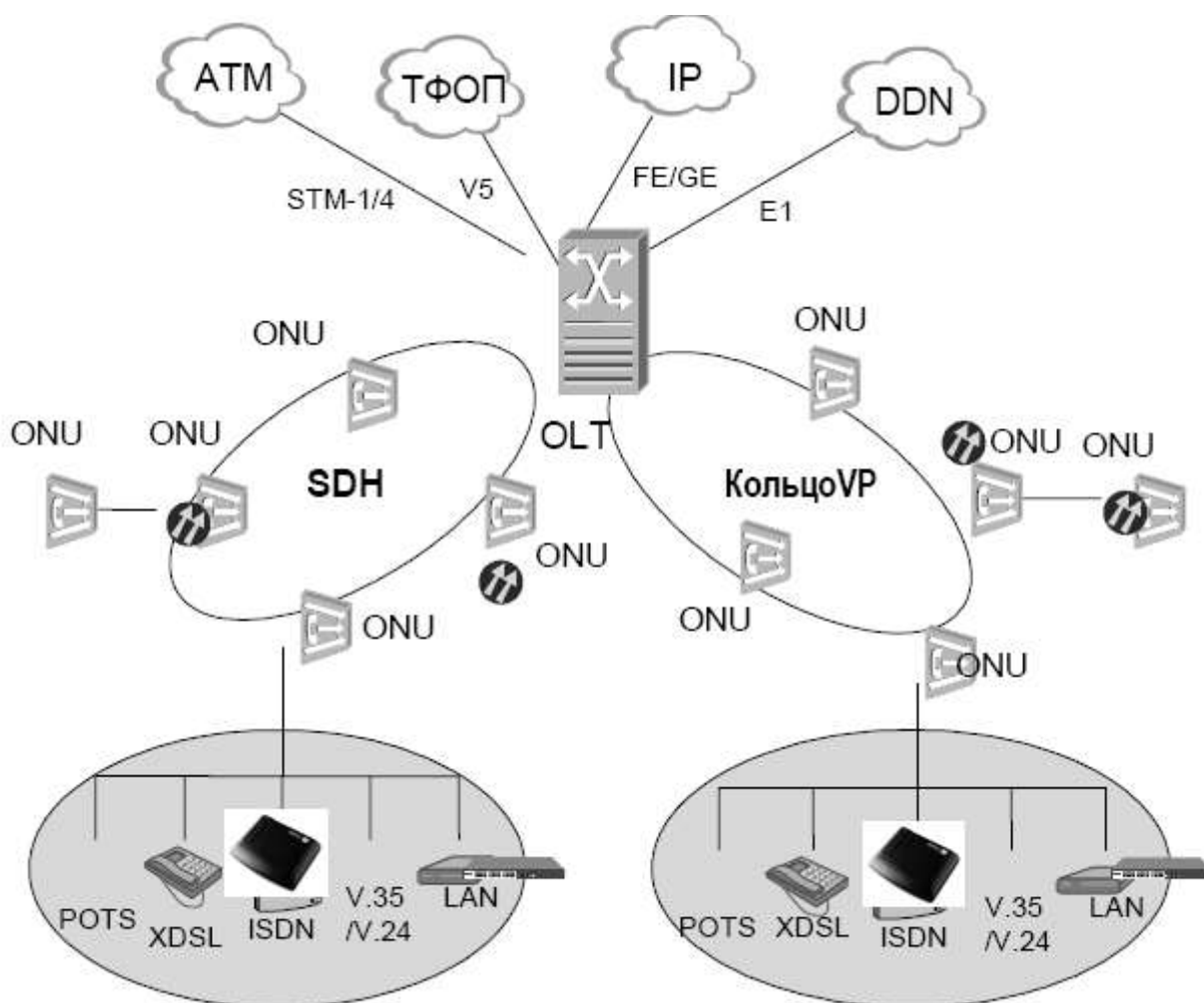


Рис.3.9. Общая структура сети доступа с интеграцией услуг HONET

HONET – это оптическая широкополосная сеть, которая использует некоторые технологии:

- «широко/узкополосная платформа»,
- «распределение по ресурсам нескольких шин»
- «кольцевое построение сети VP Ring»,

HONET имеет типичную двухуровневую структуру (OLT+ONU) оптической сети доступа. OLT - Терминал (окончание) оптической линии находится на станции, выполняет обработку протоколов, транспортировку и распределение потоков информации услуг. ONU - Оптический сетевой блок находится на стороне сети доступа и служит для предоставления абонентам доступа к сети. OLT и ONU соединяются через оптическую систему передачи, OLT управляет ONU. OLT может иметь доступ к нескольким ONU.

ONU-F01D1000 представляет собой стив устанавливаемого вне (см.рис.3.11). помещения оборудования интегрального доступа средней ёмкости и высокой плотности, максимум 1200 внутренних линий при коэффициенте сходимости между внутренними и внешними линиями до

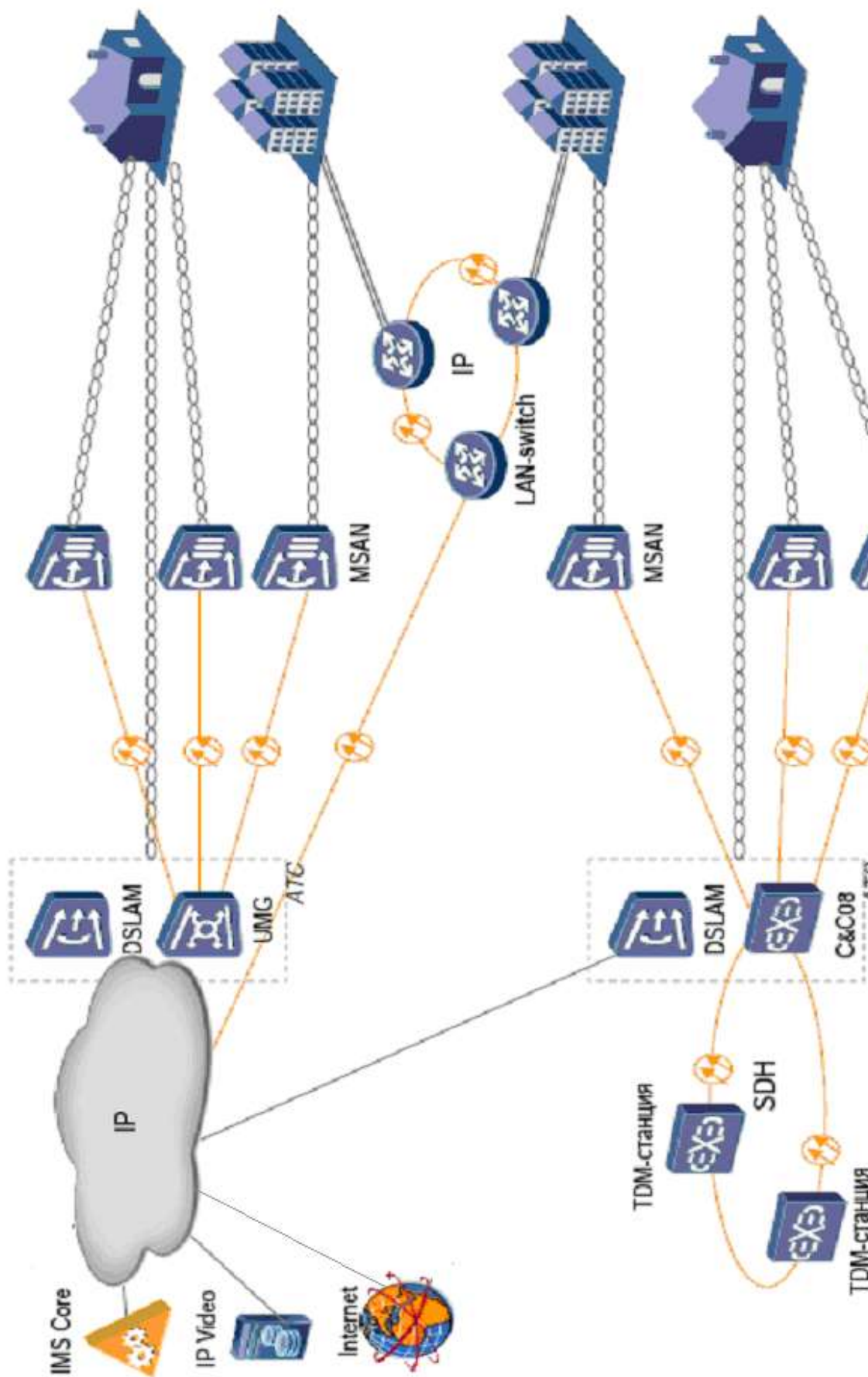


Рис.3.10. Вариант построения сети с использованием MSAN

1:1,5. ONU-F01D1000 может предоставлять интегральные узкополосные и широкополосные услуги, имеет размеры 1650 мм (высота) x 1900 мм (ширина) x 550 мм (глубина).

На рис.3.11 показан внешний вид MSAN ONU-F01D1000, на рис.3.12 приведена архитектура системы MSAN ONU-F01D1000.

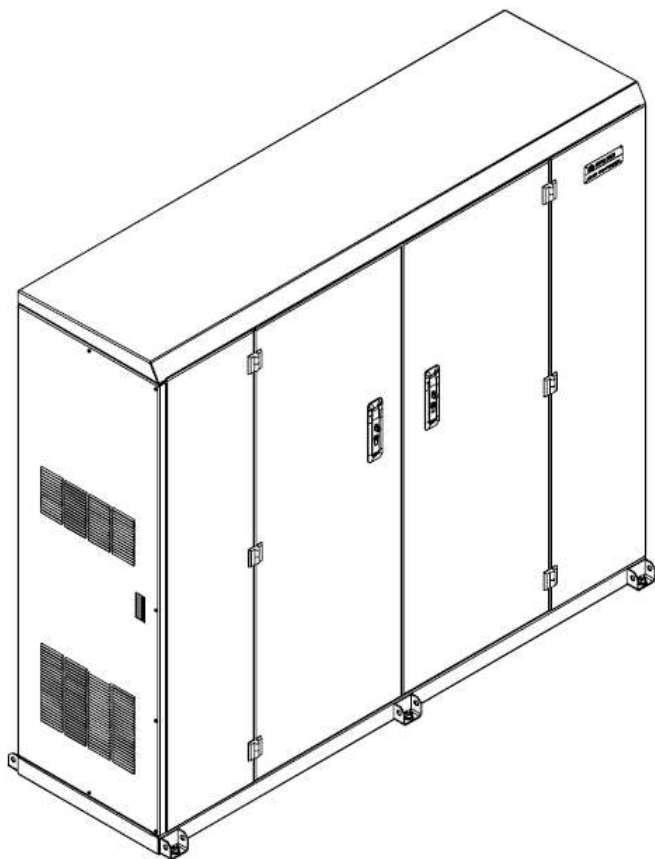


Рис.3.11. Внешний вид MSAN ONU-F01D1000

Контейнер имеет следующее содержимое:

- встроенное оборудование питания (устройство грозозащиты, система питания, аккумуляторная батарея),
- полка услуг, оборудование передачи,
- MDF,
- оптический кросс ODF,
- цифровой кросс DDF,
- оборудование терморегулирования (кондиционер или теплообменник)

MSAN ONU-F01D1000 поддерживаемые интерфейсы – интерфейс ТфОП (POTS), базовый доступ ISDN (2B+D); первичный доступ ISDN (30B+D); E1; ADSL, SHDSL (TDM/ATM), VDSL, IMA E1, E3.

ONU-F01D1000 оборудуется гибридным блоком передачи, поддерживающим несколько способов построения сети – «цепь», «дерево», «звезда», «кольцо» и «кольцо с ответвлениями», «касательные» и «пересекающиеся кольца». MSAN может связываться с любой станцией по стандартному интерфейсу V5, либо связываться с терминалом



Рис.3.12. MSAN архитектура системы

оптической линии (OLT) средствами частного протокола или протокола V5, подключаться к широкополосной магистральной сети ATM через интерфейсы восходящего направления VP Ring, STM-1 ATM и IMA E1, может подключаться к широкополосной магистральной сети IP по интерфейсам восходящего направления Gigabit Ethernet/Fast Ethernet.

Следующим этапом развития MSAN является шлюз мультисервисного доступа – Multiservice Access Gateway MSAG, полностью адаптированный под IP сеть. Рассмотрим MSAG ZXMSG5200 фирмы ZTE. MSAG поддерживает следующие протоколы:

- H.248 или MGCP
- Real time transport protocol RTP/RTCP
- кодеки G.711, G.729, G.723.1.
- доступ к широкополосным интерфейсам ADSL/ADSL2+, VDSL, SHDSL и Ethernet
- поддержка сервисов ТфОП, ISDN, факсимильной связи, интерфейсов V.5 и xDSL.

Ёмкость MSAG ZXMSG5200 – 1856 аналоговых АЛ, 928 пользователей ADSL, минимум портов 240VoIP. MSAG поддерживает кодеки G.711, G.729a, G.723.1. В MSAG введена поддержка функций Hair-pin и self-switch.

На рис.3.14. показана структура полок MSAG. В полке имеются следующие платы:

- ICS: Integrated Control and Switching Card – плата управления и

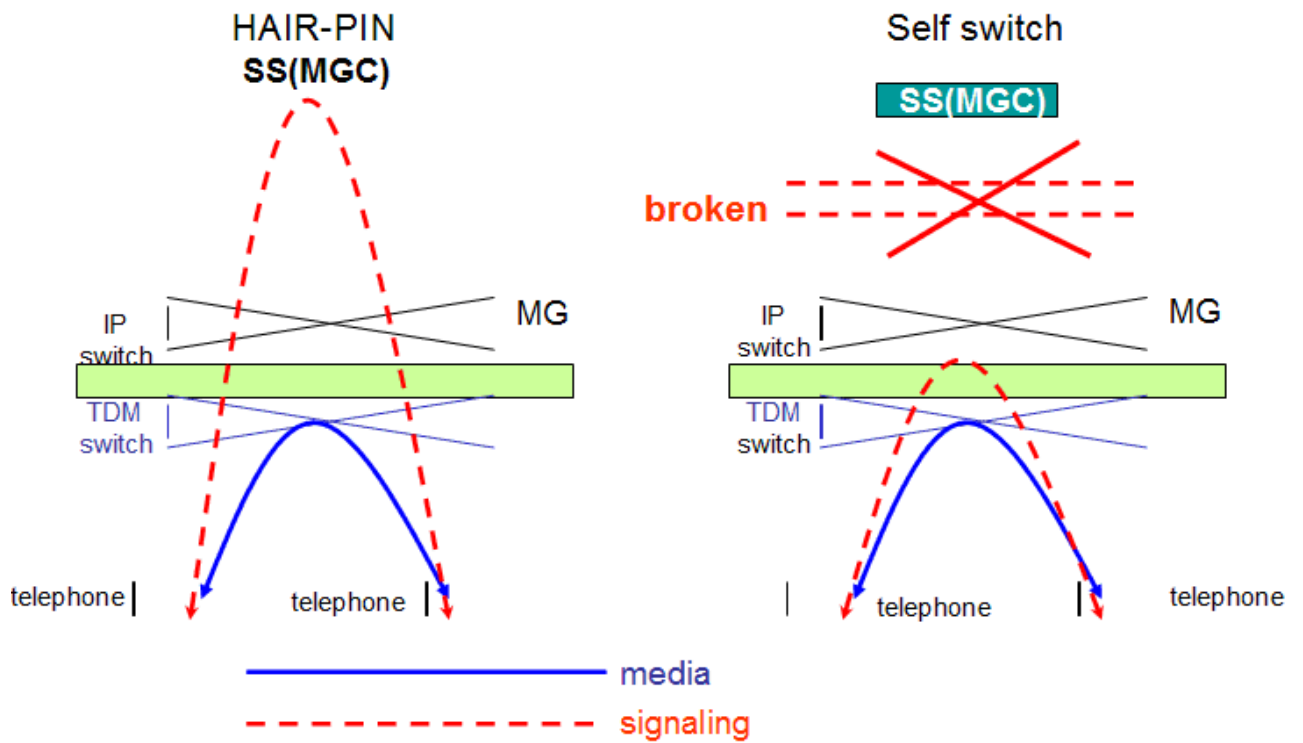


Рис.3.13. Функции Hair-pin и self-switch

- коммутации
- MPR: Packet Processing and Resource Card – плата пакетной обработки и распределения ресурсов
- ULC: user line card – плата абонентской линии
- TSLC :narrowband subscriber test card – плата тестирования узкополосной АЛ

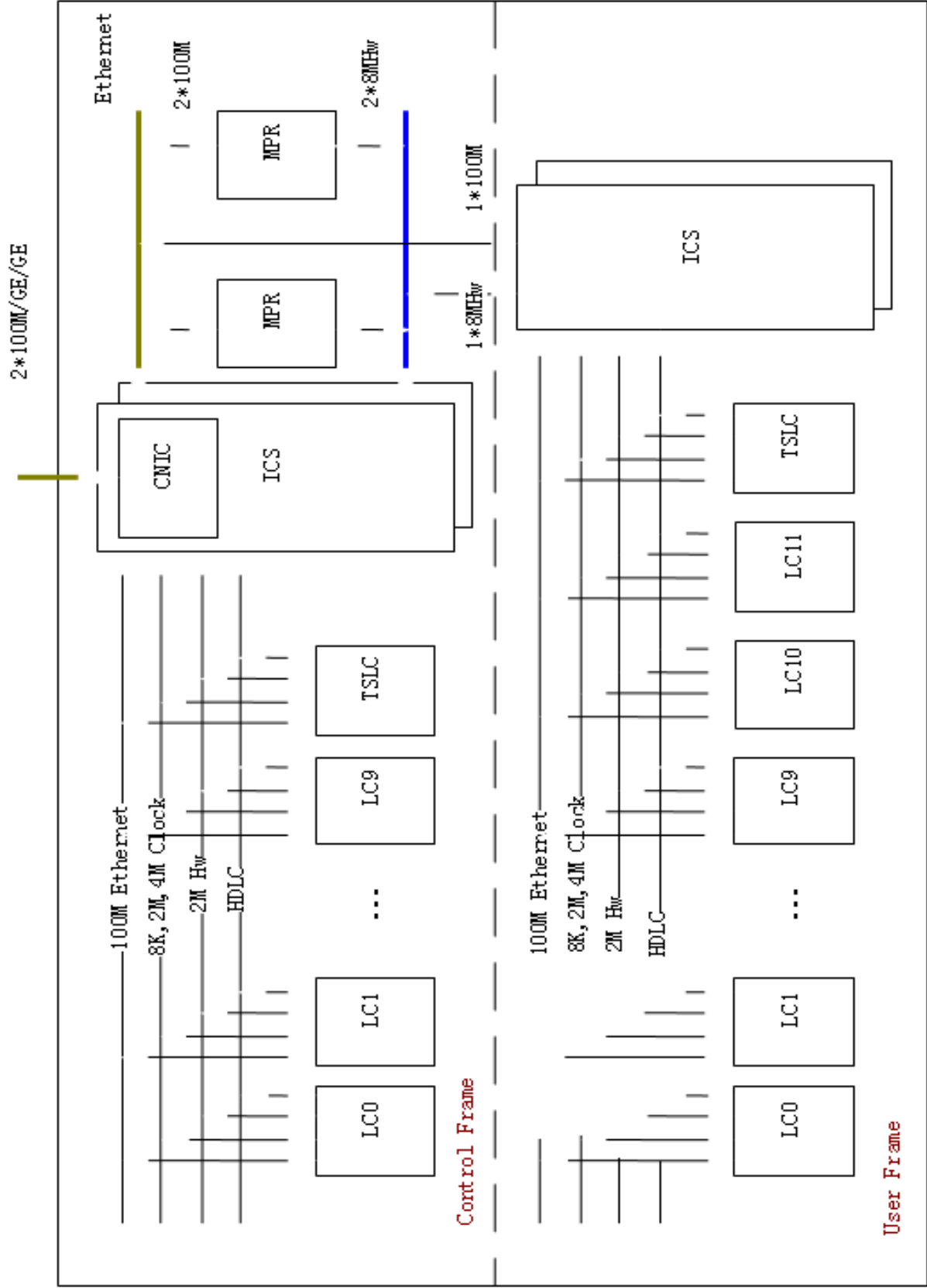


Рис. 3.14. Структура полки MSAG

3.4. Развитие сети доступа на базе оборудования mini-MSAN (FTTB-xDSL)

Более продвинутым решением является решение сети доступа на базе оборудования mini-MSAN, в котором будет использована комбинация технологий FTTB-xDSL (см.рис.3.15).

Технические характеристики:

- Кратчайшее расстояние до абонента – высокое качество НЧ телефонии
- Целесообразно использовать VDSL2 со скоростью 80-100Мбит/с
- Возможность миграции к GPON, FTTB

Предоставляемые услуги

- Multi-Play
- Поддержка всех дополнительных услуг, предоставляемых NGN
- Для корпоративных клиентов предоставление интерфейсов FE, E1, ISDN BRI PRI

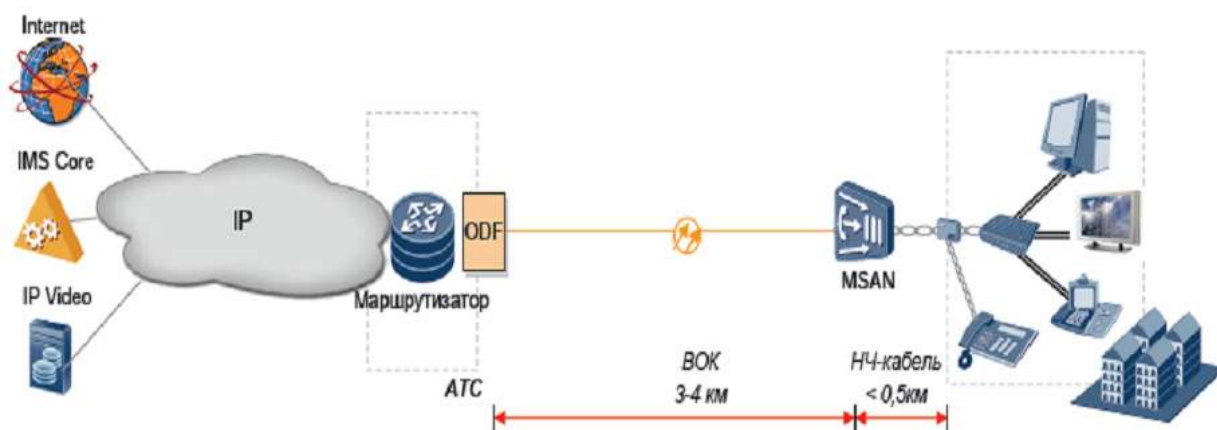


Рис. 3.15. Развитие сети доступа на базе оборудования mini-MSAN (FTTB-xDSL)

- Использование в качестве УАТС

Однако с финансовой точки зрения необходимо отметить:

- Высокая первоначальная стоимость внедрения ШПД
- Экономия средств из-за отсутствия магистрального медного кабеля
- Ultra Broadband и Multiplay исключительные услуги для рынка – максимальная прибыль

Технология используется для построения распределённой сети оператора, ориентированного на полный спектр IP услуг с максимальной защитой инвестиций.

Контрольные вопросы

1. Что такое сеть доступа?

2. Для чего необходима модернизации сети доступа? Какие варианты модернизации сети доступа предлагаются?
3. Каково назначение технологии xDSL?
4. Какие существуют типы технологий xDSL?
5. Что такое DSLAM?
6. Что такое BRAS?
7. Какова зависимость скорости передачи ADSL модема от параметров линии?
8. В чем заключаются особенности построения перспективных телекоммуникационных сетей?
9. Какие требования предъявляются к современному оборудованию на телекоммуникационных сетях?

Список используемой литературы

1. Broadband Network Architectures designing and deploying Triple-play services. Chris Hellberg, Dylan Greene, Truman Boyes. Pearson Education 2007.
2. Крук Б.И. и др. Телекоммуникационные системы и сети. - М.: Горячая линия – Телеком, 2004
3. Росляков А.В. Сети следующего поколения NGN. - Эко-Трендз, 2008. - 424с.
4. Материалы курса «Высокоскоростные сети связи»
<http://www.INTUIT.ru>

Тема 4,5: Услуги широкополосных сетей

План:

1. Услуги Triple-Play – видеовызов, услуги передачи данных, голосовые услуги.
2. Широкополосные мультимедийные приложения.
3. Сети хранения данных, облачные сети.

Ключевые слова: Triple play, VoIP-платформы, IMS, DSLAM, BRAS, AAA-сервер, DNS/ENUM-сервер, ТВ-контент, IP-телевидение, облачные вычисления.

4.1. Услуги Triple-Play – видеовызов, услуги передачи данных, голосовые услуги

4.1.1. Общее описание услуги Triple-Play

Концепция Triple Play предлагает использовать для предоставления услуг единую структуру мультисервисной сети, которая включает транспортную сеть и сеть доступа. Одни и те же услуги могут оказываться одновременно и опираются на домашнюю сеть Ethernet, абонентские сети ADSL, и оптические сети PON\FTTx.

Термин Triple Play обозначает принцип предоставления трех услуг: высокоскоростного доступа в интернет, передачи голоса и видео.

Технические аспекты Triple Play охватывают массу технологий — от эффективного кодирования и сжатия видеосигнала до расширения каналов доступа и обеспечения быстрого переключения ТВ-каналов конечным пользователем (переход его из одной группы многоадресного вещания в другую).

Внедрение решений Triple Play, с одной стороны, позволяет добавить услуги передачи видео и различного вида контент-услуг к голосовым услугам и передаче данных операторов/провайдеров, что не только предоставляет абонентам возможность пользоваться традиционными услугами сетей кабельного телевидения, но и новые и уникальные сервисы, доступные только в интернет-сети. В частности, связанные с интерактивностью (обратная связь с абонентом) услуги Triple Play.

С другой стороны, внедрение Triple Play позволяет участникам рынка повысить рентабельность своих услуг, ведет к повышению прибыльности за счет увеличения ARPU от предоставления пакетов новых услуг, получения дополнительного дохода от рекламы и ТВ-коммерции, удовлетворить растущие потребности абонентов, и, как следствие, снизить их отток, а также ускорить возврат инвестиций в строительство широкополосных сетей.

Импульс для дальнейшего развития Triple Play придает платформа мультимедийной подсистемы на базе IP протокола (IMS), предоставляющая абонентам возможность получать персонализированные услуги в едином пакете в удобной для них форме и даже оптимизировать эти расходы, получать единый счет и пользоваться единой сервисной службой, но уже вне зависимости от нахождения абонента.

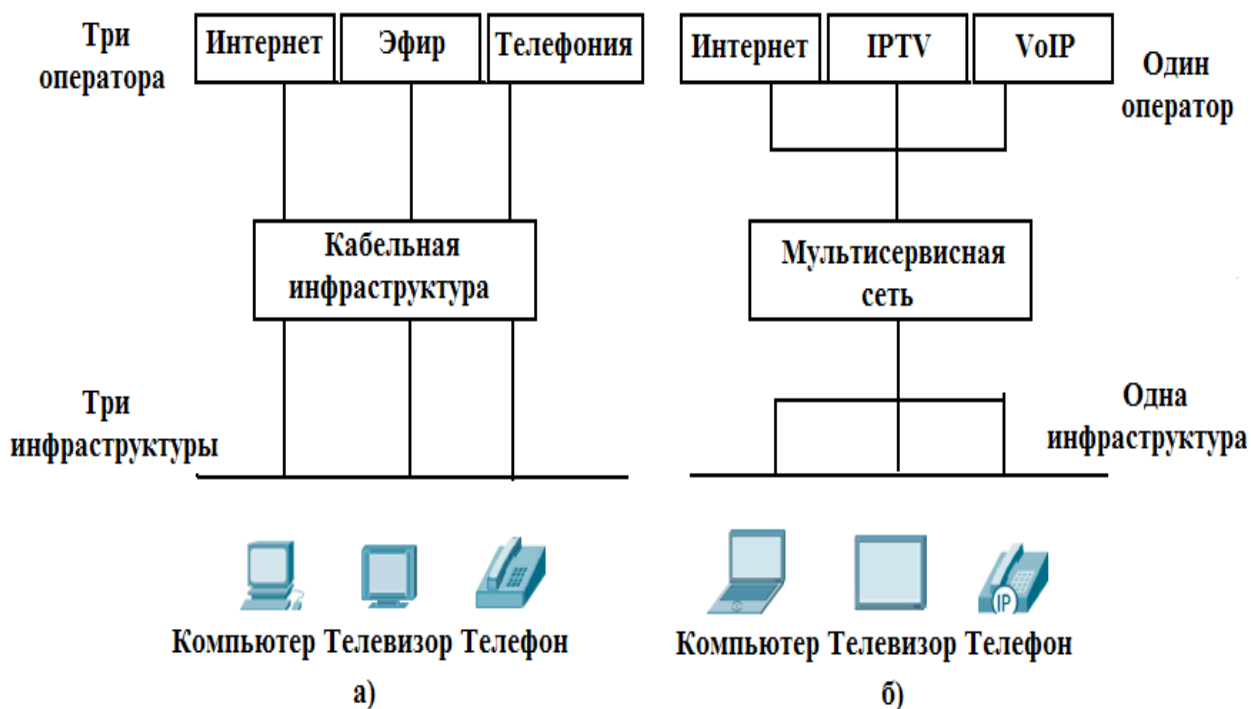


Рис.4.1. Модели инфраструктуры традиционных сетей доступа

Первоначально для этого предполагалось использовать одну инфраструктуру сетей доступа и единую транспортную сеть для всех возможных услуг связи (рис.4.1,а). Концепция Triple Play предлагает использовать для предоставления всех указанных на рисунке услуг единую инфраструктуру мультисервисной сети NGN, включающую транспортную сеть и сеть доступа. В концепции Triple Play впервые была предложена процедура декомпозиции/композиции услуг (рис.4.2). В соответствии с этой концепцией предложено использовать триаду как набор базовых услуг. Любая услуга, которая может быть реализована в сети, проходит процедуру декомпозиции, т.е. разделение на три базовых услуги. Затем три услуги поступают в сеть и передаются по линии клиент-сервер или клиент-клиент (peer - to - peer). Для этого задействуются все три основных уровня, обеспечивающих предоставление услуг (уровень доступа, уровень транспорта и уровень управления). На приемной стороне три составляющих услуги объединяются, что можно трактовать как процедуру композиции или восстановления услуги. В результате клиент получает услугу в ее планируемом виде. Уровень услуг разделяется на два подуровня. На верхнем подуровне находятся все существующие и

перспективные, но пока не реализованные услуги связи, а на нижнем только три услуги триады. Поскольку именно триада ближе всего к сети, решения уровня услуг оказываются унифицированными. Механизм предоставления услуг в концепции Triple Play создается один раз. Для этого

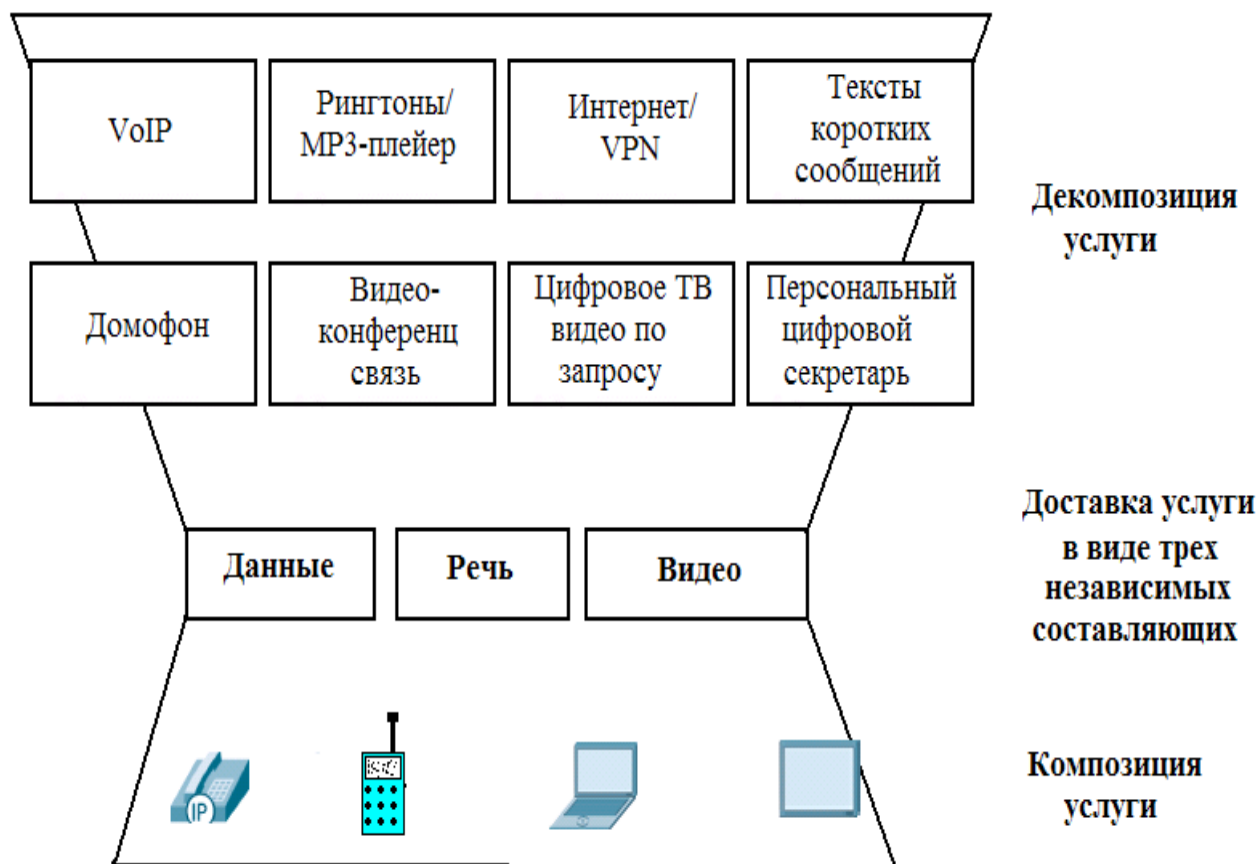


Рис.4.2. Композиция и декомпозиция услуг концепции Triple Play

оператор должен реализовать на сети всевозможные механизмы предоставления трех базовых услуг. Новые услуги отличаются друг от друга только последовательностью композиции и декомпозиции.

Предложенные механизмы предоставления Triple Play гарантируют, что любой новый алгоритм композиции и декомпозиции может быть внедрен на сети. Концепция Triple Play оказывается открыта к будущим модификациям стратегии развития услуг.

4.1.2. Виды услуг Triple Play

Услуги Triple Play включают:

- Высокоскоростной доступ в интернет.
- Услуги телефонной связи.
- Телевизионное и радиовещание.

- Услуги платных ТВ-программ – платные видеоканалы PPV (Pay Per View).
- "Видео по запросу" VoD (Video on Demand).
- Трансляция со сдвигом по времени (Time Shifted TV).
- "Отложенный просмотр".
- Персональный видеоманитон (PVR).
- Аудио-по-запросу (AoD).
- "Интерактивные сервисы".
- Телевизионная реклама и маркетинг.
- Телевизионная коммерция.
- ТВ-банк (TV banking).
- Видеотелефония и видеоконференцсвязь.
- "Образовательные программы".
- Услуга мгновенных сообщений.
- Телевизионная электронная почта.
- Дополнительные интерактивные инфоуслуги.

4.1.3. Реализация услуги “высокоскоростной доступ в интернет”

При реализации услуги “высокоскоростной доступ в интернет”, абоненты получают доступ ко всем ресурсам интернета на ПК или непосредственно на телевизоре, а также к дополнительным сервисам (почта, хостинг, и т.д.). Доступ к сети интернет с телевизора является удобным и экономичным средством, особенно для абонентов, которые не располагают персональным компьютером. В связи с отличием формирования изображения в телевизорах и ПК, доступ в интернет осуществляется через специальный портал оператора (Walled Garden).

В качестве примера рассмотрим предоставление услуги “высокоскоростной доступ в интернет” с созданием домашней сети на базе маршрутизатора ZXV10 H201(ZTE). Маршрутизатор ZXV10 H201(ZTE) – это сетевой шлюз, который может быть установлен в качестве центра домашней сети, предназначенный для доступа к сети Интернет и данным различными путями, а также обеспечивает пользователей домашней сети и малого офиса услугами голосовой, факсимильной службы и IP-телевидения (рис.4.2).

Основные свойства маршрутизатора:

- доступ к сети Интернет через асимметричные цифровые абонентские линии (ADSL/ADSL2/ADSL2+);
- обеспечение IP-телефонии (VoIP) и факсимильной связи (FoIP);
- обеспечение проводного и беспроводного доступа к сети Интернет (LAN/WLAN);
- передача маршрутизация и передача пакетов по сети Интернет;
- обеспечение качества обслуживания служб VoIP/FoIP;



Рис.4.2. Применение маршрутизатора ZXV10 H201 (ZTE)

- поддержка межсетевого экрана (firewall) и функций контроля доступа, их секретности для домашних сетей и малых офисов;
- простота в установлении и использовании;
- дружелюбный интерфейс для оператора для управления устройствами и службами.

На рис.4.3 приведена общая схема организации беспроводной сети сегмента домашней сети (SOHO) с использованием сервера аутентификации (RADIUS), на рис.4.4 – схема организации беспроводной сети сегмента SOHO с использованием удаленного сервера авторизации.

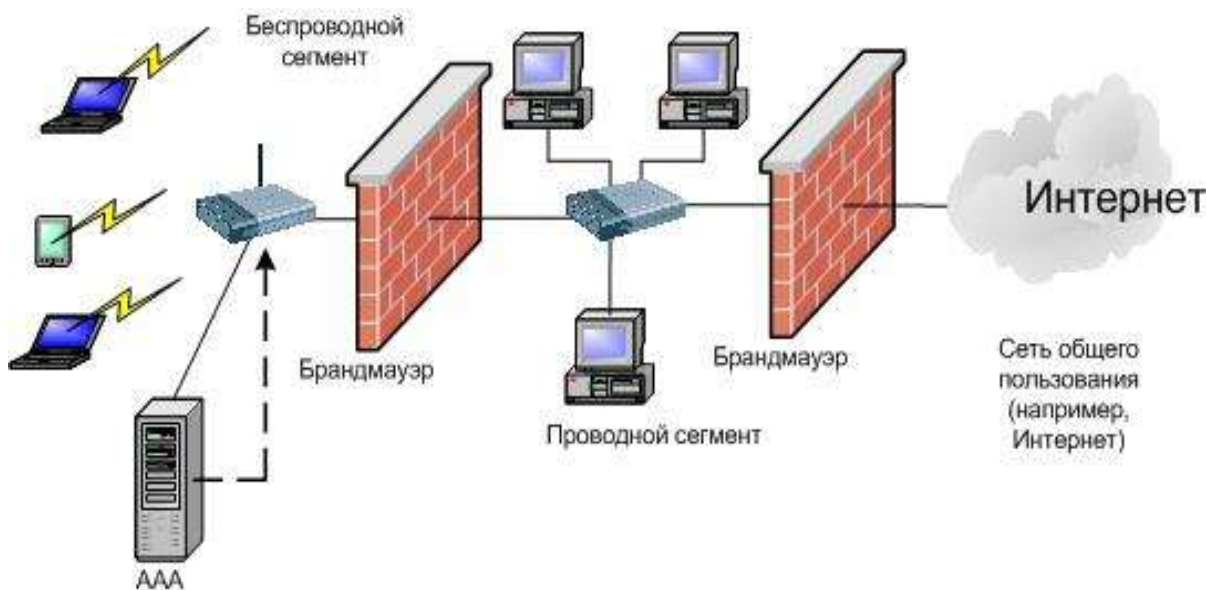


Рис.4.3. Схема организации беспроводной сети сегмента SOHO

с использованием сервера аутентификации (RADIUS)

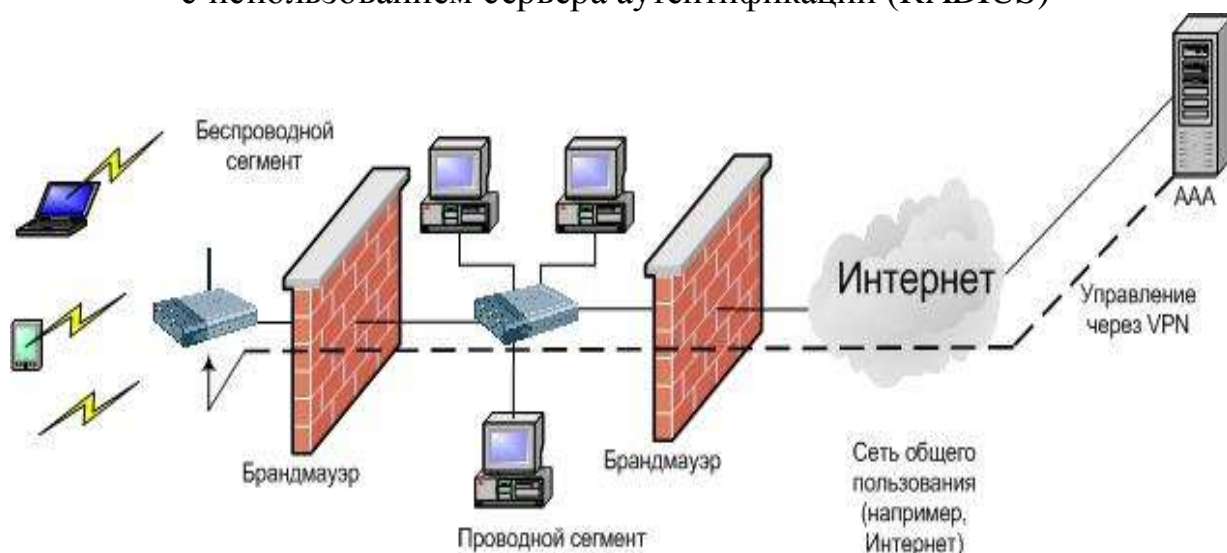


Рис.4.4. Схема организации беспроводной сети сегмента SOHO с использованием удаленного сервера авторизации

Схема организации сети для высокоскоростного доступа в Интернет при использовании в домашней сети маршрутизатора ZXV10 H201 (ZTE) приведена на рис.4.5.

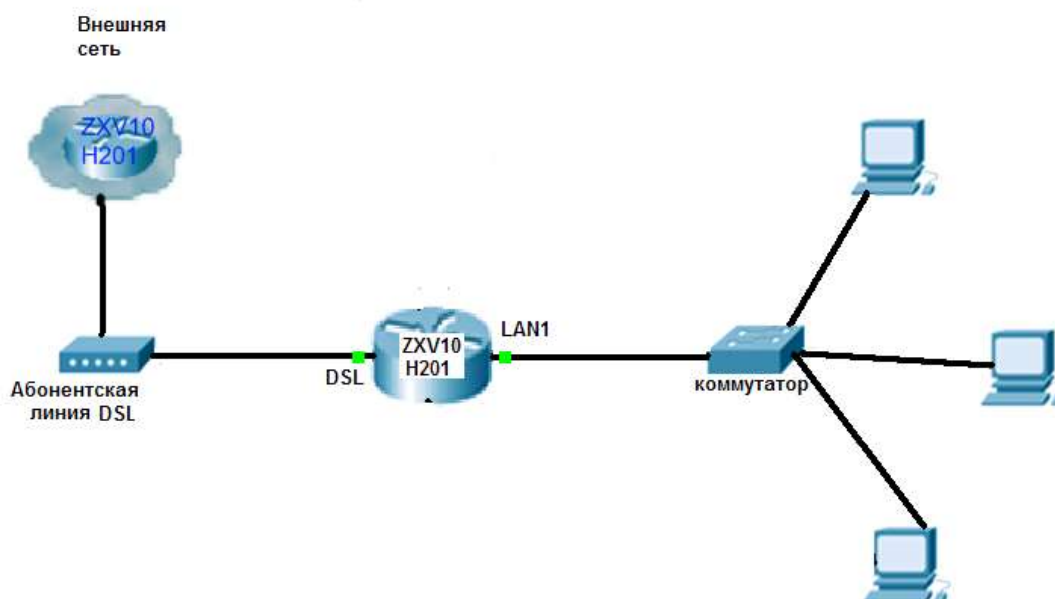


Рис.4.5. Схема организации SOHO сети для Интернет доступа

При организации схемы интернет доступа используются порты маршрутизатора DSL и LAN1. К порту DSL подключается абонентская линия клиента, через нее пользователи SOHO сети получают доступ к внешним ресурсам сети Интернет. К порту LAN1 подключается switch, а к нему рабочие станции пользователей SOHO сети. Доступ к ресурсам сети будет осуществляться по цепочке рабочая станция пользователя – вход switch – выход switch – порт LAN1 коммутатора ZXV10 H201 (ZTE) – порт

DSL – абонентская линия клиента – сервер доступа провайдера – внешняя сеть Интернет.

При расширении функций работы в Интернет маршрутизатор может поддерживать функции файл сервера.

Схема организации сети для высокоскоростного доступа в Интернет для использования функций файл-сервера приведена на рис.4.6. При организации схемы интернет доступа используются порты маршрутизатора DSL, LAN1, LAN2. К порту DSL подключается абонентская линия клиента, через нее пользователи SOHO сети получают доступ к внешним ресурсам сети Интернет. К порту LAN1 подключается switch, а к нему рабочие станции пользователей SOHO сети. К порту LAN2 подключается файл-сервер SOHO сети. Доступ к ресурсам файл-сервера сети будет осуществляться по цепочке рабочая станция пользователя-вход switch-выход switch-порт LAN1 коммутатора ZXV10 H201 (ZTE)-порт LAN2-файл-сервер.

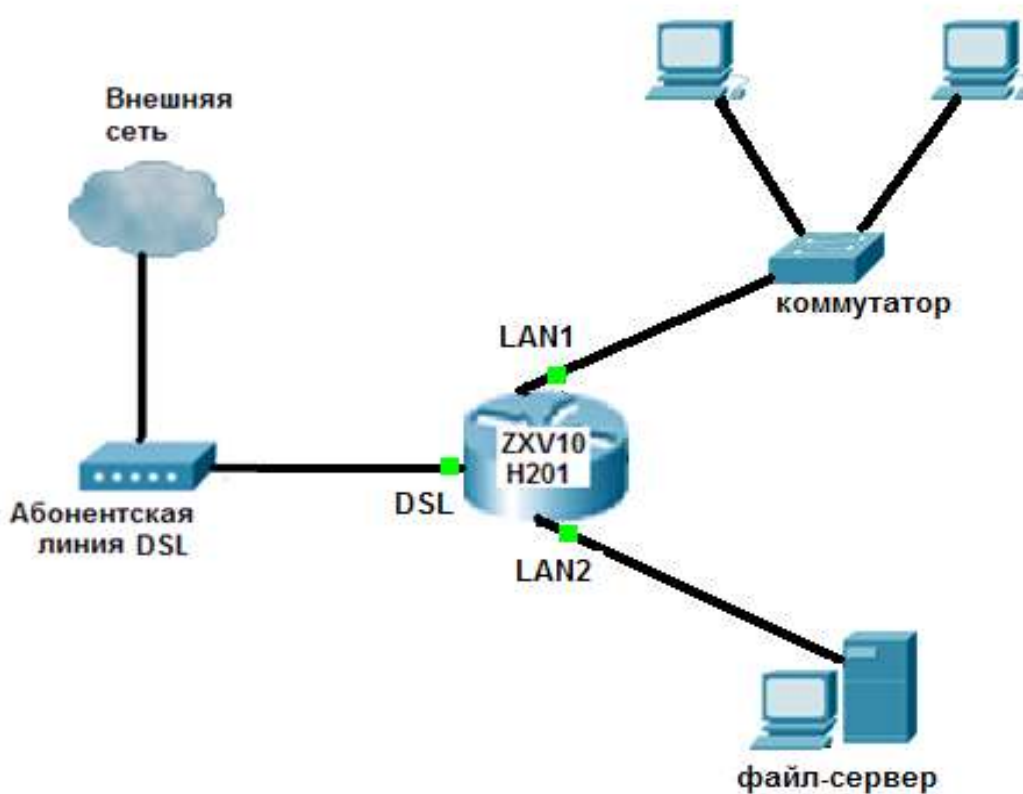


Рис.4.6. Схема организации SOHO сети для использования файл-сервера

4.1.4. Реализация услуги “телефонная связь”

При реализации услуги “телефонная связь”- IP-телефония и/или местная связь, пользователям предоставляется не только осуществление голосовой связи, но и целый набор дополнительных услуг, таких как информация о телефонных вызовах (на экране ТВ отображаются данные о вызовах), телефонная книга и автоматический номеронабиратель, АОН и

др (см.рис.4.7).



Рис.4.7. Структура офисной связи на базе IP

Схема организации сети для поддержки IP-телефонии приведена на рис.4.8. При организации схемы поддержки IP-телефонии используются порты маршрутизатора DSL, LAN1, LAN2, Phone1, Phone2. К порту DSL подключается абонентская линия клиента, через нее пользователи SOHO сети получают доступ к внешним ресурсам сети Интернет. К порту LAN2 подключается switch, а к нему рабочие станции пользователей SOHO сети. К порту LAN1 подключен компьютер, который управляет маршрутизатором. Существуют два варианта цепочек использование голосовых услуг сети:

Вариант1: станция пользователя – вход switch – выход switch – порт LAN2 маршрутизатора ZXV10 H201 (ZTE) – порт DSL – абонентская линия клиента – сервер доступа провайдера IP-телефонии – внешняя сеть ТфОП или сеть провайдера IP-телефонии.

Вариант 2: IP-телефон/аналоговый телефон пользователя – порт Phone1/Phone2 маршрутизатора ZXV10 H201 – порт DSL – абонентская линия клиента – сервер доступа провайдера IP-телефонии – внешняя сеть ТфОП или сеть провайдера IP-телефонии.

Схема организации сети для беспроводного доступа приведена на

рис.4.9. При организации схемы поддержки IP-телефонии используются

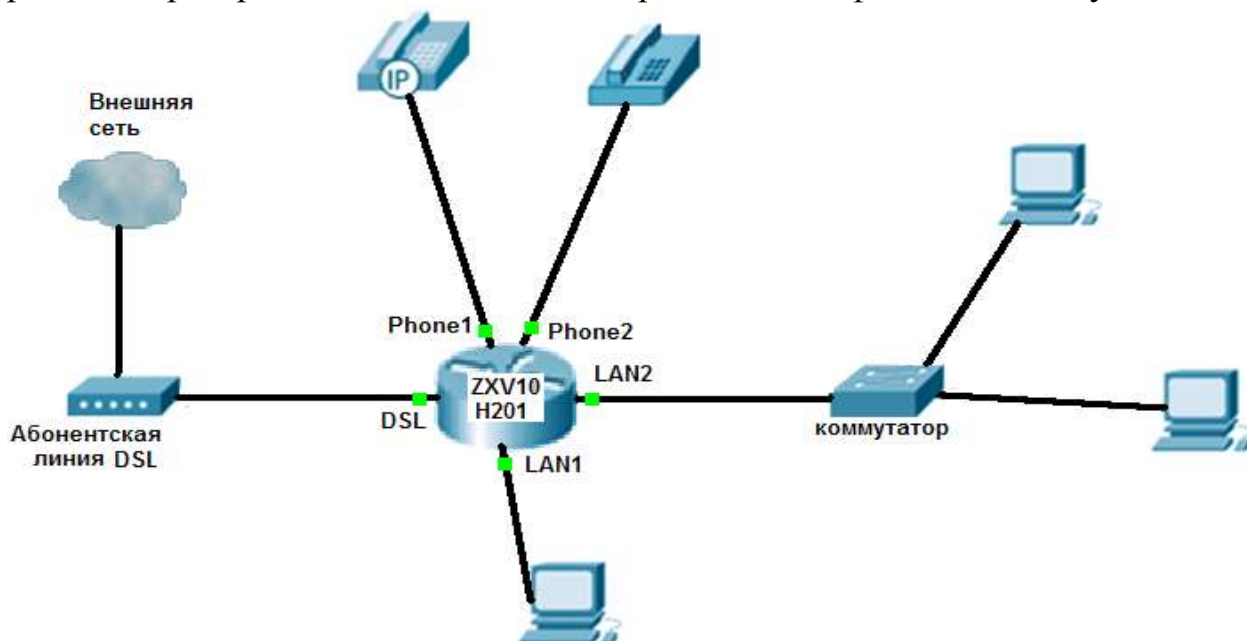


Рис.4.8. Схема организации SOHO сети для поддержки IP-телефонии

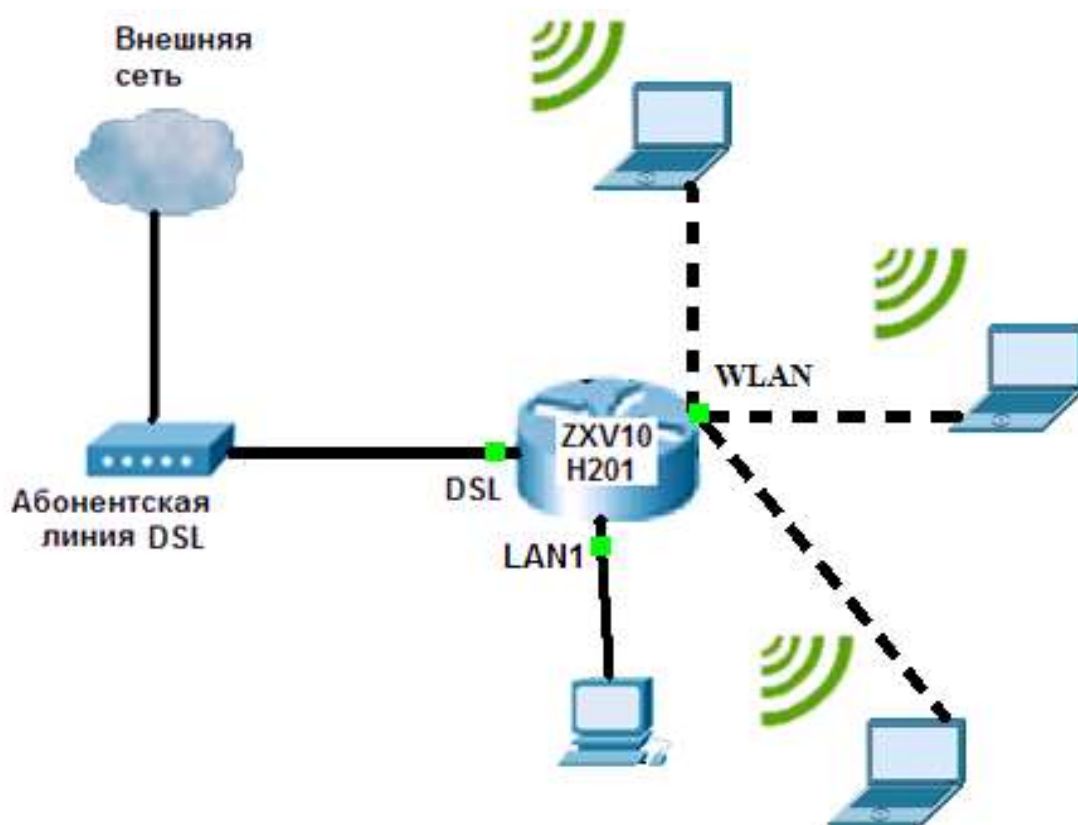


Рис.4.9. Схема организации SOHO сети для беспроводного доступа

порты маршрутизатора DSL и LAN1. К порту LAN1 подключен компьютер, который настраивает маршрутизатор для беспроводного доступа рабочих станций к ресурсам сети интернет. Рабочая станция пользователя- беспроводный Wi-Fi канал по интерфейсу IEEE 802.11 –

точка доступа Wi-Fi порт маршрутизатора.

5.1. Широкополосные мультимедийные приложения

Услуга “телевизионное и радиовещание” является ярким примером из категории широкополосные мультимедийные приложения.

Услуга “телевизионное и радиовещание” представляют собой онлайн-трансляции телевизионных и радиоканалов на телевизоры или ПК. На рис.5.1 приведена общая архитектура сети для реализации услуги IPTV. На рис.5.2 показана распределительная сеть на основе технологии FTTH компании SureWest для реализации услуги IPTV.

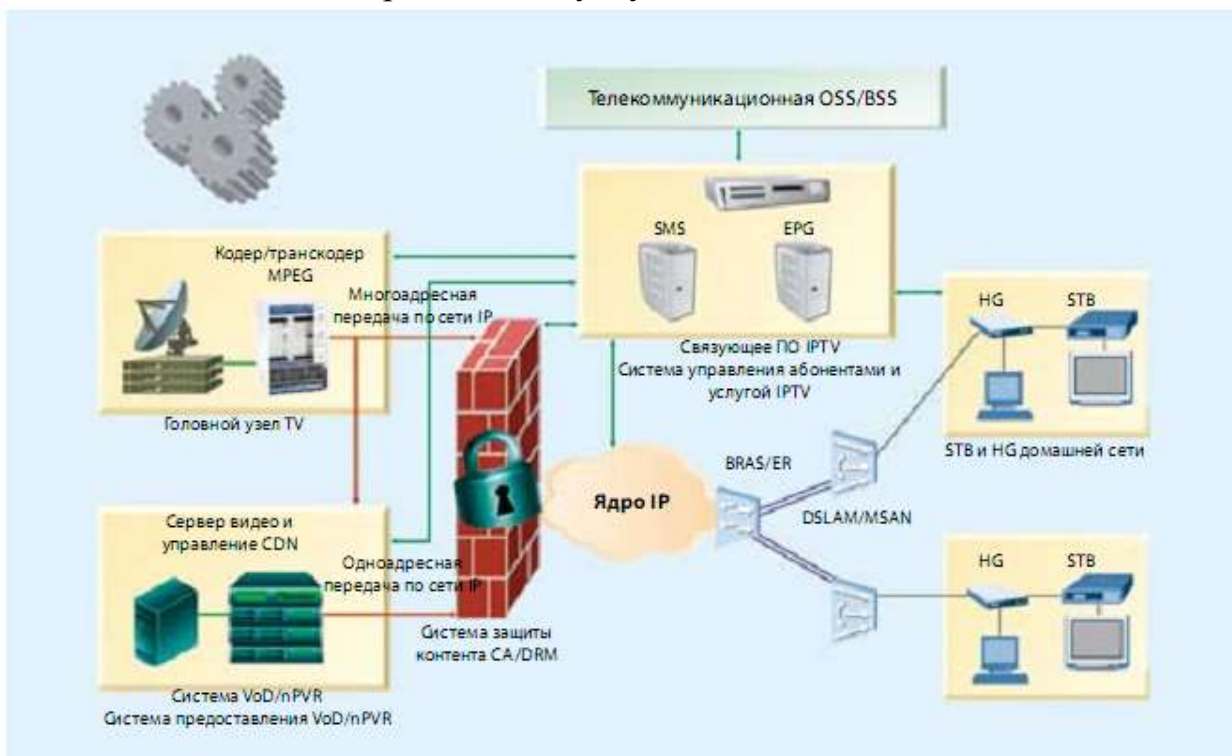


Рис.5.1. Архитектура IPTV

Передача пакетов телевизионных программ по запросу абонентов, в том числе и программ телевидения высокой четкости HDTV (High-Definition Television). Для передачи сигнала HDTV скорость потока должна быть в три—пять раз больше, чем для передачи стандартного ТВ-канала. Если применяется кодек MPEG-2, то трансляция стандартного телевизионного сигнала потребует скорости передачи 3-4 Мбит/с, а трансляция сигнала HDTV – 16-20 Мбит/с. При использовании более эффективного кодека MPEG-4 обычный ТВ-канал можно “уложить” в полосу 2Мбит/с, а канал HDTV — в полосу 5 Мбит/с. Таким образом, доставку HDTV-телевидения по обычной медной линии способна обеспечить не только “короткодействующая” VDSL2, но и “дальнобойная” ADSL2+. Эта технология на линии длиной 1,5 км способна поддерживать скорость до 20Мбит/с. При увеличении длины линии до 2 км скорость падает до 10-12Мбит/с. Помимо DSL-технологий, для реализации концепции Triple Play применяют и другие технологии доступа, в том

числе Ethernet, пассивные оптические сети (PON), скоростные

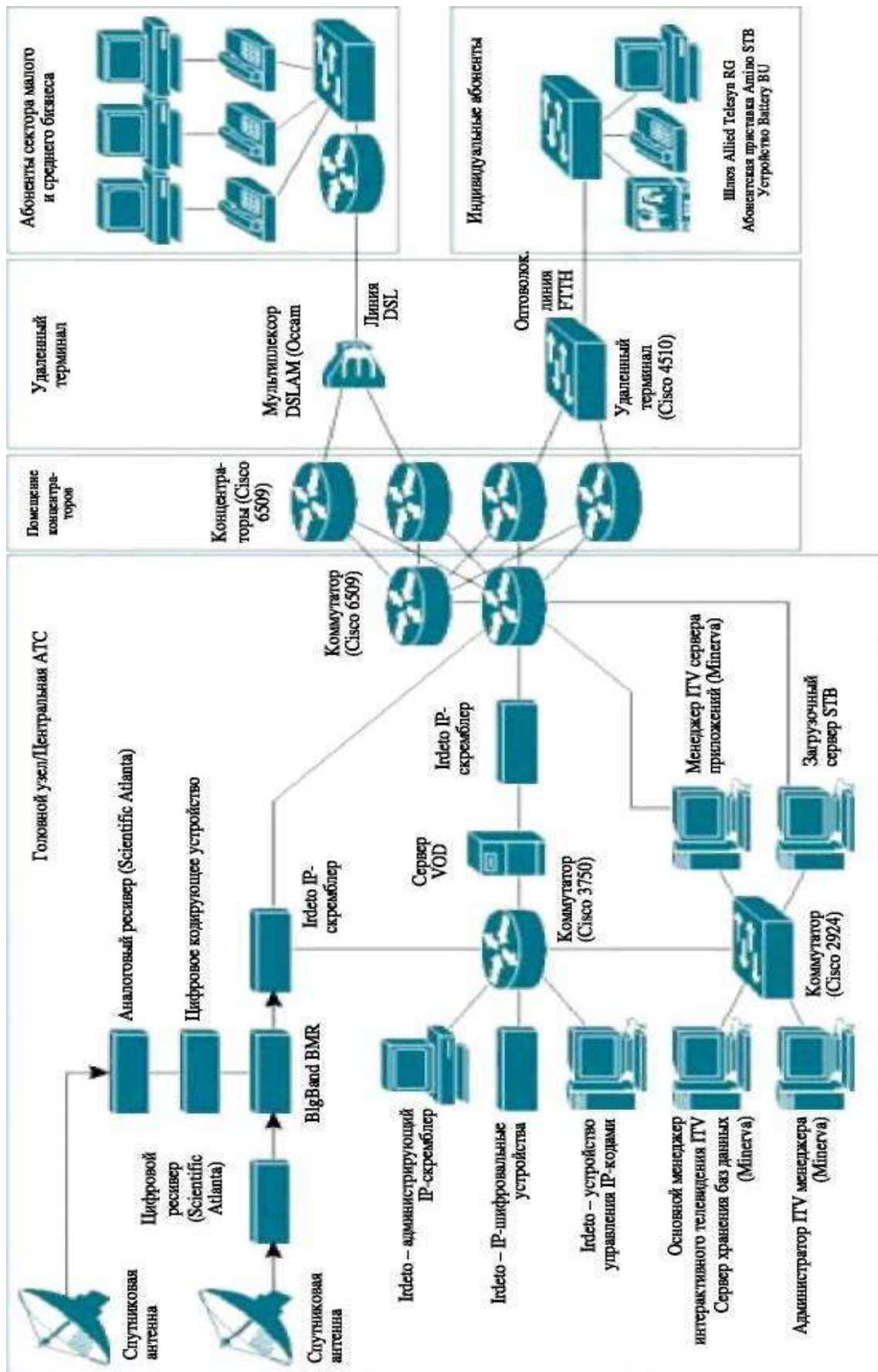


Рис.5.2. Распределительная сеть с FTTH компании SureWest

беспроводные технологии типа WiMAX, доступ по линиям электропередач и др.

При реализации услуги “платные ТВ-программ” – платные видеоканалы PPV (Pay Per View) абонентам предоставляется популярный контент: новые фильмы, спортивные события, развлекательные программы).

Услуга “видео по запросу” (VoD - Video on Demand) предоставляет выбор абонентами видеоконтента с сервера провайдера, когда можно вызвать на свой телевизионный экран любой новый или любимый фильм. Прямо с экрана телевизора абонент смотрит анонсы, заказывает просмотр фильма и тут же начинает его смотреть. Одной из разновидностей услуги VoD является SVOD (Subscription Video On Demand) – видео по подписке. Возможна, например, выборочная подписка на ТВ-программы или на премьеры фильмов, подписка на определенные периоды просмотра и т. п.

Услуга “трансляция со сдвигом по времени” (Time Shifted TV) подразумевает демонстрацию каналов/программ с задержкой на определенный промежуток времени (предварительно производится их запись и хранение в сети)

При реализации услуги “отложенный просмотр” на экране телевизора нажатием одной кнопки можно начать запись текущей ТВ программы и продолжить просмотр с того места, где абонент вынужден был отвлечься.

При реализации услуги “персональный видеоманитфон (PVR)”- виртуальный сетевой персональный видеоманитфон абонент может назначить время начала и окончания записи любого выбранного ТВ-канала или прямо в EPG планирует запись телепрограммы для того, чтобы просмотреть ее в удобное время.

Услуга “аудио-по-запросу” (AoD) предоставляет абонентам выбор аудиоконтента с сервера провайдера – загрузка аудиофайлов и аудиоархив из сетевой библиотеки на свои устройства и сохранение их на сетевом сервере библиотеки.

Услуга “интерактивные сервисы” включает в себя интерактивные игры (GoD), голосования, рейтинги и т. д. Абоненты могут играть в игры на экране телевизора с помощью своих пультов дистанционного управления (игры с компьютером, когда вторым игроком выступает сетевой сервер или телевизионная приставка, интерактивные сетевые игры, дающие абонентам возможность взаимодействовать и играть с другими абонентами сети и т. п.).

При реализации услуги “телевизионная реклама и маркетинг” операторы получают дополнительные доходы, в том числе и от рекламодателей, которые хотят продвигать свою продукцию целевой аудитории. Услуга адресной рекламы позволяет абонентам сразу же выполнять поиск и приобретение различных категорий товаров, получать о них подробную информацию, фотографию или видеоролик. В любой момент времени можно абсолютно достоверно сказать о числе абонентов,

которые смотрят ту или иную программу. Можно эффективно управлять показом рекламы в любом месте, для любой целевой аудитории.

Услуга “телевизионная коммерция” позволяет абонентам не выходя из дома заказывать различные товары у сторонних продавцов, связанных договором с провайдером услуг.

При реализации услуги “ТВ-банк” (TV banking) абонента имеет доступ к персональному банковскому счету.

Услуга “видеотелефония и видеоконференцсвязь” позволяет абонентам в процессе общения видеть другого участника телефонного разговора и проводить многосторонние переговоры.

Услуга “образовательные программы” позволяет обеспечить диалог с преподавателем в реальном времени, провести обучение и тестирование, дает абоненту неограниченные возможности по совершенствованию собственных знаний путем доступа ко множеству учебных курсов и учебников.

Услуга “мгновенных сообщений” позволяет абонентам обмениваться текстовыми сообщениями (чат) с другими абонентами, абоненты могут также составлять и отсылать текстовые сообщения (SMS) на мобильные телефоны.

При реализации услуги “телевизионная электронная почта” абонентам предоставляется доступ к своим почтовым ящикам.

Дополнительные интерактивные инфоуслуги включают доступ к онлайн-аукционам, биржевым сводкам, проведение различных голосований, ежедневные гороскопы, советы, и т. п.

Помимо вышеперечисленных услуг существуют и другие услуги: информация о погоде, расширенный спортивный контент, телевизионные лотереи и ставки, новости и местная информация, сетевой фотоальбом (для централизованного хранения изображений абонента), дистанционное медицинское обслуживание и телемедицина, удаленный контроль за безопасностью жилища, удаленное управление бытовыми приборами и др.

Контрольные вопросы

1. Что обозначает термин Triple Play?
2. Какие услуги входят в состав Triple Play?
3. Как классифицируются виды услуг Triple Play?
4. Каким образом происходит реализация услуги «высокоскоростной доступ в интернет»?
5. Как реализуется услуга «телефонная связь»?
6. Что входит в состав понятия «широкополосные мультимедийные приложения»?
7. Каково назначение VoIP-платформ ?
8. Каково назначение DSLAM?
9. Каково назначение BRAS ?
10. Каково назначение AAA-сервера?

11. Каково назначение DNS/ENUM-сервера?
12. Что входит в понятие ТВ-контент?

Список используемой литературы

1. Broadband Network Architectures designing and deploying Triple-play services. Chris Hellberg, Dylan Greene, Truman Boyes. Pearson Education 2007.
2. Packet Broadband Network Handbook. The McGraw-Hill Companies. 2004
3. Садчикова С.А. IP-ТЕЛЕФОНИЯ. Учебное пособие для студентов специальностей 5А522202, 5А522203, 5А522205, 5А522216. Ташкент. ТУИТ.2008
4. Ершов В.А., Кузнецов Н.А., Мультисервисные сети. МГГУ Н.Е Баумана 2003 г
5. Материалы курса «Программное обеспечение узлов коммутации (ПОУК)» <http://www.teic.uz/dlnet>
6. Материалы курса «IP-телефония» <http://www.teic.uz/dlnet>

Тема 6: Протоколы услуг широкополосной сети – протокол RTP, RTCP

План:

1. Принципы пакетной передачи речи.
2. Виды соединений в сети IP-телефонии.
3. Принцип пакетной передачи речи на примере сценария IP-телефонии "компьютер-компьютер".
4. Структура протоколов RTP и RTCP.
5. Типы речевых кодеков

Ключевые слова: IP-телефония, голос по IP-сетям (Voice over IP - VoIP), Интернет-телефония, стек протоколов TCP/IP, пакетная передача речи, IP дейтаграмма, UDP дейтаграмма, RTP и RTCP протоколы, оценка MOS (Mean Opinion Score).

6.1. Разница понятий IP-телефония, Voice over IP – VoIP, Интернет-телефония

В технической литературе используются три основных термина для обозначения технологии передачи речи по сетям с пакетной коммутацией на базе протокола IP (Internet Protocol):

- IP-телефония (IP Telephony);
- голос по IP-сетям (Voice over IP - VoIP);
- Интернет-телефония (Internet Telephony).

Под IP-телефонией будем понимать технологию, позволяющую использовать любую сеть с пакетной коммутацией на базе протокола IP (например - сеть Интернет) в качестве средства организации и ведения международных, междугородных и местных телефонных разговоров и передачи факсов в режиме реального времени.

За рубежом технология передачи голосовой информации с использованием протокола IP имеет устоявшееся название Voice over IP (VoIP). В отношении сервисов и технологий между IP-телефонией и VoIP нет никакой разницы. Различные производители могут предпочитать один или другой термин либо использовать их в равной степени. С точки же зрения сетевых решений «IP-телефония», безусловно, - термин более содержательный, так как она реализуется не только на уровне каналов передачи (как глобальных, так и локальных), но и на уровне абонентского оборудования и, что немаловажно, учрежденческих автоматических телефонных станций (УАТС). Последнее действительно означает фактическую интеграцию телефонии в ее привычном понимании и IP-сетей.

Интернет-телефония - это частный случай IP-телефонии, когда в

качестве каналов передачи пакетов телефонного трафика либо от абонента к оператору, либо на магистрали (либо на обоих названных участках) используются обычные каналы сети Интернет.

6.2. Принципы пакетной передачи речи

«Классические» телефонные сети основаны на технологии коммутации каналов (рис. 6.1), которая для каждого телефонного разговора

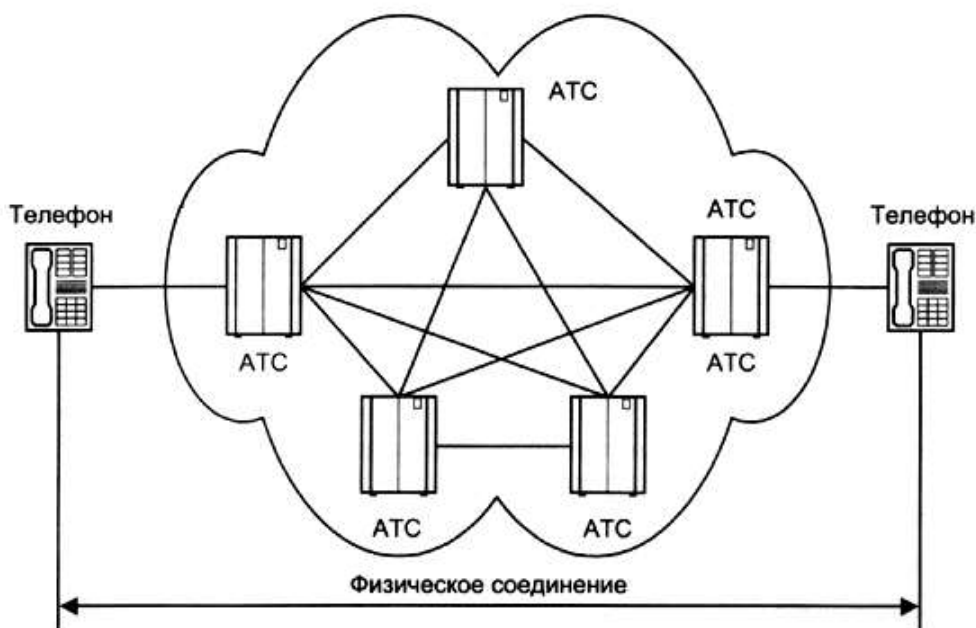


Рис. 6.1. Соединение в «классической» телефонной сети

требует выделенного физического соединения. Следовательно, один телефонный разговор представляет собой одно физическое соединение телефонных каналов. В этом случае аналоговый сигнал шириной 3,1 кГц передается на ближайшую АТС, где он мультиплексируется по технологии временного разделения с сигналами, которые поступают от других абонентов, подключенных к этой АТС. Далее групповой сигнал передается по сети межстанционных каналов. Достигнув АТС назначения, сигнал демultipлексируется и доходит до адресата. Основным недостатком телефонных сетей с коммутацией каналов является неэффективное использование полосы канала — во время пауз в речи канал не несет никакой полезной нагрузки.

Переход от аналоговых к цифровым технологиям стал важным шагом для возникновения - современных цифровых телекоммуникационных сетей. Одним из таких шагов в развитии цифровой телефонии стал переход к пакетной коммутации. В сетях пакетной коммутации по каналам связи передаются единицы информации, которые не зависят от физического носителя. Такими единицами могут быть пакеты, кадры или ячейки (в зависимости от протокола), но в любом случае они передаются по

разделяемой сети (рис.6.2), более того - по отдельным виртуальным каналам, не зависящим от физической среды. Каждый пакет идентифицируется заголовком, который может содержать информацию об используемом им канале, его происхождении (т.е. об источнике или отправителе) и пункте назначения (о получателе или приемнике).

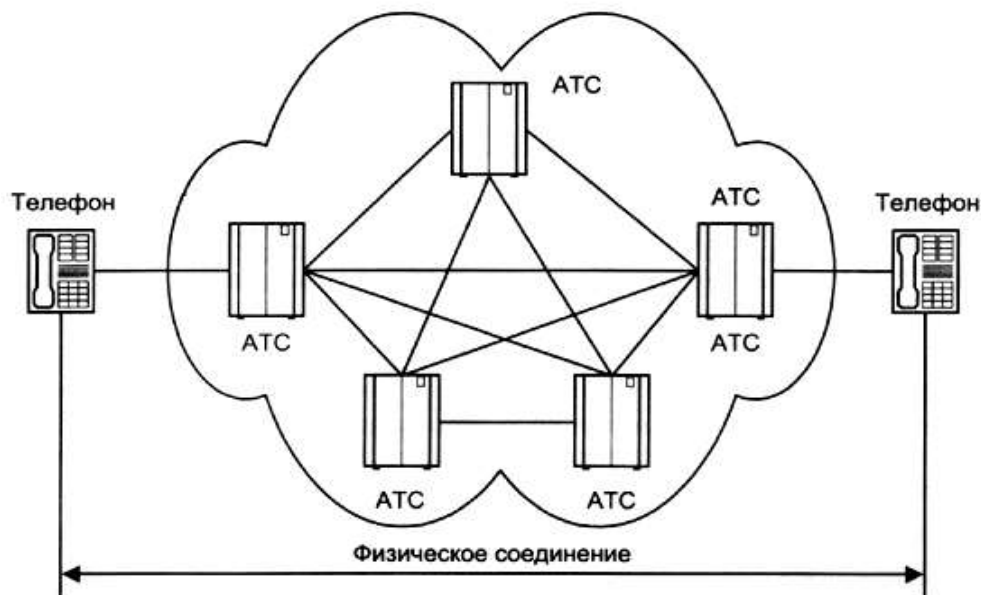


Рис. 6.2. Соединение в сети с коммутацией пакетов

В сетях на основе протокола IP все данные - голос, текст, видео, компьютерные программы или информация в любой другой форме - передаются в виде пакетов. Любой компьютер и терминал такой сети имеет свой уникальный IP-адрес, и передаваемые пакеты маршрутизируются к получателю в соответствии с этим адресом, указываемом в заголовке. Данные могут передаваться одновременно между многими пользователями и процессами по одной и той же линии. При возникновении проблем IP-сети могут изменять маршрут для обхода неисправных участков. При этом протокол IP не требует выделенного канала для сигнализации. Процесс передачи голоса по IP-сети состоит из нескольких этапов.

На первом этапе осуществляется оцифровка голоса. Затем оцифрованные данные анализируются и обрабатываются с целью уменьшения физического объема данных, передаваемых получателю. Как правило, на этом этапе происходит подавление ненужных пауз и фонового шума, а также компрессирование.

На следующем этапе полученная последовательность данных разбивается на пакеты и к ней добавляется протокольная информация - адрес получателя, порядковый номер пакета на случай, если они будут доставлены не последовательно, и дополнительные данные для коррекции ошибок. При этом происходит временное накопление необходимого количества данных для образования пакета до его непосредственной отправки в сеть.

Извлечение переданной голосовой информации из полученных пакетов также происходит в несколько этапов. Когда голосовые пакеты приходят на терминал получателя, то сначала проверяется их порядковая последовательность. Поскольку IP-сети не гарантируют время доставки, то пакеты со старшими порядковыми номерами могут прийти раньше, более того, интервал времени получения также может колебаться. Для восстановления исходной последовательности и синхронизации происходит временное накопление пакетов. Однако некоторые пакеты могут быть вообще потеряны при доставке, либо задержка их доставки превышает допустимый разброс. В обычных условиях приемный терминал запрашивает повторную передачу ошибочных или потерянных данных. Но передача голоса слишком критична ко времени доставки, поэтому в этом случае либо включается алгоритм аппроксимации, позволяющий на основе полученных пакетов приблизительно восстановить потерянные, либо эти потери просто игнорируются, а пропуски заполняются данными случайным образом.

Полученная таким образом (не восстановленная) последовательность данных декомпрессируется и преобразуется непосредственно в аудио-сигнал, несущий голосовую информацию получателю.

Таким образом, с большой степенью вероятности, полученная информация не соответствует исходной (искажена) и задержана (обработка на передающей и приемной сторонах требует промежуточного накопления). Однако в некоторых пределах избыточность голосовой информации позволяет мириться с такими потерями.

В настоящее время в IP-телефонии существует два основных способа передачи голосовых пакетов по IP-сети:

- через глобальную сеть Интернет (Интернет - телефония);
- используя сети передачи данных на базе выделенных каналов (IP-телефония).

В первом случае полоса пропускания напрямую зависит от загруженности сети Интернет пакетами, содержащими данные, голос, графику и т.д., а значит, задержки при прохождении пакетов могут быть самыми разными. При использовании выделенных каналов исключительно для голосовых пакетов можно гарантировать фиксированную (или почти фиксированную) скорость передачи. Ввиду широкого распространения сети Интернет особый интерес вызывает реализация системы Интернет-телефонии, хотя следует признать, что в этом случае качество телефонной связи оператором не гарантируется.

Для того, чтобы осуществить междугородную (международную) связь с помощью телефонных серверов, организация или оператор услуги должны иметь по серверу в тех местах, куда и откуда планируются звонки.

Основным сдерживающим фактором на пути масштабного внедрения IP-телефонии является отсутствие в протоколе IP механизмов обеспечения гарантированного качества услуг, что делает его пока не самым надежным транспортом для передачи голосового трафика. Сам протокол IP не

гарантирует доставку пакетов, а также время их доставки, что вызывает такие проблемы, как «рваный голос» и просто провалы в разговоре. Сегодня эти проблемы решаются: организации по стандартизации разрабатывают новые протоколы, производители выпускают новое оборудование, но на этом уровне дела с совместимостью и стандартизацией обстоят уже не так хорошо, как с «упаковкой» речи в пакеты. Заметим, что если в рамках частной корпоративной сети некоторая потеря качества голосовой связи при сильной загруженности ресурсов вполне терпима при условии, что средний показатель будет вполне удовлетворительным, то в случае сети общего пользования все намного серьезнее.

6.3. Виды соединений в сети IP-телефонии

Сети IP-телефонии предоставляют возможности для вызовов четырех основных типов:

- «От телефона к телефону» (рис.6.3).

Вызов идет с обычного телефонного аппарата к АТС, на один из выходов которой подключен шлюз IP-телефонии, и через IP-сеть доходит до другого шлюза, который осуществляет обратные преобразования.

Сценарий «телефон-телефон» в значительной степени отличается от остальных сценариев IP-телефонии своей социальной значимостью, поскольку целью его применения является предоставление обычным абонентам ТфОП альтернативной возможности междугородной и международной телефонной связи. В этом режиме современная технология

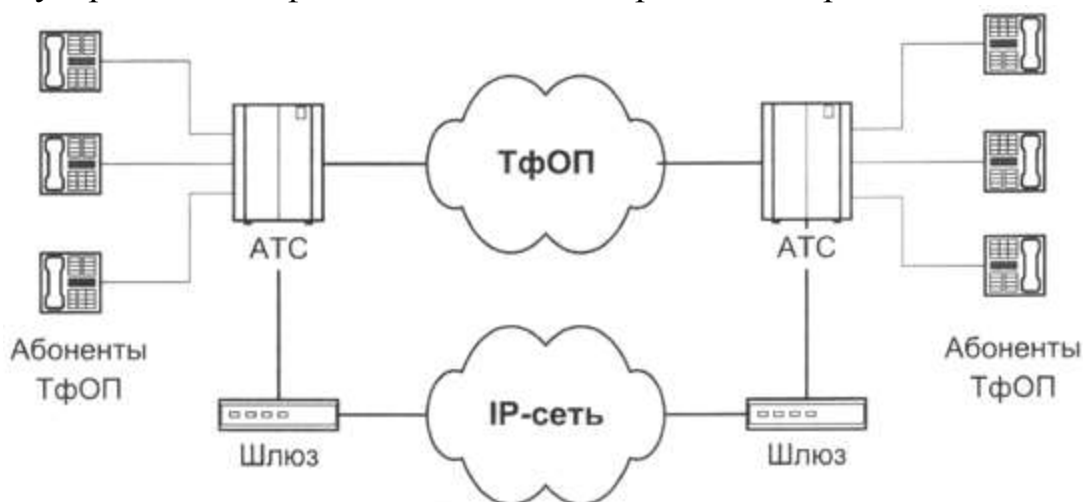


Рис. 6.3. Схема связи «телефон-телефон»

IP-телефонии предоставляет виртуальную телефонную линию через IP-доступ.

Как правило, обслуживание вызовов по такому сценарию IP-телефонии выглядит следующим образом. Поставщик услуг IP-телефонии подключает свой шлюз к коммутационному узлу или станции ТфОП, а по

сети Интернет

или по выделенному каналу соединяется с аналогичным шлюзом, находящимся в другом городе или другой стране.

Типичная услуга IP-телефонии по сценарию «телефон-телефон» использует стандартный телефон в качестве интерфейса пользователя, а вместо междугородного компонента ТфОП использует либо частную IP-сеть/Intranet, либо сеть Интернет. Благодаря маршрутизации телефонного трафика по IP-сети стало возможным обходить сети общего пользования и, соответственно, не платить за междугородную/международную связь операторам этих сетей.

Следует отметить, что сама идея использовать альтернативные транспортные механизмы для обхода сети ТфОП не является новой. Достаточно вспомнить статистические мультиплексоры, передачу речи по сети Frame Relay или оборудование передачи речи по сети АТМ.

Как показано на рис.6.3, поставщики услуг IP-телефонии предоставляют услуги «телефон-телефон» путём установки шлюзов IP-телефонии на входе и выходе IP-сетей. Абоненты подключаются к шлюзу поставщика через ТфОП, набирая специальный номер доступа. Абонент получает доступ к шлюзу, используя персональный идентификационный номер (PIN) или услугу идентификации номера вызывающего абонента (Calling Line Identification). После этого шлюз просит ввести телефонный номер вызываемого абонента, анализирует этот номер и определяет, какой шлюз имеет лучший доступ к нужному телефону. Как только между входным и выходным шлюзами устанавливается контакт, дальнейшее установление соединения к вызываемому абоненту выполняется выходным шлюзом через его местную телефонную сеть.

Полная стоимость такой связи будет складываться для пользователя из расценок ТфОП на связь с входным шлюзом, расценок Интернет-провайдера на транспортировку и расценок удалённой ТфОП на связь выходного шлюза с вызванным абонентом.

Одним из алгоритмов организации связи по сценарию «телефон-телефон» является выпуск поставщиком услуги своих телефонных карт. Имея такую карту, пользователь, желающий позвонить в другой город, набирает номер данного поставщика услуги, затем в режиме донабора вводит свой идентификационный номер и PIN-код, указанный на карте. После процедуры аутентификации он набирает телефонный номер адресата.

- «От компьютера к телефону» (рис.6.4).

Мультимедийный компьютер, имеющий программное обеспечение IP-телефонии, звуковую плату (адаптер), микрофон и акустические системы, подключается к IP-сети или к сети Интернет, и с другой стороны шлюз IP-телефонии имеет соединение через АТС с обычным телефонным аппаратом.

Следует отметить, что в соединениях 1 и 2 типов вместо телефонных

аппаратов могут быть включены факсимильные аппараты, и в этом случае сеть IP-телефонии должна обеспечивать передачу факсимильных сообщений.

Рассмотрим несколько подробнее пример упрощенной архитектуры системы IP-телефонии по сценарию «телефон-компьютер». При попытке вызвать справочно-информационную службу, используя услуги пакетной телефонии и обычный телефон, на начальной фазе абонент А вызывает близлежащий шлюз IP-телефонии. От шлюза к абоненту А поступает запрос ввести номер, к которому должен быть направлен вызов (например, номер службы), и личный идентификационный номер (PIN) для аутентификации и последующего начисления платы, если это служба,

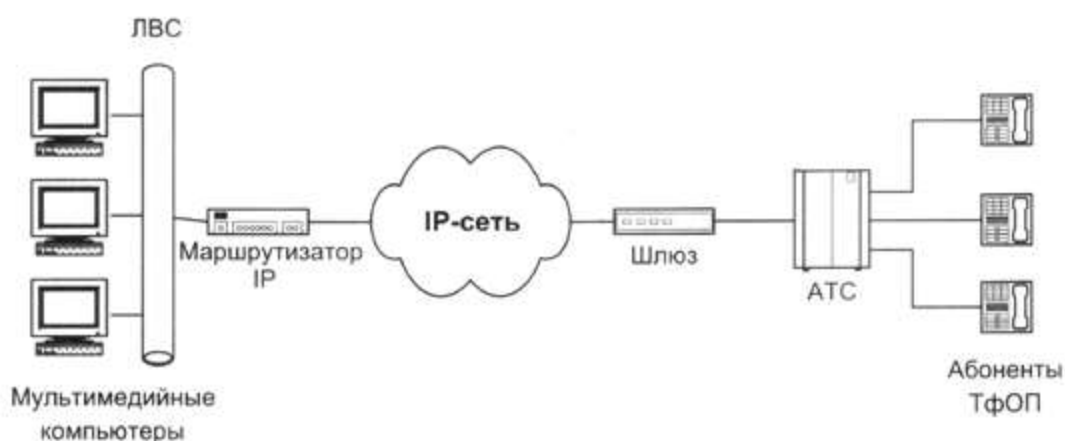


Рис.6.4. Схема связи «компьютер-телефон»

вызов которой оплачивается вызывающим абонентом. Основываясь на вызываемом номере, шлюз определяет наиболее доступный путь к данной службе. Кроме того, шлюз активизирует свои функции кодирования и пакетизации речи, устанавливает контакт со службой, ведет мониторинг процесса обслуживания вызова и принимает информацию о состояниях этого процесса (например, занятость, посылка вызова, разъединение и т.п.) от исходящей стороны через протокол управления и сигнализации. Разъединение с любой стороны передается противоположной стороне по протоколу сигнализации и вызывает завершение установленных соединений и освобождение ресурсов шлюза для обслуживания следующего вызова.

Эффективность объединения услуг передачи речи и данных является основным стимулом использования IP-телефонии по сценариям «компьютер-компьютер» и «компьютер-телефон», не нанося при этом никакого ущерба интересам операторов традиционных телефонных сетей.

- «От компьютера к компьютеру» (рис.6.5).

В этом случае соединение устанавливается через IP-сеть между двумя мультимедийными компьютерами, оборудованными аппаратными и программными средствами для работы с IP-телефонией.

Для поддержки сценария «компьютер - компьютер» поставщику услуг

Интернет желательно иметь отдельный сервер (привратник), преобразующий имена пользователей в динамические адреса IP. Сам сценарий ориентирован на пользователя, которому сеть нужна, в основном, для передачи данных, а программное обеспечение IP-телефонии

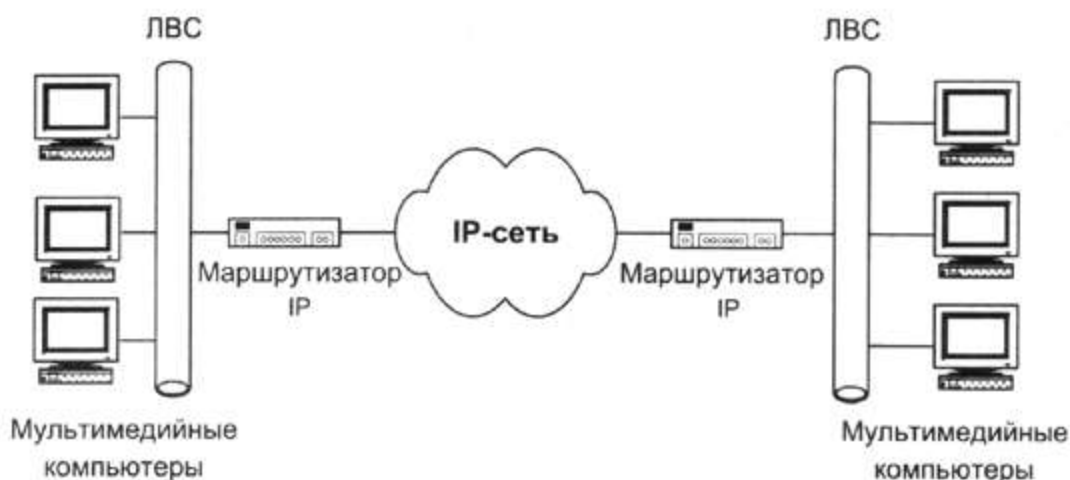


Рис.6.5. Упрощённая схема связи «компьютер-компьютер»

требуется лишь иногда для разговоров с коллегами. При этом между двумя IP-сетями могут использоваться элементы ТфОП, а идентификация вызываемой стороны может осуществляться как на основе E.164, так и на основе IP-адресации.

- «От WEB браузера к телефону» (рис.6.6).

С развитием сети Интернет стал возможен доступ и к речевым услугам. Например, на WEB-странице некоторой компании в разделе «Контакты» размещается кнопка «Вызов», нажав на которую можно осуществить речевое соединение с представителем данной компании без набора телефонного номера. Стоимость такого звонка для вызывающего пользователя входит в стоимость работы в сети Интернет.



Рис.6.6. Схема связи «WEB-браузер - телефон»

6.4. Принцип пакетной передачи речи на примере сценария IP-телефонии "компьютер-компьютер".

Рассмотрим представленный на рис.6.7 сценарий установления соединения «компьютер-компьютер» более подробно.

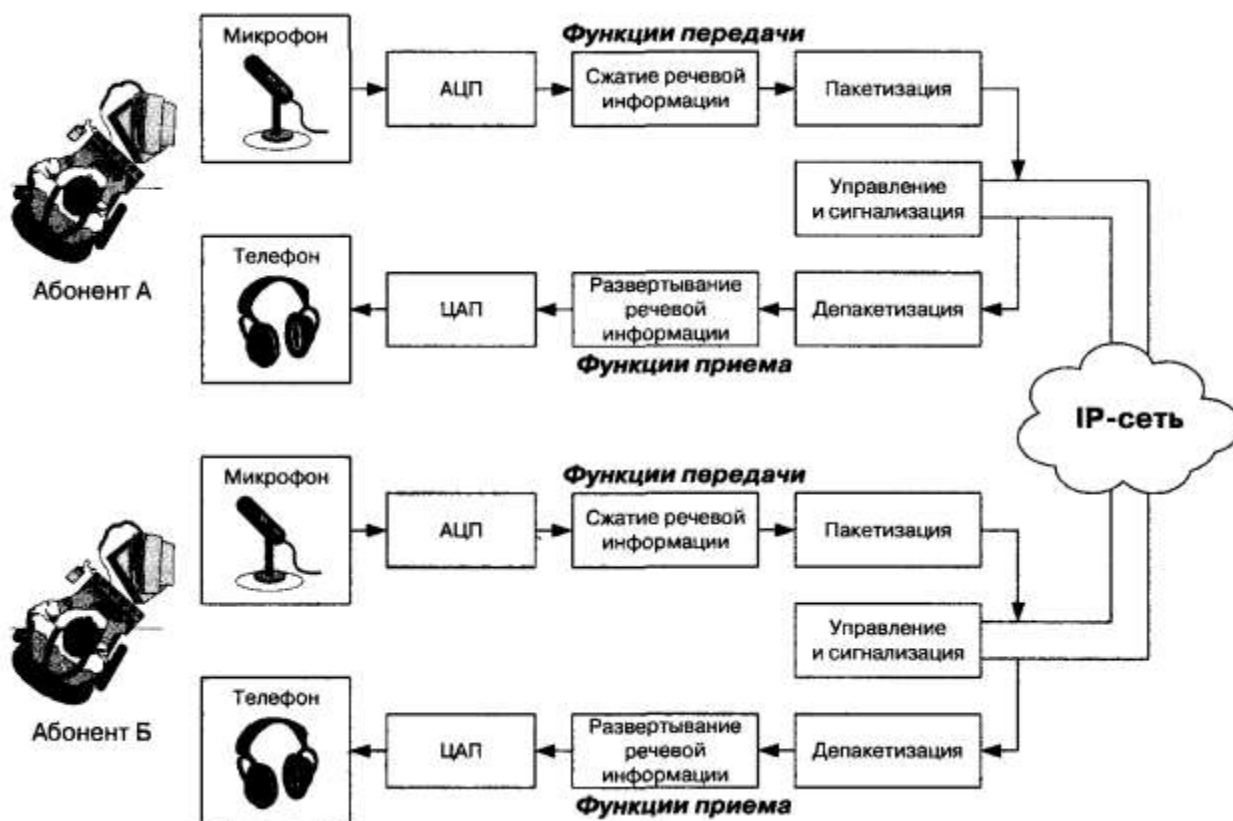


Рис.6.7. Сценарий IP-телефонии "компьютер-компьютер"

Для проведения телефонных разговоров друг с другом абоненты А и Б должны иметь доступ к Интернет или к другой сети с протоколом IP. Предположим, что такая IP-сеть существует, и оба абонента подключены к ней. Рассмотрим возможный алгоритм организации связи между этими абонентами.

1. Абонент А запускает свое приложение IP-телефонии, поддерживающее протокол H.323.
2. Абонент Б уже заранее запустил свое приложение IP-телефонии, поддерживающее протокол H.323.
3. Абонент А знает доменное имя абонента Б элемент системы имен доменов - Domain Name System (DNS), вводит это имя в раздел «кому позвонить» в своем приложении IP-телефонии и нажимает кнопку Return.
4. Приложение IP-телефонии обращается к DNS-серверу (который в данном примере реализован непосредственно в персональном компьютере абонента А) для того, чтобы преобразовать доменное имя

- абонента Б в IP-адрес.
5. Сервер DNS возвращает IP-адрес абонента Б.
 6. Приложение IP-телефонии абонента А получает IP-адрес абонента Б и отправляет ему сигнальное сообщение H.225 Setup.
 7. При получении сообщения H.225 Setup приложение абонента Б сигнализирует ему о входящем вызове.
 8. Абонент Б принимает вызов и приложение IP-телефонии отправляет ответное сообщение H.225 Connect.
 9. Приложение IP-телефонии у абонента А начинает взаимодействие с приложением у абонента Б в соответствии с рекомендацией H.245.
 10. После окончания взаимодействия по протоколу H.245 и открытия логических каналов абоненты А и Б могут разговаривать друг с другом через IP-сеть.

6.5. Пакетная обработка речи - Протоколы RTP и RTCP

Приложения, обеспечивающие передачу речевой и видеоинформации, используют сервис транспортного уровня без установления соединений (например, UDP). При этом каждое приложение может обеспечивать формирование полезной нагрузки пакетов специфическим образом, включая необходимые для функционирования поля и данные. Однако, данные разной природы (речь, видео) имеют общие особенности, которые требуют обеспечения вполне определенной функциональности при их передаче по сети. Это позволяет сформировать некий общий транспортный уровень, объединяющий функции, общие для потоковых данных разной природы, и используемый всеми соответствующими приложениями, придав протоколу этого уровня статус стандарта. Комитетом IETF был разработан протокол транспортировки информации в реальном времени - Realtime Transport Protocol (RTP), который стал базисом практически для всех приложений, связанных с интерактивной передачей речевой и видеоинформации по сети с маршрутизацией пакетов.

Характерные для IP-сетей временные задержки и вариация задержки пакетов (джиттер) могут серьезно исказить информацию, чувствительную к задержке, например, речь и видеоинформацию, сделав ее абсолютно непригодной для восприятия. Отметим, что вариация задержки пакетов гораздо сильнее влияет на субъективную оценку качества передачи, чем абсолютное значение задержки.

Уже длительное время ведется работа по созданию методов уменьшения джиттера и задержек. Именно протокол RTP позволяет компенсировать негативное влияние джиттера на качество речевой и видеоинформации. В то же время, он не имеет собственных механизмов, гарантирующих своевременную доставку пакетов или другие параметры качества услуг, -это осуществляют нижележащие протоколы. Он даже не

обеспечивает все те функции, которые обычно предоставляют транспортные протоколы, в частности функции исправления ошибок и управления потоком. Обычно протокол RTP базируется на протоколе UDP и использует его функции, но может работать и поверх других транспортных протоколов.

Существует несколько серьезных причин, по которым транспортный протокол TSP плохо подходит для передачи чувствительной к задержкам информации. Во-первых, это алгоритм надежной доставки пакетов. Пока отправитель повторно передаст пропавший пакет, получатель будет ждать, результатом чего может быть недопустимое увеличение задержки. Во-вторых, алгоритм управления при перегрузке в протоколе TSP далеко не оптимален для передачи речи и видеоинформации. При обнаружении потерь пакетов протокол TSP уменьшает размер окна, а затем будет его медленно увеличивать. Однако передача речевой и видеоинформации осуществляется на вполне определенных, фиксированных скоростях, которые нельзя мгновенно уменьшить, не ухудшив качество предоставляемых услуг. Правильной реакцией на перегрузку для информационных потоков этих типов было бы изменение метода кодирования, частоты видеокадров или размера видеоизображения.

Протокол RTP предусматривает индикацию типа полезной нагрузки и порядкового номера пакета в потоке, а также применение временных меток. Отправитель помечает каждый RTP-пакет временной меткой, получатель извлекает ее и вычисляет суммарную задержку. Разница в задержке разных пакетов позволяет определить джиттер и смягчить его влияние - все пакеты будут выдаваться приложению с одинаковой задержкой.

Главная особенность RTP - это вычисление средней задержки некоторого набора принятых пакетов и выдача их пользователю приложению с постоянной задержкой, равной этому среднему значению. Однако следует иметь в виду, что временная метка RTP соответствует моменту кодирования первого дискретного сигнала пакета. Поэтому, если RTP-пакет, например, с видеоинформацией, разбивается на блоки данных нижележащего уровня, то временная метка уже не будет соответствовать истинному времени их передачи, поскольку они перед передачей могут быть установлены в очередь.

На рис.6.8 представлен основной заголовок RTP-пакета, содержащий ряд полей, которые идентифицируют такие элементы, как формат пакета, порядковый номер, источник информации, границы и тип полезной нагрузки.

V (2 бита) - поле версии протокола. Текущая версия протокола - вторая.

P (1 бит) - поле заполнения. Сигнализирует о наличии заполнения в конце поля полезной нагрузки. Заполнение применяется, когда приложение требует, чтобы размер полезной нагрузки был кратен, например, 32 битам.

0	2	3	4	8	9	16	31
v=2	p	x	СС	М	РТ	последовательный номер	
временной штамп							
идентификатор источника синхронизации (SSRC)							
идентификаторы включаемых источников (CSRC)							

Рис.6.8. Основной заголовок RTP-пакета

X (1 бит) - поле расширения заголовка. Служит для индикации того, что за основным заголовком следует дополнительный заголовок, используемый в экспериментальных расширениях протокола RTP.

СС (4 бита) - поле отправителей. Содержит идентификаторы отправителей, чьи данные находятся в пакете, причем сами идентификаторы следуют за основным заголовком.

М (1 бит) - поле маркера. Обычно используется для указания границ потока данных. Смысл бита маркера зависит от типа полезной нагрузки. В случае передачи видеoinформации он определяет конец кадра. При передаче речевой информации маркер указывает начало периода активности после периода молчания.

РТ (7 битов) - поле типа полезной нагрузки. Идентифицирует тип полезной нагрузки и формат данных, включая сжатие и шифрование. В стационарном состоянии отправитель использует только один тип полезной нагрузки в течение сеанса, но он может его изменить в ответ на изменение условий, если об этом сигнализирует протокол управления транспортировкой информации в реальном времени (Real-Time Transport Control Protocol).

Порядковый номер пакета (Sequence Number, 16 битов). Каждый источник начинает нумеровать пакеты с произвольного номера, увеличиваемого затем на единицу с каждым переданным пакетом RTP.

Это позволяет обнаруживать потери пакетов и определять порядок пакетов с одинаковым временным штампом. Несколько последовательных пакетов могут иметь один и тот же штамп, если логически они порождены в один и тот же момент, как, например, пакеты, принадлежащие одному и тому же видеокадру.

Временной штамп (Timestamp, 32 бита). Момент времени, в который был создан первый октет данных полезной нагрузки. Единицы, в которых время указывается в этом поле, зависят от типа полезной нагрузки. Значение определяется по локальным часам отправителя.

Идентификатор SSRC (Synchronization Source Identifier, 32 бита) - поле идентификатора источника синхронизации. Псевдослучайное число, которое уникальным образом идентифицирует источник в течение сеанса и не зависит от сетевого адреса. Это число играет важную роль при обработке порции данных, поступившей от одного источника.

Идентификатор CSRC (Contributing Source Identifier, 32 бита) -

список полей идентификаторов источников, участвующих в создании RTP-пакета. Устройство смешивания информации (миксер) вставляет целый список SSRC идентификаторов источников, которые участвовали в построении данного RTP-пакета. Количество элементов в списке: от 0 до 15. Если число участников более 15, выбираются первые 15. Примером может служить речевая конференция, в которой передаются RTP-пакеты с речью всех участников - каждый со своим идентификатором SSRC. Они-то и образуют список идентификаторов CSRC. Вся конференция имеет общий идентификатор SSRC.

Доставка RTP-пакетов контролируется специальным протоколом RTCP (Real Time Control Protocol).

Основной функцией протокола RTCP является организация обратной связи приемника с отправителем информации для отчета о качестве получаемых данных. Протокол RTCP передает сведения (как от приемника, так и от отправителя) о числе переданных и потерянных пакетов, значении джиттера, задержке и т.д. Эта информация может быть использована отправителем для изменения параметров передачи, например для уменьшения коэффициента сжатия информации с целью улучшения качества ее передачи. Более подробное описание протоколов RTP и RTCP можно найти в RFC-1889.

6.6. Типы речевых кодеков

Одним из важных факторов эффективного использования пропускной способности IP-канала, является выбор оптимального алгоритма кодирования/декодирования речевой информации – кодека. Все существующие сегодня типы речевых кодеков по принципу действия можно разделить на три группы:

1. Кодеки с импульсно-кодовой модуляцией ИКМ и адаптивной дифференциальной импульсно-кодовой модуляцией АДИКМ, появившиеся в конце 50г.г. XXв. и использующиеся сегодня в системах традиционной телефонии. В большинстве случаев, представляют собой сочетание АЦП/ЦАП.
2. Кодеки с вокодерным преобразованием речевого сигнала возникли в системах мобильной связи для снижения требований к пропускной способности радиотракта. Эта группа кодеков использует гармонический синтез сигнала на основании информации о его вокальных составляющих – фонамах. В большинстве случаев, такие кодеки реализованы как аналоговые устройства.
3. Комбинированные (гибридные) кодеки сочетают в себе технологию вокодерного преобразования/синтеза речи, но оперируют уже с цифровым сигналом посредством специализированных DSP. Кодеки этого типа содержат в себе ИКМ или АДИКМ кодек и реализованный цифровым способом вокодер.

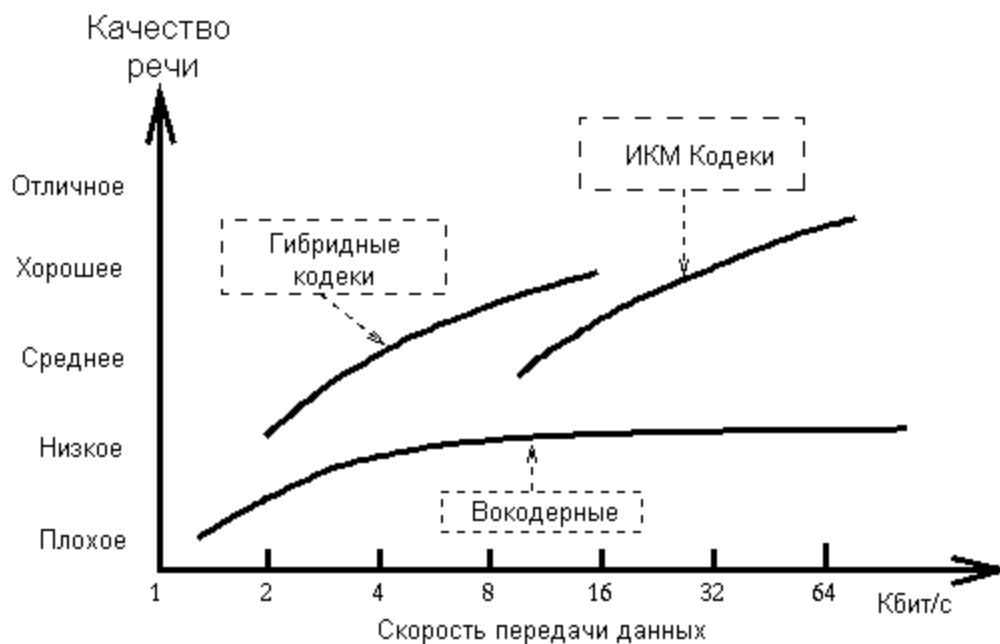


Рис.6.9. Усредненная субъективная оценка качества кодирования речи для различных типов кодеков

На рис.6.9 представлена усредненная субъективная оценка качества кодирования речи для типов кодеков. В голосовых шлюзах IP-телефонии понятие кодека подразумевает не только алгоритма кодирования/декодирования, но и их аппаратную реализацию. Большинство кодеков, используемых в IP-телефонии, описаны рекомендациями семейства «G» рис.6.10.

Все методы кодирования, основанные на определенных предположениях о форме сигнала, не подходят при передаче сигнала с резкими скачками амплитуды. Именно такой вид имеет сигнал, генерируемый модемами или факсимильными аппаратами, поэтому аппаратура, поддерживающая сжатие, должна автоматически распознавать сигналы факс-аппаратов и модемов и обрабатывать их иначе, чем голосовой трафик. Многие методы кодирования берут свое начало от метода кодирования с линейным предсказанием LPC (Linear Predictive Coding). В качестве входного сигнала в LPC используется последовательность цифровых значений амплитуды, но алгоритм кодирования применяется не к отдельным цифровым значениям, а к определенным их блокам. Для каждого такого блока значений вычисляются его характерные параметры: частота, амплитуда и ряд других. Именно эти значения и передаются по сети. При таком подходе к кодированию речи возрастают требования к вычислительным мощностям специализированных процессоров, используемых для обработки сигнала, увеличивается задержка при передаче, поскольку кодирование применяется не к отдельным значениям, а к некоторому их набору, который перед началом преобразования следует накопить в определенном

буфере.

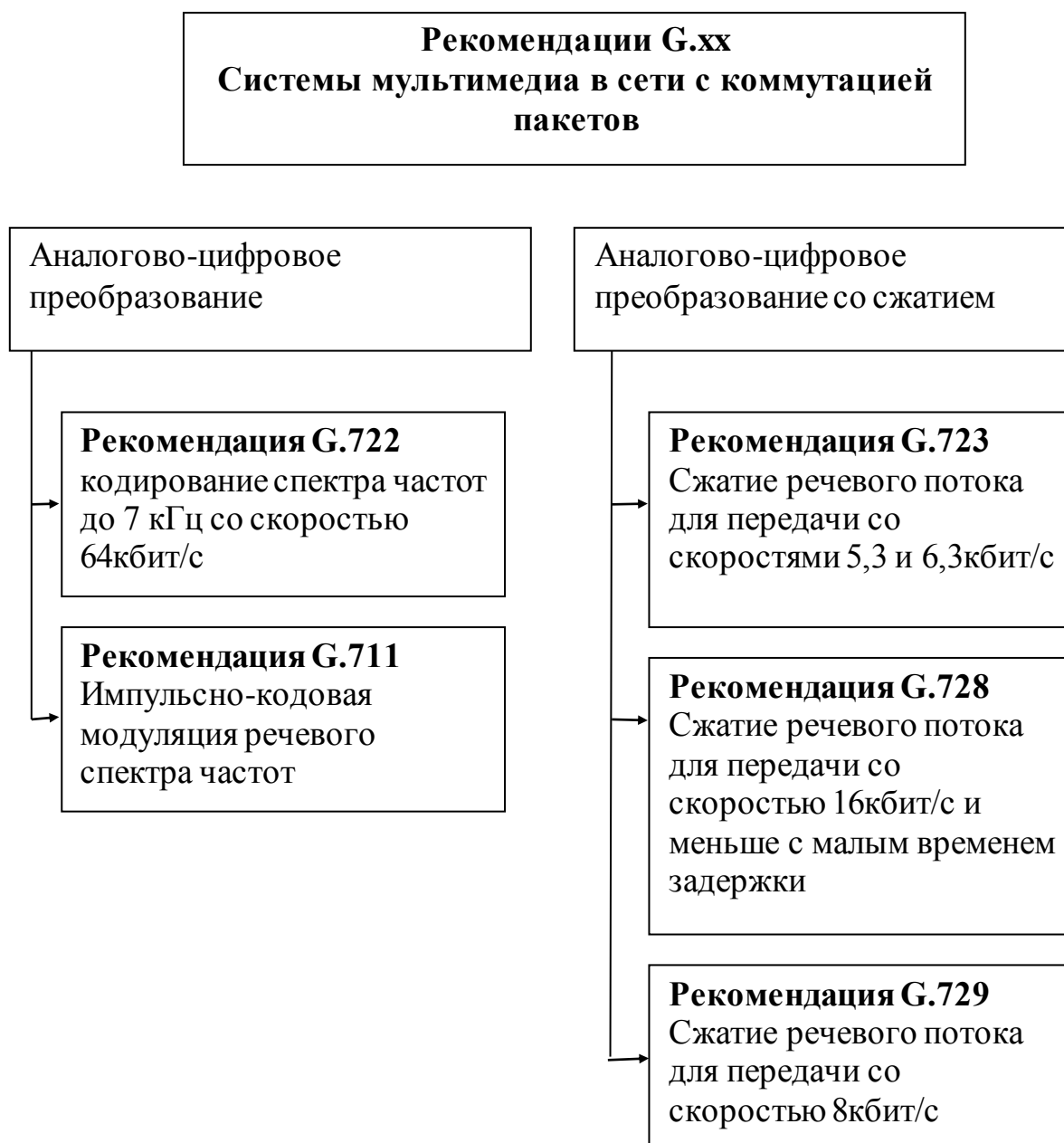


Рис.6.10. Кодеки

Важно, что задержка в передаче речи связана не только с необходимостью обработки цифрового сигнала (эту задержку можно уменьшать, увеличивая мощность процессора), но и непосредственно с характером метода сжатия. Метод кодирования с линейным предсказанием LPC позволяет достигать очень больших степеней сжатия, которым соответствует полоса пропускания 2,4 или 4,8 кбит/с, однако качество звука здесь сильно страдает. Поэтому в коммерческих приложениях он не используется, а применяется в основном для ведения служебных переговоров. Более сложные методы сжатия речи основаны на применении

LPC в сочетании с элементами кодирования формы сигнала. В этих алгоритмах используется кодирование с обратной связью, когда при передаче сигнала осуществляется оптимизация кода. Закодировав сигнал, процессор пытается восстановить его форму и сличает результат с исходным сигналом, после чего начинает варьировать параметры кодировки, добиваясь наилучшего совпадения. Достигнув такого совпадения, аппаратура передает полученный код по линиям связи; на противоположном конце происходит восстановление звукового сигнала. Ясно, что для использования такого метода требуются еще более серьезные вычислительные мощности.

Одной из самых распространенных разновидностей описанного метода кодирования является метод LD CELP (Low-Delay Code-Excited Linear Prediction). Он позволяет достичь удовлетворительного качества воспроизведения при пропускной способности 16кбит/с. Алгоритм применяется к последовательности цифр, получаемых в результате аналого-цифрового преобразования голосового сигнала с 16-разрядным разрешением. Пять последовательных цифровых значений кодируются одним 10-битовым блоком дает 16кбит/с. Для применения этого метода требуются большие вычислительные мощности; в частности, в марте 1995г. ITU принял новый стандарт — G.723, который предполагается использовать при сжатии речи для организации видеоконференций по телефонным сетям. Этот стандарт представляет собой часть более общего стандарта H.324, описывающего подход к организации таких видеоконференций. Цель — организация видеоконференций с использованием обычных модемов. Основой G.723 является метод сжатия речи MP-MLQ (Multipulse Maximum Likelihood Quantization). Он позволяет добиться весьма существенного сжатия речи при сохранении достаточно высокого качества звучания. В основе метода лежит описанная выше процедура оптимизации; с помощью различных усовершенствований можно сжимать речь до уровня 4,8; 6,4; 7,2 и 8,0 кбит/с. Структура алгоритма позволяет на основе программного обеспечения изменять степень сжатия голоса в ходе передачи. Вносимая кодированием задержка не превышает 20мс. Повышая эффективность использования полосы пропускания, механизмы сжатия речи в то же время могут привести к ухудшению ее качества и увеличению задержек.

Далее рассмотрены некоторые основные кодеки, используемые в шлюзах IP-телефонии операторского уровня.

Кодек G.711. Рекомендация G.711, утвержденная МККТТ в 1984г., описывает кодек, использующий ИКМ преобразование аналогового сигнала с точностью 8 бит, тактовой частотой 8кГц и простейшей компрессией амплитуды сигнала. Скорость потока данных на выходе преобразователя составляет 64кбит/с (8бит x 8кГц). Для снижения шума квантования и улучшения преобразования сигналов с небольшой амплитудой при кодировании используется нелинейное квантование по уровню согласно специальному псевдо-логарифмическому закону: А-закон

для европейской системы ИКМ-30/32 или μ -закон для североамериканской системы ИКМ-24.

Первые ИКМ кодеки с нелинейным квантованием появились уже в 60-е гг. XX в. Кодеки G.711 широко распространены в системах традиционной телефонии с коммутацией каналов. В шлюзах IP-телефонии кодек G.711 применяется редко из-за высоких требований к полосе пропускания и задержкам в канале передачи, его использование обосновано лишь в тех случаях, когда требуется обеспечить максимальное качество кодирования речевой информации при небольшом числе одновременных разговоров.

Кодек G.726. Один из старейших алгоритмов сжатия речи ADPCM - адаптивная дифференциальная ИКМ (стандарт G.726 был принят в 1984 г.). Этот алгоритм дает практически такое же качество воспроизведения речи, как и ИКМ, однако для передачи информации при его использовании требуется полоса всего в 16-32 кбит/с. Метод основан на том, что в аналоговом сигнале передающей речью, невозможны резкие скачки интенсивности. Поэтому, если кодировать не саму амплитуду сигнала, а ее изменение по сравнению с предыдущим значением, то можно обойтись меньшим числом разрядов. В ADPCM изменение уровня сигнала кодируется четырехразрядным числом, при этом частота измерения амплитуды сигнала сохраняется неизменной. Процесс преобразования не вносит существенной задержки и требует от DSP 5,5-6,4 MIPS (Million Instructions Per Second). Кодек может применяться совместно с кодеком G.711 для снижения скорости кодирования последнего. Кодек предназначен для использования в системах видеоконференций.

Кодек G.723.1. Рекомендация G.723.1 описывает гибридные кодеки, использующие технологию кодирования речевой информации, сокращенно называемую — MP-MLQ (Multy-Pulse — Multy Level quantization — множественная импульсная, многоуровневая квантизация), данные кодеки можно охарактеризовать, как комбинацию АЦП/ЦАП и вокодера. Своим возникновением гибридные кодеки обязаны системам мобильной связи. Применение вокодера позволяет снизить скорость передачи данных в канале, что принципиально важно для эффективного использования радиотракта и IP-канала. Основной принцип работы вокодера — синтез исходного речевого сигнала посредством адаптивной замены его гармонических составляющих соответствующим набором частотных фонем и согласованными шумовыми коэффициентами. Кодек G.723 осуществляет преобразование аналогового сигнала в поток данных со скоростью 64 кбит/с (ИКМ), а затем при помощи многополосного цифрового фильтра/вокодера выделяет частотные фонемы, анализирует их и передает по IP-каналу информацию только о текущем состоянии фонем в речевом сигнале. Данный алгоритм преобразования позволяет снизить скорость кодированной информации до 5,3-6,3 кбит/с без видимого ухудшения качества речи. Кодек имеет две скорости и два варианта кодирования: 6,3 кбит/с с алгоритмом MP-MLQ и 5,3 кбит/с с алгоритмом CELP. Первый вариант предназначен для сетей с пакетной передачей

голоса и обеспечивает лучшее качество кодирования по сравнению с вариантом CELP, но менее адаптирован к использованию в сетях со смешанным типом трафика (голос/данные).

Процесс преобразования требует от DSP 16,4-16,7 MIPS и вносит задержку 37мс. Кодек G.723.1 широко применяется в голосовых шлюзах и прочих устройствах IP-телефонии. Кодек уступает по качеству кодирования речи кодеку G.729a, но менее требователен к ресурсам процессора и пропускной способности канала.

Кодеки G.729. Семейство включает кодеки G.729, G.729 Аппех А, G.729 Аппех В (содержит VAD, и генератор комфортного шума). Кодеки G.729 сокращенно называют CS-ACELP Conjugate Structure - Algebraic Code Excited Linear Prediction — сопряженная структура с управляемым алгебраическим кодом линейным предсказанием. Процесс преобразования использует DSP 21,5 MIPS и вносит задержку 15 мс. Скорость кодированного речевого сигнала составляет 8 кбит/с. В устройствах VoIP данный кодек занимает лидирующее положение, обеспечивая наилучшее качество кодирования речевой информации при достаточно высокой компрессии.

Кодек G.728. Гибридный кодек, описанный в рекомендации G.728 в 1992 г. относится к категории LD-CELP - Low Delay - Code Excited Linear Prediction - кодек с управляемым кодом линейным предсказанием и малой задержкой. Кодек обеспечивает скорость преобразования 16 кбит/с, вносит задержку при кодировании от 3 до 5 мс и для реализации необходим процессор с быстродействием более 40 MIPS. Кодек предназначен для использования, в основном, в системах видеоконференций. В устройствах IP-телефонии данный кодек применяется достаточно редко.

6.7. Основные характеристики рассмотренных кодеков

Основные характеристики рассмотренных кодеков приведены в табл.6.1.

Скорость передачи, которую предусматривают имеющиеся сегодня узкополосные кодеки, лежит в пределах 1.2-64кбит/с. Естественно, что от этого параметра прямо зависит качество воспроизводимой речи. Существует множество подходов к проблеме определения качества. Наиболее широко используемый подход оперирует оценкой MOS (Mean Opinion Score), которая определяется для конкретного кодека как средняя оценка качества большой группой слушателей по пятибалльной шкале. Для прослушивания экспертам предъявляются разные звуковые фрагменты - речь, музыка, речь на фоне различного шума и т.д. Оценки интерпретируют следующим образом:

- 4-5 - высокое качество; аналогично качеству передачи речи в ISDN, или еще выше;
- 3.5-4 - качество ТфОП (toll quality); аналогично качеству речи, передаваемой с помощью кодека АДИКМ при скорости 32кбит/с. Такое

качество обычно обеспечивается в большинстве телефонных разговоров. Мобильные сети обеспечивают качество чуть ниже toll 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 вооруженных силах).

В рамках существующих технологий качество ТфОП (toll quality) невозможно обеспечить при скоростях менее 5 Кбит/с.

Таблица.6.1.
Основные характеристики кодеков (данные компании CISCO Systems)

Кодек	Тип кодека	Скорость кодирования	Размер кадра	Оценка
G.711	ИКМ	64 Кбит/с	0,125 мс	4,1
G.726	АДИКМ	32 Кбит/с	0,125 мс	3,85
G.728	LD – CELP	16 Кбит/с	0,625 мс	3,61
G.729	CS – ACELP (без VAD)	8 Кбит/с	10 мс	3,92
G.729	2-х кратное кодирование	8 Кбит/с	10 мс	3,27
G.729	3-х кратное кодирование	8 Кбит/с	10 мс	2,68
G.729a	CS – ACELP	8 Кбит/с	10 мс	3,7
G.723.1	MP – MLQ	6,3 Кбит/с	30 мс	3,9
G.723.1	ACELP	5,3 Кбит/с	30 мс	3,65

Количественными характеристиками ухудшения качества речи являются единицы QDU (Quantization Distortion Units): 1 QDU соответствует ухудшению качества при оцифровке с использованием стандартной процедуры ИКМ; значения QDU для основных методов компрессии приведены в табл.6.2.

Дополнительная обработка речи всегда ведет к дальнейшей потере качества. Согласно рекомендациям МСЭ-Т, для международных вызовов величина QDU не должна превышать 14, причем передача разговора по

Таблица 6.2.
Значения QDU для основных методов компрессии

Метод компрессии	QDU
ADPCM 32 кбит/с	3,5
ADPCM 24 кбит/с	7
LD-CELP 16 кбит/с	3,5
CS-CELP 8 кбит/с	3,5

международным магистральным каналам ухудшает качество речи, как правило, на 4 QDU. Следовательно, при передаче разговора по

национальным сетям должно теряться не более 5 QDU. Поэтому для качественной передачи речи процедуру компрессии/декомпрессии желательно применять в сети только один раз. В некоторых странах это является обязательным требованием регулирующих органов по отношению к корпоративным сетям, подключенным к сетям общего пользования. Подавление пауз (silence suppression) — важная функция АТМ-коммутаторов. Суть технологии подавления пауз заключается в определении различия между моментами активной речи и молчания в период. В результате применения этой технологии генерация ячеек происходит только в активного разговора. Поскольку в процессе типичного разговора по телефону тишина составляет до 60% времени, происходит двукратная оптимизация по количеству данных, должны быть переданы по линии. Объединение технологии сжатия речи и подавления пауз речи в коммутаторах приводит к уменьшению потока данных в канале до восьми раз.

Современные продукты для IP-телефонии применяют самые разные кодеки, стандартные и нестандартные. Конкурентами являются кодеки GSM (13,5 кбит/с) и кодеки МСЭ-Т серии G, использование которых предусматривается стандартом H.323 для связи по IP-сети. Единственным обязательным для применения кодеком в H.323-совместимых продуктах остается стандарт G.711: выдаваемые им массивы данных составляют от 56 до 64 кбит/с. В качестве дополнительных высокопроизводительных кодеков стандарт H.323 рекомендует G.723 и G.729 — последние способны сжимать оцифрованную 16-разрядную ИКМ-речь длительностью 10 мс всего в 10 байт. Стандарт G.729 уже получил широкое распространение в передачи голоса по IP; его поддерживают значительное число производителей продуктов для IP-телефонии.

Контрольные вопросы

1. Каково назначение протокола RTP?
2. Каково назначение протокола RTCP?
3. На какие группы можно разделить речевые кодеки?
4. Какие основные кодеки используются в шлюзах IP-телефонии?
5. Что такое DSP?
6. Что такое MIPS?
7. Что такое VAD?
8. Что такое генератор комфортного шума?
9. Перечислите основные характеристики кодеков, используемых в IP-телефонии
10. Что такое оценка MOS?
11. Что означает величина 1 QDU?

Список используемой литературы

1. Садчикова С.А. IP-ТЕЛЕФОНИЯ. Учебное пособие для студентов

специальностей 5A522202, 5A522203, 5A522205, 5A522216. Ташкент.
ТУИТ.2008

2. Гулевич Д. С. Сети связи следующего поколения. БИНОМ.
Лаборатория знаний, Интернет-университет информационных
технологий - ИНГУИТ.ру, 2007.
3. Материалы курса «Программное обеспечение узлов коммутации
(ПОУК)» <http://www.teic.uz/dlnet>
4. Материалы курса «IP-телефония» <http://www.teic.uz/dlnet>

Тема 7: Протоколы услуг широкополосной сети – протокол SIP

План:

1. Функциональные возможности протокола SIP.
2. Интеграция протокола SIP с IP-сетями.
3. Архитектура сети SIP. Запросы протокола SIP.
4. Ответы протокола SIP.
5. Сценарий установления соединения через сервер переадресации.
6. Сценарий установления соединения через прокси-сервер.

Ключевые слова: протокол SIP, SIP-адрес, стек протоколов TCP/IP, агенты пользователя (User Agent или SIP client), прокси-сервер (proxy server), сервер переадресации (redirect server), сервер определения местоположения пользователей, сообщения SIP, запросы протокола SIP, ответы протокола SIP.

7.1. Функциональные возможности протокола SIP

Вторым вариантом построения сетей стал протокол SIP, разработанный группой MMUSIC (Multiparty Multime-dia Session Control) комитета IETF (Internet Engineering Task Force), а спецификации протокола представлены в документе RFC 2543.

Протокол инициирования сеансов - Session Initiation Protocol (SIP) - является протоколом прикладного уровня и предназначается для организации, модификации и завершения сеансов связи: мультимедийных конференций, телефонных соединений и распределения мультимедийной информации, в основу которого заложены следующие принципы.

- Персональная мобильность пользователей. Пользователи могут перемещаться без ограничений в пределах сети, поэтому услуги связи должны предоставляться им в любом месте этой сети. Пользователю присваивается уникальный идентификатор, а сеть предоставляет ему услуги связи вне зависимости от того, где он находится. Для этого пользователь с помощью специального сообщения - REGISTER - информирует о своих перемещениях сервер определения местоположения.
- Масштабируемость сети характеризуется, в первую очередь, возможностью увеличения количества элементов сети при ее расширении. Серверная структура сети, построенной на базе протокола SIP, в полной мере отвечает этому требованию.
- Расширяемость протокола характеризуется возможностью дополнения протокола новыми функциями при введении новых услуг и его адаптации к работе с различными приложениями.
- Интеграция в стек существующих протоколов Интернет. Протокол SIP

является частью глобальной архитектуры мультимедиа, разработанной комитетом Internet Engineering Task Force (IETF).

- Взаимодействие с другими протоколами сигнализации. Протокол SIP может быть использован совместно с протоколом H.323. Возможно также взаимодействие протокола SIP с системами сигнализации ТфОП - DSS1 и ОКС7. Для упрощения такого взаимодействия сигнальные сообщения протокола SIP могут переносить не только специфический SIP-адрес, но и телефонный номер формата E.164 или любого другого формата. Кроме того, протокол SIP, наравне с протоколами H.323 и ISUP/IP, может применяться для синхронизации работы устройств управления шлюзами, в этом случае он должен взаимодействовать с протоколом MGCP. Другой важной особенностью протокола SIP является то, что он приспособлен к организации доступа пользователей сетей IP-телефонии к услугам интеллектуальных сетей, и существует мнение, что именно этот протокол станет основным при организации связи между указанными сетями.

Для организации взаимодействия с существующими приложениями IP-сетей и для обеспечения мобильности пользователей протокол SIP использует адрес, подобный адресу электронной почты. В качестве адресов рабочих станций используются специальные универсальные указатели ресурсов - URL (Universal Resource Locators), так называемые SIP URL

SIP-адреса бывают четырех типов:

- имя@домен;
- имя@хост,
- имя@IP-адрес;
- №телефона@шлюз.

Таким образом, адрес состоит из двух частей. Первая часть - это имя пользователя, зарегистрированного в домене или на рабочей станции. Если вторая часть адреса идентифицирует какой-либо шлюз, то в первой указывается телефонный номер абонента.

Во второй части адреса указывается имя домена, рабочей станции или шлюза. Для определения IP-адреса устройства необходимо обратиться к службе доменных имен - Domain Name Service (DNS). Если же во второй части SIP-адреса размещается IP-адрес, то с рабочей станцией можно связаться напрямую.

В начале SIP-адреса ставится слово «sip:», указывающее, что это именно SIP-адрес, т.к. бывают и другие (например, «mailto:»). Ниже приводятся примеры SIP-адресов:

sip: student@sk.niis.uz

sip: userTUIT@192.168.100.152

sip: [294-75-47@gateway.ru](tel:294-75-47)

7.2. Интеграция протокола SIP с IP-сетями

Интеграция в стек существующих протоколов Интернет, разработанных IETF. Протокол SIP является частью глобальной архитектуры мультимедиа, разработанной комитетом Internet Engineering Task Force (IETF). Эта архитектура включает в себя также протокол резервирования ресурсов (Resource Reservation Protocol - RSVP), транспортный протокол реального времени (Real-Time Transport Protocol - RTP), протокол передачи потоковой информации в реальном времени (Real-Time Streaming Protocol - RTSP), протокол описания параметров связи (Session Description Protocol -SDP). Однако функции протокола SIP не зависят ни от одного из этих протоколов.

Одной из важнейших особенностей протокола SIP является его независимость от транспортных технологий. В качестве транспорта могут использоваться протоколы X.25, Frame Relay, AAL5, IPX и др. Структура сообщений SIP не зависит от выбранной транспортной технологии. Но в то же время предпочтение отдается технологии маршрутизации пакетов IP и протоколу UDP.

Здесь же следует отметить, что сигнальные сообщения могут переноситься не только протоколом транспортного уровня UDP, но и протоколом TCP. По сети с маршрутизацией пакетов IP может передаваться пользовательская информация практически любого вида: речь, видео и данные, а также любая их комбинация, называемая мультимедийной информацией. При организации связи между терминалами пользователей необходимо известить встречную сторону, какого рода информация может приниматься (передаваться), алгоритм ее кодирования и адрес, на который ее следует передавать. Таким образом, одним из обязательных условий организации связи при помощи протокола SIP является обмен между

Протокол инициирования сеансов связи (SIP)	Прикладной уровень
Протоколы TCP и UDP	Транспортный уровень
Протоколы IPv4 и IPv6	Сетевой уровень
PPP, ATM, Ethernet, V.34.	Уровень звена данных
UTP5, ВОЛС и др.	Физический уровень

Рис.7.1. Место протокола SIP в стеке протоколов TCP/IP

предполагаемыми участниками этой связи данными об их функциональных возможностях. Для этой цели чаще всего используется протокол описания сеансов связи SDP (Session Description Protocol). В течение сеанса связи может производиться его модификация, поэтому

предусмотрена передача средствами SDP сообщений SIP с новыми описаниями сеанса.

В протоколе SIP не реализованы механизмы управления потоками информации и предоставления гарантированного качества обслуживания. Кроме того, протокол SIP не предназначен для передачи пользовательской информации, в его сообщениях может переноситься информация лишь ограниченного объема.

Для передачи речевой информации комитет IETF предлагает использовать протокол RTP, но сам протокол SIP не исключает возможность применения для этих целей других протоколов.

Протокол SIP предусматривает организацию конференций трех видов:

- в режиме многоадресной рассылки (multicasting), когда информация передается на один multicast-адрес, а затем доставляется сетью конечным адресатам;
- при помощи устройства управления конференции (MCU), к которому участники конференции передают информацию в режиме точка-точка, а оно, в свою очередь, обрабатывает ее (т.е. смешивает или коммутрует) и рассылает участникам конференции;
- путем соединения каждого пользователя с каждым в режиме точка-точка.

Протокол SIP дает возможность присоединения новых участников к уже существующему сеансу связи, т.е. двусторонний сеанс может перейти в конференцию.

7.3. Архитектура сети SIP

Протокол SIP работает по схеме клиент-сервер. Клиент выдает запросы, в которых указывает, что он желает получить от сервера. Сервер принимает запрос, обрабатывает его и выдает ответ, который может содержать уведомление об успешном выполнении запроса, уведомление об ошибке или информацию, затребованную клиентом.



Рис.7.2. Схема "клиент-сервер"

Протоколом SIP предусмотрены 3 основных сценария установления

соединения: с участием прокси-сервера, с участием сервера переадресации, и непосредственно между пользователями. Различие между перечисленными сценариями заключается в том, что по-разному осуществляется поиск и приглашение вызываемого пользователя. В первом случае эти функции возлагает на себя прокси-сервер, а вызывающему пользователю необходимо знать только постоянный SIP-адрес вызываемого пользователя. Во втором случае вызывающая сторона самостоятельно устанавливает соединение, а сервер переадресации лишь реализует преобразование постоянного адреса вызываемого абонента в его текущий адрес. И, наконец, в третьем случае вызывающему пользователю для установления соединения необходимо знать текущий адрес вызываемого пользователя.

Таким образом сеть SIP содержит основные элементы трех видов: агенты пользователя, прокси-серверы и серверы переадресации.

Агенты пользователя (User Agent или SIP client) являются приложениями терминального оборудования и включают в себя две составляющие: агент пользователя - клиент (User Agent Client - UAC) и агент пользователя - сервер (User Agent Server - UAS), иначе известные как клиент и сервер соответственно. Клиент UAC инициирует SIP-запросы, т.е. выступает в качестве вызывающей стороны. Сервер UAS принимает запросы и возвращает ответы, т.е. выступает в качестве вызываемой стороны.

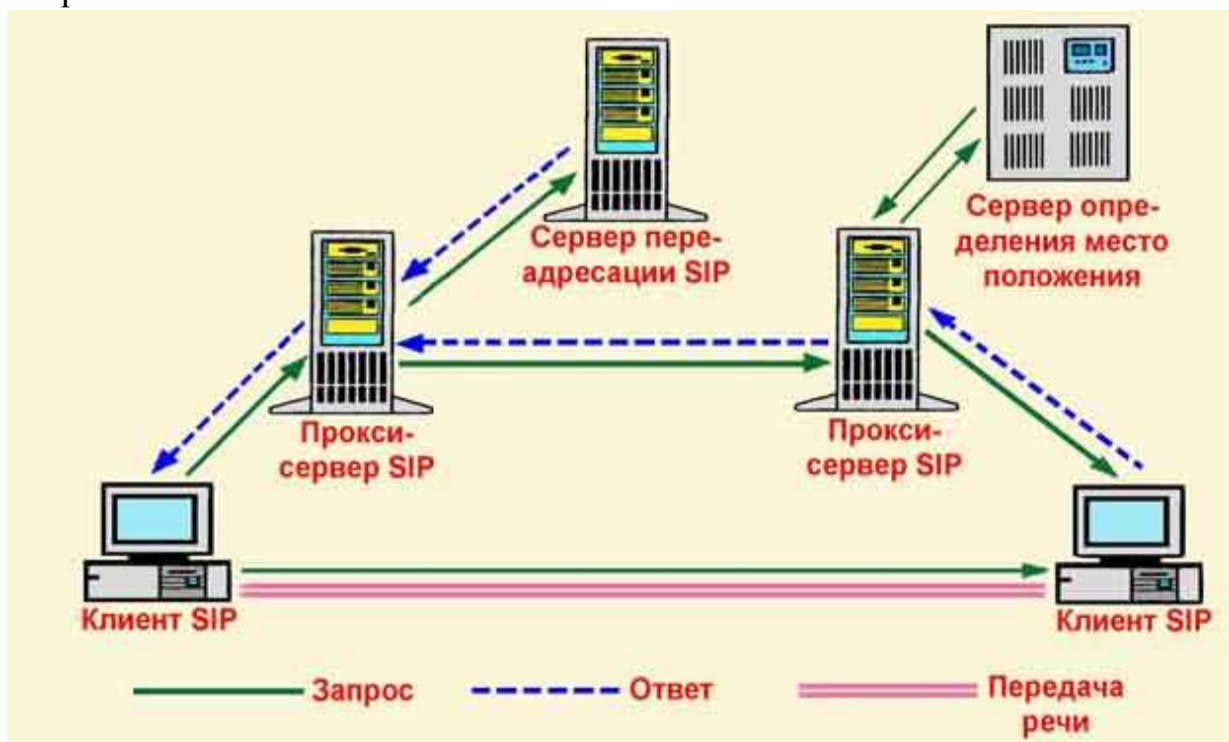


Рис.7.3. Архитектура SIP сети

Следует особо отметить, что сервер UAS и клиент UAC могут (но не обязаны) непосредственно взаимодействовать с пользователем, а другие клиенты и серверы SIP этого делать не могут. Если в устройстве присутствуют и сервер UAS, и клиент UAC, то оно называется агентом

пользователя - User Agent (UA), а по своей сути представляет собой терминальное оборудование SIP.

Кроме терминалов определены два основных типа сетевых элементов SIP: прокси-сервер (proxy server) и сервер переадресации (redirect server).

Прокси-сервер (от английского proxy - представитель) представляет интересы пользователя в сети. Он принимает запросы, обрабатывает их и, в зависимости от типа запроса, выполняет определенные действия. Это может быть поиск и вызов пользователя, маршрутизация запроса, предоставление услуг и т.д. Прокси-сервер состоит из клиентской и серверной частей, поэтому может принимать вызовы, инициировать собственные запросы и возвращать ответы. Ответные сообщения следуют по тому же пути обратно к прокси-серверу, а не к клиенту.

Прокси - сервер может быть физически совмещен с сервером определения местоположения (в этом случае он называется registrar) или существовать отдельно от этого сервера, но иметь возможность взаимодействовать с ним.

Предусмотрено режима работы прокси-серверов - с сохранением состояний (stateful) и без сохранения состояний (stateless).

Сервер первого типа хранит в памяти входящий запрос, который явился причиной генерации одного или нескольких исходящих запросов. Эти исходящие запросы сервер также запоминает. Все запросы хранятся в памяти сервера только до окончания транзакции, т.е. до получения ответов на запросы.

Сервер первого типа позволяет предоставить большее количество услуг, но работает медленнее, чем сервер второго типа.

Сервер без сохранения состояний просто ретранслирует запросы и ответы, которые получает. Он работает быстрее, чем сервер первого типа, так как ресурс процессора не тратится на запоминание состояний, вследствие чего сервер этого типа может обслужить большее количество пользователей. Недостатком такого сервера является то, что на его базе можно реализовать лишь наиболее простые услуги. Впрочем, прокси-сервер может функционировать как сервер с сохранением состояний для одних пользователей и как сервер без сохранения состояний - для других.

Сервер переадресации предназначен для определения текущего адреса вызываемого пользователя. Вызывающий пользователь передает к серверу сообщение с известным ему адресом вызываемого пользователя, а сервер обеспечивает переадресацию вызова на текущий адрес этого пользователя. Для реализации этой функции сервер переадресации должен взаимодействовать с сервером определения местоположения.

Сервер переадресации не терминирует вызовы как сервер RAS и не инициирует собственные запросы как прокси-сервер. Он только сообщает адрес либо вызываемого пользователя, либо прокси-сервера. По этому адресу инициатор запроса передает новый запрос. Сервер переадресации не содержит клиентскую часть программного обеспечения.

Но пользователю не обязательно связываться с каким-либо SIP-сервером. Он может сам вызвать другого пользователя при условии, что знает его текущий адрес.

Сервер определения местоположения пользователей. Пользователь может перемещаться в пределах сети, поэтому необходим механизм определения его местоположения в текущий момент времени. Например, сотрудник предприятия уезжает в командировку, и все вызовы, адресованные ему, должны быть направлены в другой город на его временное место работы. О том, где он находится, пользователь информирует специальный сервер с помощью сообщения REGISTER.

Для хранения текущего адреса пользователя служит сервер определения местоположения пользователей, представляющий собой базу данных адресной информации. Кроме постоянного адреса пользователя, в этой базе данных может храниться один или несколько текущих адресов.

7.4. Запросы протокола SIP

В настоящей версии протокола SIP определено шесть типов запросов. Каждый из них предназначен для выполнения довольно широкого круга задач, что является явным 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 пользователей 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.

Запрос INVITE приглашает пользователя принять участие в сеансе связи. Он обычно содержит описание сеанса связи, в котором указывается вид принимаемой информации и параметры (список возможных вариантов параметров), необходимые для приема информации, а также может указываться вид информации, которую вызываемый пользователь желает передавать. В ответе на запрос типа INVITE указывается вид информации, которая будет приниматься вызываемым пользователем, и, кроме того, может указываться вид информации, которую вызываемый пользователь собирается передавать (возможные параметры передачи информации). В этом сообщении могут содержаться также данные, необходимые для аутентификации абонента, и, следовательно, доступа клиентов к SIP-серверу. При необходимости изменить характеристики уже организованных каналов передается запрос INVITE с новым описанием сеанса связи. Для приглашения нового участника к уже установленному соединению также используется сообщение INVITE.

Запрос ACK подтверждает прием ответа на запрос INVITE. Следует отметить, что запрос ACK используется только совместно с запросом INVITE, т.е. этим сообщением оборудование вызывающего пользователя показывает, что оно получило окончательный ответ на свой запрос

INVITE. В сообщении ACK может содержаться окончательное описание сеанса связи, передаваемое вызывающим пользователем.

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 размножает запросы для поиска пользователя по нескольким направлениям и в одном из них его находит. Обработку запросов, разосланных во всех остальных направлениях, сервер отменяет при помощи сообщения CANCEL.

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

При помощи запроса типа REGISTER пользователь сообщает своё текущее местоположение. В этом сообщении содержатся следующие поля:

- Поле To содержит адресную информацию, которую надо сохранить или модифицировать на сервере;
- Поле From содержит адрес инициатора регистрации. Зарегистрировать пользователя может либо он сам, либо другое лицо, например, секретарь может зарегистрировать своего начальника
- Поле Contact содержит новый адрес пользователя, по которому должны передаваться все дальнейшие запросы INVITE. Если в запросе REGISTER поле Contact отсутствует, то регистрация остаётся прежней. В случае отмены регистрации здесь помещается символ «*»;
- В поле Expires указывается время в секундах, в течение которой регистрация действительна. Если данное поле отсутствует, то по умолчанию назначается время — 1 час, после чего регистрации отменяется. Регистрацию можно также отменить, передав сообщение REGISTER с полем Expires, которому присвоено значение(0), и с соответствующим полем Contact.

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 вышеуказанных 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:

- для переноса сигнальных сообщений ТфОП/ ISDN/ сотовых сетей между шлюзами в течение разговорной сессии;
- для переноса сигналов DTMF в течение разговорной сессии;
- для переноса биллинговой информации.

7.5. Ответы протокола SIP

Все ответы делятся на две группы: информационные и финальные.

Информационные ответы показывают, что запрос находится в стадии обработки. Они кодируются трехзначным числом, начинающимся с единицы, — 1xx. Некоторые информационные ответы, например, 100 Trying, предназначены для установки на нуль таймеров, которые запускаются в оборудовании, передавшем запрос. Если к моменту срабатывания таймера ответ на запрос не получен, то считается, что этот запрос потерян и может (по усмотрению производителя) быть передан повторно. Один из распространенных ответов— 180 Ringing; по назначению он идентичен сигналу «Контроль посылки вызова» в ТфОП и означает, что вызываемый пользователь получает сигнал о входящем вызове.

Финальные ответы кодируются трехзначными числами, начинающимися с цифр 2, 3, 4, 5 и 6. Они означают завершение обработки запроса и содержат, когда это нужно, результат обработки запроса. Назначение финальных ответов каждого типа рассматривается ниже.

Ответы 2xx означают, что запрос был успешно обработан. В настоящее время из всех ответов типа 2xx определен лишь один— 200 ОК. Его значение зависит от того, на какой запрос он отвечает:

- ответ 200 ОК на запрос INVITE означает, что вызываемое оборудование согласно на участие в сеансе связи; в теле ответа указываются функциональные возможности этого оборудования;
- ответ 200 ОК на запрос BYE означает завершение сеанса связи, в теле ответа никакой информации не содержится;
- ответ 200 ОК на запрос CANCEL означает отмену поиска, в теле ответа никакой информации не содержится;
- ответ 200 ОК на запрос REGISTER означает, что регистрация прошла успешно;
- ответ 200 ОК на запрос OPTION служит для передачи сведений о функциональных возможностях оборудования, эти сведения содержатся в теле ответа.

Ответы 3xx информируют оборудование вызывающего пользователя о новом местоположении вызываемого пользователя или переносят другую информацию, которая может быть использована для нового вызова:

- в ответе 300 Multiple Choices указывается несколько SIP-адресов, по

которым можно найти вызываемого пользователя, и вызывающему пользователю предлагается выбрать один из них;

- ответ 301 Moved Permanently означает, что вызываемый пользователь больше не находится по адресу, указанному в запросе, и направлять запросы нужно на адрес, указанный в поле Contact;
- ответ 302 Moved Temporary означает, что пользователь временно (промежуток времени может быть указан в поле Expires) находится по другому адресу, который указывается в поле Contact.

Ответы 4xx информируют о том, что в запросе обнаружена ошибка. После получения такого ответа пользователь не должен передавать тот же самый запрос без его модификации:

- ответ 400 Bad Request означает, что запрос не понят из-за наличия в нем синтаксических ошибок;
- ответ 401 Unauthorized означает, что запрос требует проведения процедуры аутентификации пользователя. Существуют разные варианты аутентификации, и в ответе может быть указано, какой из них использовать в данном случае;
- ответ 403 Forbidden означает, что сервер понял запрос, но отказался его обслуживать. Повторный запрос посылать не следует. Причины могут быть разными, например, запросы с этого адреса не обслуживаются и т.д.;
- ответ 485 Ambiguous означает, что адрес в запросе не определяет вызываемого пользователя однозначно;
- ответ 486 Busy Here означает, что вызываемый пользователь в настоящий момент не может принять входящий вызов по данному адресу. Ответ не исключает возможности связаться с пользователем по другому адресу или, к примеру, оставить сообщение в речевом почтовом ящике.

Ответы 5xx информируют о том, что запрос не может быть обработан из-за отказа сервера:

- ответ 500 Server Internal Error означает, что сервер не имеет возможности обслужить запрос из-за внутренней ошибки. Клиент может попытаться повторно послать запрос через некоторое время;
- ответ 501 Not Implemented означает, что в сервере не реализованы функции, необходимые для обслуживания этого запроса. Ответ передается, например, в том случае, когда сервер не может распознать тип запроса;
- ответ 502 Bad Gateway информирует о том, что сервер, функционирующий в качестве шлюза или прокси-сервера, принял некорректный ответ от сервера, к которому он направил запрос;
- ответ 503 Service Unavailable говорит о том, что сервер не может в данный момент обслужить вызов вследствие перегрузки или проведения технического обслуживания.

Ответы 6XX информируют о том, что соединение с вызываемым пользователем установить невозможно:

- ответ 600 Busy Everywhere сообщает, что вызываемый пользователь занят и не может принять вызов в данный момент ни по одному из имеющихся у него адресов. Ответ может указывать время, подходящее для вызова

пользователя;

- ответ 600 Decline означает, что вызываемый пользователь не может или не желает принять входящий вызов. В ответе может быть указано подходящее для вызова время;
- ответ 600 Does Not Exist Anywhere означает, что вызываемого пользователя не существует.

7.6. Сценарий установления соединения через сервер переадресации

Вызывающему пользователю требуется вызвать другого пользователя. Он передает запрос INVITE (1) на известный ему адрес сервера переадресации и на порт 5060, используемый по умолчанию (см.рис.7.4).

В запросе вызывающий пользователь указывает адрес вызываемого пользователя. Сервер переадресации запрашивает текущий адрес нужного пользователя у сервера определения местоположения (2), который сообщает ему этот адрес (3). Сервер переадресации в своем ответе 302 Moved temporarily передает вызывающей стороне текущий адрес вызываемого пользователя (4), или сообщает список зарегистрированных адресов вызываемого пользователя, предлагая вызывающему самому выбрать один из них. Вызывающая сторона подтверждает прием ответа 302 передачей сообщения ACK (5).

Теперь вызывающая сторона может связаться с вызываемой стороной. Для этого она передает новый запрос INVITE (6). В теле сообщения INVITE указываются данные о функциональных возможностях вызывающей стороны в формате протокола SDP.

Вызываемая сторона принимает запрос INVITE и начинает его обработку, о чем сообщает ответом 100 Trying (7) встречному оборудованию для перезапуска его таймеров. После завершения обработки поступившего запроса оборудование вызываемой стороны сообщает своему пользователю о входящем вызове, а встречной стороне передает ответ 180 Ringing (8). После приема вызываемым пользователем входящего вызова встречной стороне передается сообщение 200 OK (9), в котором содержатся данные о функциональных возможностях вызываемого терминала в формате протокола SDP.

Терминал вызывающего пользователя подтверждает прием ответа запросом ACK (10). На этом фаза установления соединения заканчивается, и начинается разговорная фаза. По завершении разговорной фазы любая из сторон передает запрос BYE (11), который подтверждается ответом 200 OK (12).

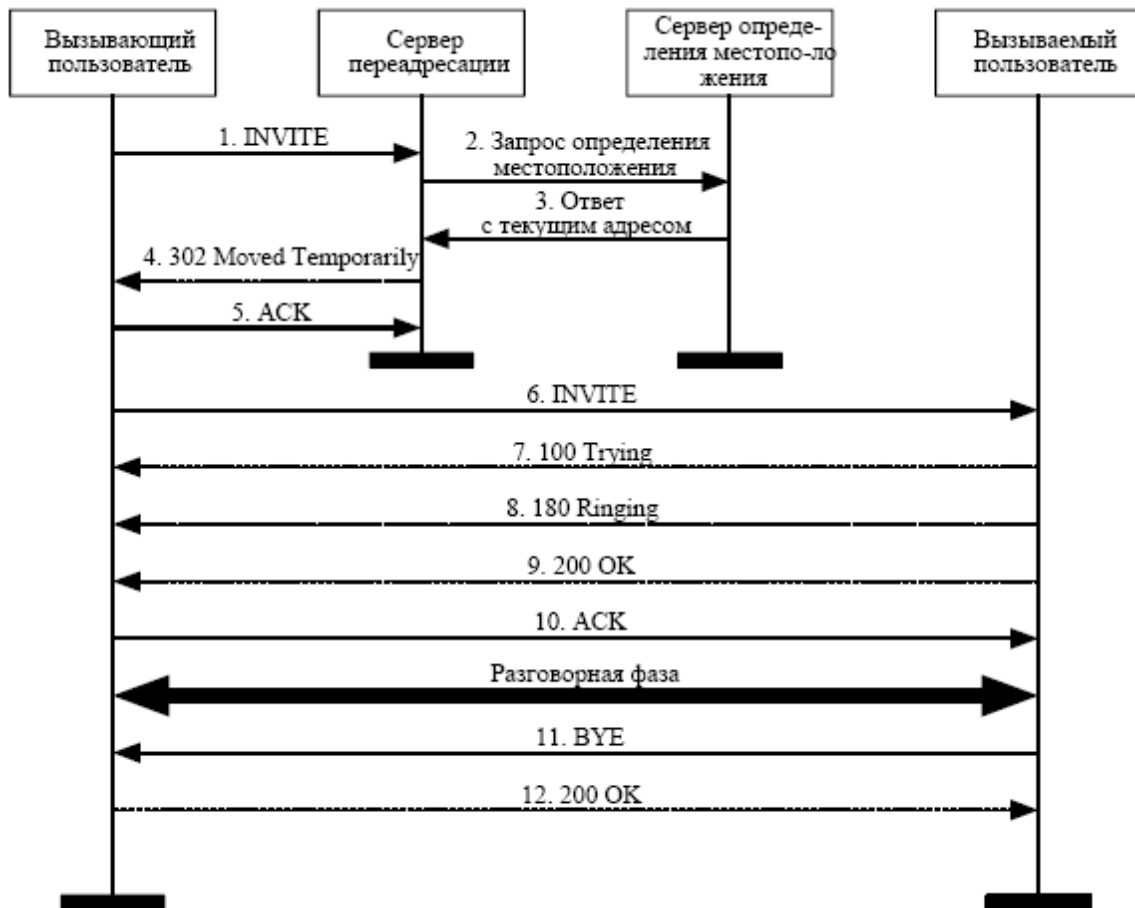


Рис. 7.4. Сценарий установления соединения через сервер переадресации

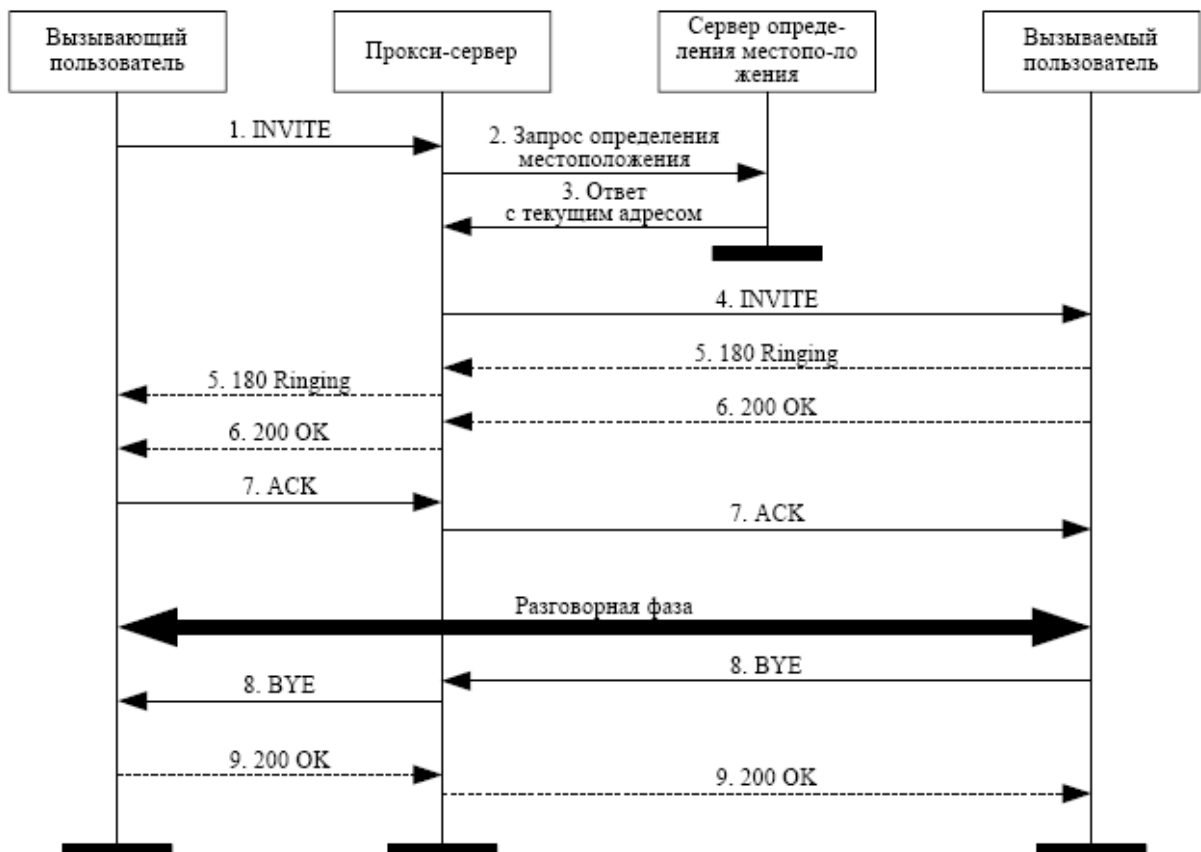


Рис.7.5. Сценарий установления соединения через прокси сервер

7.7. Сценарий установления соединения через прокси-сервер

В этом случае действия 1–3 такие же, как и при использовании сервера переадресации. После выяснения адреса (на сервере определения местоположения) прокси-сервер передает по этому адресу запрос INVITE (4).

Вызываемый пользователь В оповещается акустическим или визуальным сигналом о том, что его вызывают (5); он поднимает трубку, и ответ 200 ОК отправляется к прокси-серверу (6). Прокси-сервер переправляет этот ответ вызвавшему пользователю А (7), последний подтверждает правильность приема, передавая запрос ACK (8), который переправляется к вызванному пользователю В (9). Соединение установлено, идет разговор. Вызванный пользователь В кладёт трубку, передается запрос BYE (10), прием которого подтверждается ответом 200 ОК (11).

Контрольные вопросы

1. Что такое клиент SIP?
2. В каком режиме работает протокол SIP?
3. Какую функцию выполняет прокси-сервер?
4. Для чего предназначен сервер переадресации?
5. К какому уровню модели OSI можно отнести протокол SIP?
6. Какая технология используется протоколом SIP в качестве транспортной?
7. Какой тип адресации используется в протоколе SIP?
8. Какой формат сообщений и структуру имеют сообщения протокола SIP?
9. Какие существуют виды сообщений?
10. Каково назначение запросов протокола SIP?
11. Каково назначение ответов протокола SIP?
12. В какие моменты времени терминалы пользователей посылают информацию о своих функциональных возможностях? В каких сообщениях эта информация располагается?
13. Какое минимальное число сообщений необходимо для установления соединения по протоколу SIP?

Список используемой литературы

1. Broadband Network Architectures designing and deploying Triple-play services. Chris Hellberg, Dylan Greene, Truman Boyes. Pearson Education 2007.
2. Broadband Access Networks. Technologies and Deployments. Abdallah Shami, Martin Maier. Springer Science 2009.
3. Садчикова С.А. IP-ТЕЛЕФОНИЯ. Учебное пособие для студентов специальностей 5А522202, 5А522203, 5А522205, 5А522216. Ташкент.

ТУИТ.2008

4. Росляков А.В. Сети следующего поколения NGN. - Эко-Трендз, 2008. - 424с.
5. Гольдштейн Б.С., Гольдштейн А.Б. SoftSwitch. СПб.: БХВ - Санкт-Петербург, 2006.
6. Материалы курса «IP-телефония» <http://www.teic.uz/dlnet>
7. Материалы курса «Сети связи следующего поколения» <http://www.INTUIT.ru>

Тема 8: Протоколы услуг широкополосной сети – протокол H.248

План:

1. Принцип декомпозиции шлюза.
2. Модель процесса обслуживания вызова.
3. Структура команд и ответов H.248.
4. Пример установления и разрушения соединения. Функции Softswitch.

Ключевые слова: принцип декомпозиции шлюза, медиа-шлюз Media Gateway, контроллер шлюзов Call Agent, шлюз сигнализации Signaling Gateway, протокол H.248, транспортный шлюз, порт (termination), контекст (context), физические порты, виртуальные порты, уникальный идентификатор (TerminationID) порта, свойства (properties) порта, дескрипторы протокола H.248, команды H.248, Softswitch.

8.1. Принцип декомпозиции шлюза

Протокол H.248 был разработан на основе протокола MGCP и предложен комитетом IETF, рабочей группой MEGACO. При разработке этого протокола рабочая группа MEGACO опиралась на сетевую архитектуру, содержащую основные функциональные блоки трех видов (рис.8.1):

- шлюз - Media Gateway (MG), который выполняет функции преобразования речевой информации, поступающей со стороны ТфОП с постоянной скоростью передачи, в вид, пригодный для передачи по сетям с маршрутизацией пакетов IP (кодирование и упаковку речевой информации в пакеты RTP/UDP/IP, а также обратное преобразование);
- контроллер шлюзов - Call Agent, которой выполняет функции управления шлюзами;
- шлюз сигнализации - Signaling Gateway (SG), который обеспечивает доставку сигнальной информации, поступающей со стороны ТфОП, к контроллеру шлюзов и перенос сигнальной информации в обратном направлении.

Весь интеллект функционально распределенного шлюза сосредоточен в контроллере, функции которого могут быть распределены между несколькими компьютерными платформами.

Шлюз сигнализации выполняет функции STP - транзитного пункта сети сигнализации OKS7. Сами шлюзы выполняют только функции преобразования речевой информации. Один контроллер управляет одновременно несколькими шлюзами. В сети могут присутствовать несколько контроллеров. Предполагается, что они синхронизованы между собой и согласованно управляют шлюзами, участвующими в соединении.

Вместе с тем, MEGACO не определяет протокола для синхронизации работы контроллеров. В ряде работ, посвященных исследованию возможностей протокола MGCP, для этой цели предлагается использовать протоколы H.323, SIP или ISUP/IP.

Сообщения протокола MGCP/H.248 переносятся протоколом без гарантированной доставки сообщений UDP. Рабочая группа SIGTRAN комитета IETF в настоящее время разрабатывает механизм взаимодействия контроллера шлюзов и шлюза сигнализации.

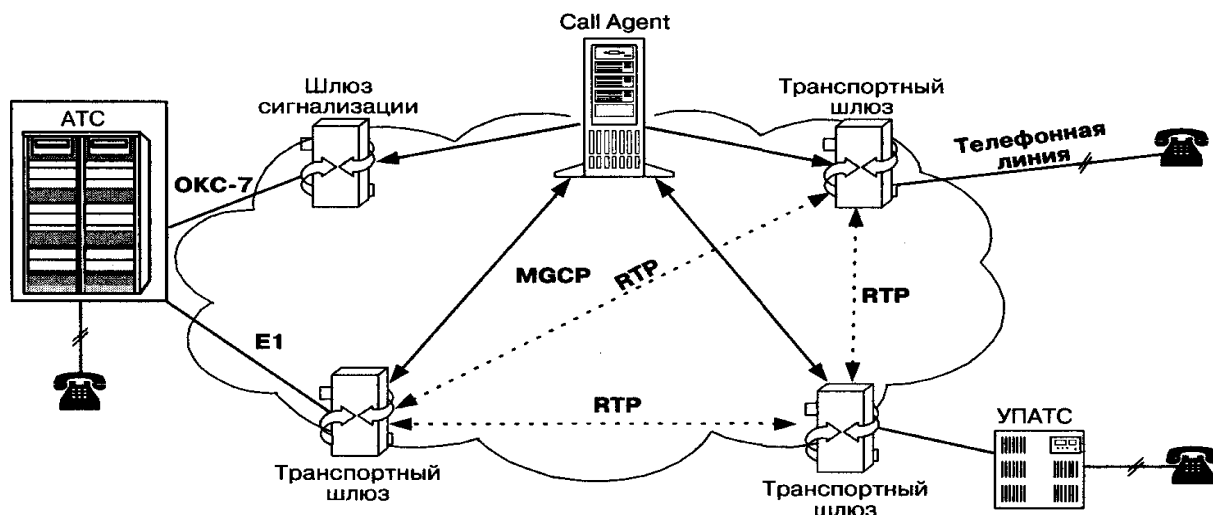


Рис.8.1. Архитектура сети на базе протокола MGCP/H.248

Шлюз сигнализации должен принимать поступающие из ТфОП пакеты трех нижних уровней системы сигнализации ОКС7 (уровней подсистемы переноса сообщений МТР) и передавать сигнальные сообщения верхнего, пользовательского, уровня к контроллеру шлюзов. Шлюз сигнализации также должен уметь передавать по IP-сети приходящие из ТфОП сигнальные сообщения Q.931.

Если в ТфОП используется сигнализация по выделенным сигнальным каналам (ВСК), то сигналы сначала поступают вместе с пользовательской информацией в транспортный шлюз, а затем передаются в контроллер шлюзов без посредничества шлюза сигнализации.

Протокол MGCP/H.248 является master/slave протоколом. Это означает, что контроллер шлюзов является ведущим, а сам шлюз - ведомым устройством, которое должно выполнять все команды, поступающие от контроллера Call Agent.

Вышеописанное решение обеспечивает масштабируемость сети и простоту управления сетью через контроллер шлюзов. Шлюзы не должны быть интеллектуальными устройствами, требуют меньшей производительности процессоров и, следовательно, становятся менее дорогими. Кроме того, очень быстро вводятся новые протоколы сигнализации или дополнительные услуги, так как эти изменения затрагивают только контроллер шлюзов, а не сами шлюзы.

На рис.8.2 представлено дерево эволюции протокола

MEGACO/H.248.

Основные особенности протокола MEGACO/ H.248.

- Для переноса сигнальных сообщений MEGACO/H.248 могут использоваться протоколы UDP, TCP, SCTP или транспортная технология ATM. Поддержка протокола UDP - одно из обязательных требований к контроллеру шлюзов. Протокол TCP должен поддерживаться и контроллером, и транспортным шлюзом, а поддержка SCTP, технологии ATM, является необязательной.
- сообщения MEGACO/H.248 могут кодироваться двумя способами. Комитет IETF предложил текстовый способ кодирования сигнальной информации, а для описания сеанса связи предложил использовать протокол SDP. ITU-T предусматривает бинарный способ представления сигнальной информации - ASN. 1, а для описания сеансов связи

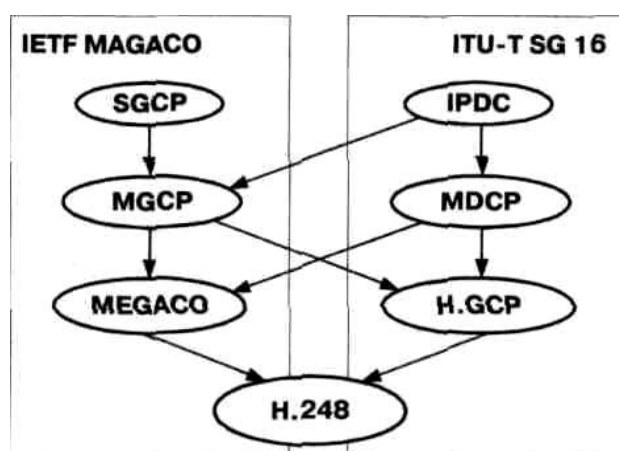


Рис.8.2. Дерево эволюции протокола MEGACO/H.248

рекомендует специальный инструмент - Tag-length-value (TLV). Контроллер шлюза должен поддерживать оба способа кодирования, в то время как шлюз - только один из этих способов

8.2. Модель процесса обслуживания вызова

Протокол H.248 оперирует с двумя логическими объектами внутри транспортного шлюза: порт (termination) и контекст (context), которыми может управлять контроллер шлюза. Пример модели процесса обслуживания вызова приведен на рис.8.3.

Порты являются источниками и приемниками речевой информации. Определено два вида портов: физические и виртуальные. Физические порты, существующие постоянно с момента конфигурации шлюза, это аналоговые телефонные интерфейсы оборудования, поддерживающие одно телефонное соединение, или цифровые каналы, также поддерживающие одно телефонное соединение и сгруппированные по принципу временного разделения каналов в тракт E1. Виртуальные порты,

существующие только в течение разговорной сессии, являются портами со стороны IP сети (RTP-порты), через которые ведутся передача и прием пакетов RTP.

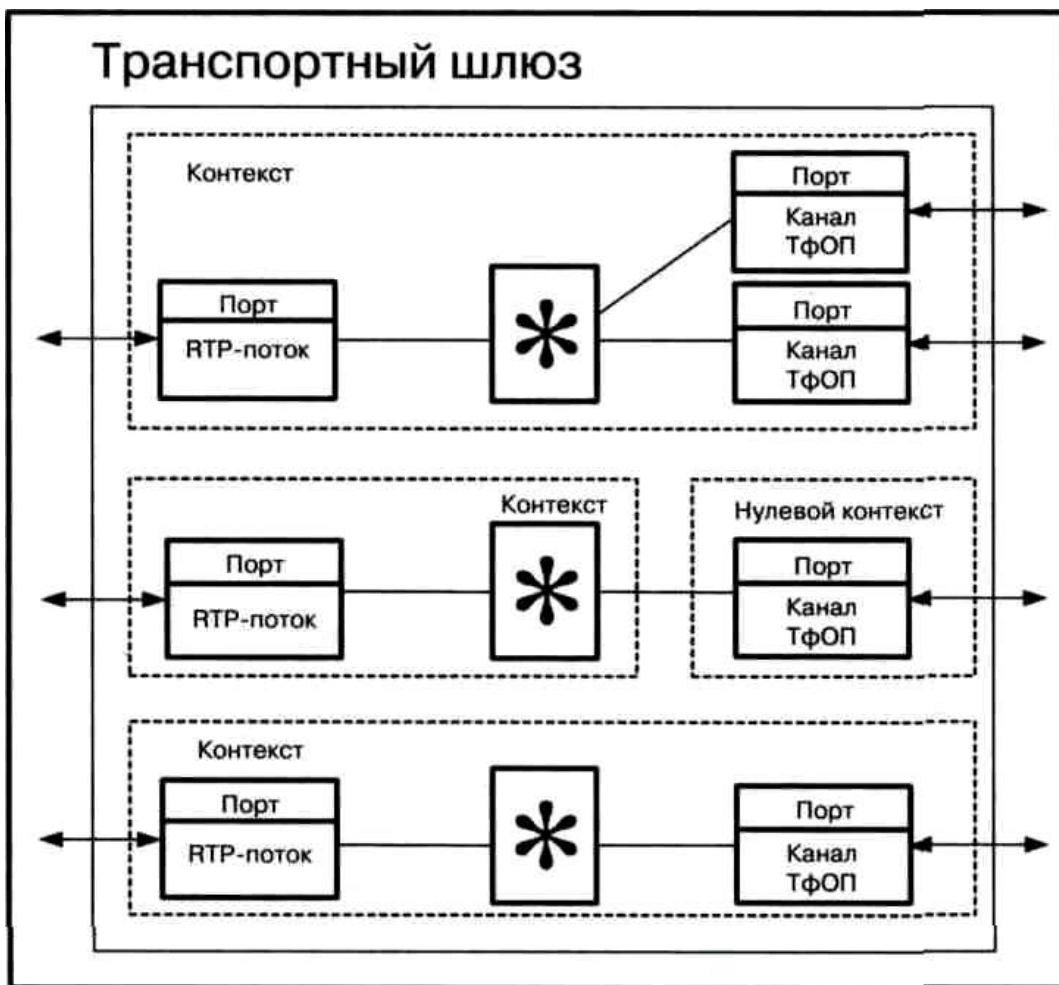


Рис.8.3. Примеры модели процесса обслуживания вызова

Виртуальные порты создаются шлюзом при получении от контроллера команды Add и ликвидируются при получении команды Subtract, тогда как физические порты при получении команды Add или Subtract, соответственно, выводятся из нулевого контекста или возвращаются обратно в нулевой контекст.

Порт имеет уникальный идентификатор (TerminationID), который назначается шлюзом при конфигурации порта. Например, идентификатором порта может служить номер тракта E1 и номер временного канала внутри тракта. Иногда команды могут относиться ко всему шлюзу, тогда используется специальный идентификатор порта (TerminationID) - «Root».

Порты обладают рядом свойств (properties), каждое из которых имеет уникальный идентификатор (propertyID). Например, порты могут обладать свойствами генерировать речевые подсказки, акустические и вызывные сигналы, а также детектировать сигналы DTMF.

При создании портов некоторые свойства присваиваются им по

умолчанию. При помощи протокола MEGACO контроллер может изменять свойства портов шлюза. Свойства портов группируются в дескрипторы, которые включаются в команды управления портами (таблица 8.1).

Таблица 8.1

Дескрипторы протокола MEGACO

Название дескриптора	Описание
Modem	Идентифицирует тип и параметры модема
Mux	Описывает тип мультиплексирования информации, используемый мультимедийными терминалами, например, H.221, H.223, H.225.0
Media	Специфицирует параметры информационного потока
TerminationState	Специфицирует свойства порта шлюза. Дескриптор содержит два параметра. Параметр ServiceStates описывает статус порта (работает в тестовом режиме - test, находится в нерабочем состоянии - out of service, по умолчанию указывается, что порт работает в нормальном режиме - in service). Параметр BufferedEventProcessingMode описывает реакцию шлюза на событие, о котором не надо немедленно оповещать контроллер. Определены две реакции на событие: игнорировать или обработать
Stream	Включает в себя ряд дескрипторов (Remote, Local, LocalControl, Signals, Events), специфицирующих параметры отдельного двунаправленного информационного потока
Local	Содержит параметры, описывающие информационный поток, передаваемый или принимаемый данным шлюзом. Информация, содержащаяся в этом дескрипторе, переносится от одного шлюза к другому
Remote	Содержит параметры, описывающие информационный поток, передаваемый или принимаемый удаленным шлюзом. Информация, содержащаяся в этом дескрипторе, переносится от одного шлюза к другому
LocalControl	Содержит параметр Mode - режим работы и ряд свойств порта. Параметр Mode может принимать значения send-only, receive-only, send/receive, inactive, loop-back и delete. Дескриптор передается на участке между шлюзом и контроллером
Events	Определяет события, которые шлюз должен отслеживать, и реакцию на эти события. Определены следующие реакции: NotifyAction (известить контроллер), Accumulate (сохранить информацию о

	события в буфере), AccumulateByDigitMap (накопить цифры номера в соответствии с планом нумерации), KeepActive (известить контроллер, и продолжить передачу сигнала)
Signals	Описывает сигналы конечному пользователю, передачу которых порт шлюза должен начать или прекратить
Audit	Содержит информацию (в виде ряда дескрипторов), которую контроллер запрашивает у шлюза. Посылается в командах AuditValue и AuditCapabilities
Packages	Описывает совокупность свойств порта, передается в команде AuditValue
DigitMap	При помощи этого дескриптора контроллер информирует шлюз об используемом плане нумерации
ServiceChange	Содержит информацию, относящуюся к изменению состояния порта шлюза, такую как причина, метод изменения и др.
Observed Events	Содержит информацию о произошедших событиях. Передается в командах Notify и AuditValue
Statistics	Содержит статистическую информацию, собранную портом за время соединения
Extension	Позволяет передавать информацию, не специфицированную в протоколе

Контекст - это отображение связи между несколькими портами, то есть абстрактное представление соединения двух или более портов одного шлюза. В любой момент времени порт может относиться только к одному контексту, который имеет свой уникальный идентификатор. Существует особый вид контекста - нулевой. Все порты, входящие в нулевой контекст, не связаны ни между собой, ни с другими портами. Например, абстрактным представлением свободного (не занятого) канала в модели процесса обслуживания вызова является порт в нулевом контексте.

В общем случае для присоединения порта к контексту служит команда Add. При этом, если контроллер не специфицирует существующий контекст, к которому должен быть добавлен порт, то шлюз создает новый контекст.

Если шлюз поддерживает конференцию, то контекст определяет топологию связей между портами, участвующими в конференции, то есть возможные направления потоков информации для каждой пары портов.

Общие черты протоколов MGCP и H.248.

- Оба протокола используются в сетях с одинаковой архитектурой, где транспортными шлюзами управляют высокоинтеллектуальные контроллеры.
- Оба протокола умеют работать со шлюзами одних и тех же видов,

- классификация шлюзов была дана в предыдущей главе.
- Порты шлюзов поддерживают детектирование одних и тех же событий и генерацию одних и тех же сигналов.
 - Используются одинаковые транспортные механизмы для доставки сообщений систем сигнализации OKC7, DSS1, ВСК.
 - Процедуры установления и разрушения соединений, реализуемые обоими протоколами, идентичны.
 - используются одинаковые механизмы поддержания защиты сети.
- Отличие протокола H.248 от протокола MGCP

- использование иной модели организации связи. Протокол MEGACO/H.248 работает не только с телефонными портами, но и UDP-портами. Connection в модели MGCP - это, в общем случае, подключение к соединению между портами разного оборудования, context в модели MEGACO/H.248 всегда отображает связь между портами одного шлюза (рис. 8.6).
- Меняя топологию связей портов, относящихся к одному контексту, при помощи протокола MEGACO контроллер может гибко управлять конференциями. Данной возможности в протоколе MGCP не предусмотрено.
- для протокола MEGACO/H.248 предусмотрено два способа кодирования, тогда как сообщения протокола MGCP представляются в текстовом формате, а бинарный способ кодирования не поддерживается. Кроме того, в протоколах используются разные параметры команд и коды ошибок.

8.3. Структура команд и ответов H.248

Команды используются для манипулирования двумя основными объектами протокола H.248 - портами и контекстами. В большинстве случаев команды передает контроллер, но существуют два исключения: команда `Notify`, передается шлюзом, а команда `ServiceChange` может передаваться и шлюзом, и контроллером.

Команда `Add` добавляет порт к контексту. Если команда относится к первому порту, который должен быть добавлен к контексту, то создается новый контекст. В ответе на команду должен передаваться `TerminationID`, назначенный шлюзом.

Команда `Modify` изменяет свойства, события или сигналы для существующего порта. Если команда относится к конкретному порту шлюза, участвующего в контексте, то должен быть указан идентификатор порта.

Команда `Subtract` отключает порт от существующего контекста. В ответ на команду `Subtract` в дескрипторе `StatisticsDescriptor` шлюз посылает статистику, собранную за время соединения.

Таблица 8.2.

Команды протокола MEGACO/H.248

Команда	Направление передачи	Назначение
Add (Добавить)	MGC -> MG	Контроллер дает указание шлюзу добавить порт к контексту
Modify (Изменить)	MGC → MG	Контроллер дает указание шлюзу изменить свойства порта
Subtract (Отключить)	MGC → MG	Контроллер изымает порт из контекста
Move (Перевести)	MGC → MG	Контроллер переводит порт из одного контекста в другой в одно действие
AuditValue (Проверить порт)	MGC → MG	Контроллер запрашивает свойства порта, произошедшие события или сигналы, передаваемые в канал, а также статистику, собранную на текущий момент времени
AuditCapabilities (Проверить возможности порта)	MGC → MG	Контроллер запрашивает возможные значения свойств порта, список событий, которые могут быть выявлены портом, список сигналов, которые порт может посылать в канал, статические данные
Notify (Уведомить)	MG → MGC	Шлюз информирует контроллер о произошедших событиях
ServiceChange (Рестарт)	MG→MGC, MGC → MG	Шлюз информирует контроллер о том, что один или несколько портов выходят из рабочего состояния или возвращаются в рабочее состояние. Контроллер может предписать порту или группе портов выйти из обслуживания или вернуться в обслуживание

Команда Move переводит порт из текущего контекста в другой контекст в одно действие.

При помощи команды AuditValue контроллер запрашивает сведения о свойствах порта, произошедших событиях или сигналах, передаваемых в канал, а также статистику, собранную на текущий момент. В ответ на команду передаются запрашиваемые параметры порта или портов шлюза.

При помощи команды AuditCapabilities контроллер запрашивает возможные значения свойств порта, список событий, которые могут быть обнаружены портом, список сигналов, которые порт может передавать в канал, статические данные. В ответ на команду передаются запрашиваемые параметры порта.

Команда Notify служит для того, чтобы известить контроллер о событиях, которые произошли в шлюзе.

Команда ServiceChange позволяет шлюзу известить контроллер о

том, что порт или группа портов вышли из обслуживания или вернулись в обслуживание. Media Gateway Controller может предписать порту выйти из обслуживания или вернуться в обслуживание. При помощи данной команды контроллер может передать управление шлюзом другому контроллеру. В таблице 8.3 приведены коды ошибок, используемые в протоколе H.248.

Таблица 8.3.

Коды ошибок

Код ошибок	Описание
400	Некорректный запрос
401	Ошибка в протоколе
402	Авторизация не подтверждена
403	Синтаксическая ошибка в транзакции
410	Некорректный идентификатор
411	В транзакции указан идентификатор несуществующего контекста
412	Отсутствуют свободные идентификаторы контекста
420	Нет такого события или сигнала в пакете (package)
421	Неизвестная акция или некорректная комбинация акций
422	Синтаксическая ошибка в акции
430	Неизвестный идентификатор порта
431	Несуществующий идентификатор порта
432	Отсутствуют свободные идентификаторы портов
433	Порт, с указанным идентификатором, уже добавлен к контексту
440	Не поддерживаемый или неизвестный пакет
441	Отсутствует дескриптор Remote
442	Синтаксическая ошибка в команде
443	Не поддерживаемая или неизвестная команда
444	Не поддерживаемый или неизвестный дескриптор
445	Не поддерживаемое или неизвестное свойство
446	Не поддерживаемый или неизвестный параметр
447	Дескриптор не совместим с командой
448	Два одинаковых дескриптора в команде
450	Отсутствующее в пакете свойство
451	Отсутствующее в пакете событие
452	Отсутствующий в пакете сигнал
453	Отсутствующая в пакете статистическая информация
454	Отсутствующее значение параметра в пакете
455	Параметр не совместим с дескриптором
456	Два одинаковых параметра или свойства в дескрипторе
500	Внутренняя ошибка в шлюзе

501	Не поддерживается
502	Оборудование не готово
503	Услуга не реализована
510	Недостаточно ресурсов
512	Шлюз не оборудован для детектирования требуемого события
513	Шлюз не оборудован для генерирования требуемого сигнала
514	Шлюз не может воспроизвести уведомление или подсказку
515	Не поддерживаемый вид информации
517	Не поддерживаемый или некорректный режим
518	Переполнение буфера, в котором хранится информация о произошедших событиях
519	Не хватает памяти для хранения плана нумерации
520	Шлюз не имеет информации об используемом плане нумерации
521	Порт рестартовал
526	Недостаточная полоса пропускания
529	Внутренняя неисправность в аппаратном обеспечении
530	Временная неисправность сети
531	Постоянная неисправность сети
581	Не существует

8.4. Пример установления и разрушения соединения. Функции Softswitch

На рис.8.4 приведен пример установления соединения с использованием протокола MEGACO между двумя шлюзами (Residential Gateway), управляемыми одним контроллером. В данном примере вызывающий шлюз MG1 - имеет IP-адрес 124.124.124.222, адрес вызываемого шлюза MG2 - 125.125.125.111, адрес контроллера шлюзов MGC - 123.123.123.4. Порт для связи по протоколу MEGACO для всех трех устройств по умолчанию имеет значение 55555

1. Шлюз MG1 регистрируется у контроллера MGC при помощи команды ServiceChange. Использование нулевого контекста означает, что порт в настоящий момент не участвует ни в каком соединении, а использование идентификатора порта ROOT означает, что команда относится ко всему шлюзу, а не к какому-нибудь определенному порту.

2. Контроллер подтверждает регистрацию шлюза

3. Шлюз имеет свободные аналоговые порты, которые должны быть запрограммированы для отслеживания изменения сопротивления абонентского шлейфа, означающего поднятие абонентом трубки, после чего шлюз должен передать абоненту акустический сигнал «Ответ станции». Программирование производится при помощи команды Modify с

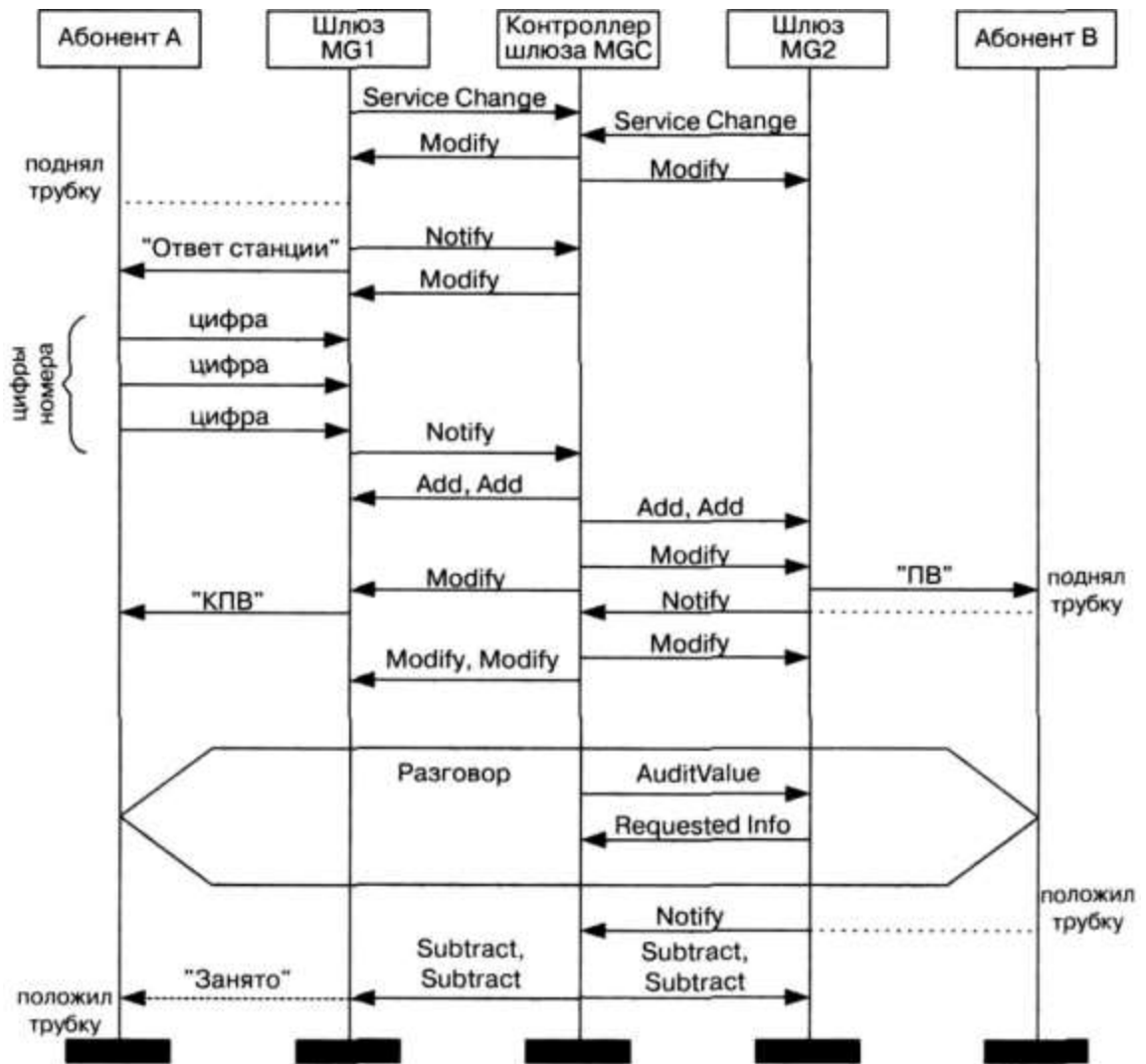


Рис.8.4. Алгоритм установления и разрушения соединения с помощью протокола MEGACO

соответствующими параметрами, причем программируется порт, находящийся в нулевом контексте. В команде указывается идентификатор порта (terminationid) -A4444, идентификатор информационного потока (streamid) -1, транспортный адрес оборудования, передавшего команду - [123.123.123.4] :55555, специфицируется режим функционирования - дуплексный (SendReceive).

На этом же этапе в шлюз может быть загружен план нумерации (в дескрипторе digit map). В этом случае, после того как абонент поднимет трубку, шлюз должен передать ему акустический сигнал «Ответ станции» и начинать прием сигналов DTMF в соответствии с планом нумерации. Однако в нашем примере план нумерации будет загружен только после того, как абонент поднимет трубку, на 8 шаге.

Кроме того, следует отметить, что шаги 3 и 4 данного алгоритма могут быть совмещены с шагами 8 и 9, соответственно, при помощи дескриптора EventsDescriptor. При этом шаги 6 и 7 опускаются.

4. Шлюз MG1 подтверждает выполнение команды Modify:
 5. Подобным же образом (шаги 1-4) программируется аналоговый порт шлюза MG2, в нашем примере имеющий идентификатор A5555.
 6. Далее шлюз MG1 обнаруживает, что абонент А поднял трубку, и извещает об этом событии Media Gateway Controller при помощи команды Notify. mgi
 7. Контроллер подтверждает получение команды Notify:
 8. На следующем шаге MGC дает шлюзу инструкцию накапливать цифры номера вызываемого абонента в соответствии с выбранным планом нумерации. Кроме того, после получения первой цифры номера необходимо остановить передачу акустического сигнала «Ответ станции».
 14. Контроллер MGC создает в шлюзе MG2 контекст для установления дуплексного соединения (режим SendReceive) с вызывающим пользователем.
 15. Создание контекста подтверждается, физический порт шлюза MG2 A5555 соединяется с UDP/RTP портом, имеющим идентификатор A5556. Отметим, что RTP-порт имеет номер 1111, т.е. отличный от номера порта Megaco/H.248 - 55555.
 16. Контроллер MGC предписывает порту A5555 шлюза MG2 начать передачу вызывного сигнала.
 17. Шлюз MG2 подтверждает передачу сигнала «Посылка вызова» вызываемому абоненту.
 18. Контроллер предписывает шлюзу MG1 начать передачу вызываемому абоненту акустического сигнала «Контроль посылки вызова (КПВ)».
 19. Шлюз MG1 подтверждает передачу указанного акустического сигнала в порт A4444.
- На этом этапе обоим абонентам, участвующим в соединении, посылаются соответствующие сигналы, и шлюз MG2 ждет, пока вызываемый абонент примет входящий вызов, после чего между двумя шлюзами будут организованы двунаправленные разговорные каналы.
20. Шлюз MG2 обнаружил, что вызываемый абонент поднял трубку, и извещает об этом контроллер MGC.
 21. Контроллер подтверждает получение команды Notify.
 22. Далее контроллер MGC предписывает шлюзу MG2 прекратить передачу вызывного сигнала.
 23. Шлюз MG2 подтверждает выполнение команды.
 24. Далее, контроллер разрешает шлюзу MG1 не только принимать, но и передавать информацию (режим SendReceive), и останавливает передачу вызываемому абоненту акустического сигнала «КПВ».
 25. Шлюз MG1 подтверждает выполнение команды.
MG1 to MGC:
 26. После этого начинается разговорная фаза соединения, в течение которой участники обмениваются речевой информацией. Следующим шагом контроллер MGC принимает решение проверить RTP-порт в шлюзе MG2.

27. Шлюз MG2 выполняет команду. В ответе на команду AuditValue передается вся запрашиваемая информация, в том числе статистика, собранная за время соединения. Кроме того, из ответа видно, что не произошло никаких событий и не передавалось никаких сигналов.

28. Вызываемый абонент первым завершает соединение, и шлюз MG2 извещает об этом контроллер MGC.

29. Контроллер MGC подтверждает получение сообщения Notify.

MGC to MG2:

30. Получив информацию от любого из шлюзов о том, что один из абонентов положил трубку, контроллер MGC завершает соединение. К обоим шлюзам передается команда Subtract. Алгоритм завершения соединения предусматривает одинаковый обмен сигнальными сообщениями между контроллером и обоими шлюзами, поэтому здесь этот алгоритм рассматривается на примере шлюза MG2.

31. Каждый из портов шлюза MG2, участвующих в соединении (физический порт - A5555 и RTP-порт - A5556), возвращает статистику, собранную за время соединения. В общем случае, контроллер может запрашивать статистическую информацию только у одного из портов.

32. После завершения соединения контроллер MGC предписывает шлюзам MG1 и MG2 быть готовыми к тому, что кто-то из обслуживаемых ими абонентов поднимет трубку. Портам шлюза, отображаемым окончаниями в нулевом контексте, по умолчанию может быть предписано обнаруживать, что абонент поднял трубку, при этом контроллер не передает шлюзам специальные команды, как это было показано ранее (шаг 3).

8.4.1. Функции Softswitch

Основными типами оборудования, используемыми в сетях следующего поколения (широкополосных сетях) являются Softswitch, шлюзы, терминальное оборудование.

Softswitch реализует функции по логике обработки вызова, доступу к серверам приложения, сбору статистической информации, сигнальному взаимодействию с сетью ТфОП и внутри пакетной сети, управлению установлением соединения и др.

Softswitch является основным устройством, реализующим функции уровня управления коммутацией и передачей информации. В оборудовании Softswitch должны быть реализованы следующие основные функции:

- функция управления базовым вызовом, обеспечивающая прием и обработку сигнальной информации и реализацию действий по установлению соединения в пакетной сети;
- функция аутентификации и авторизации абонентов, подключаемых в пакетную сеть как непосредственно, так и с использованием оборудования доступа ТфОП;
- функция маршрутизации вызовов в пакетной сети;

- функция тарификации, сбора статистической информации;
- функция управления оборудованием транспортных шлюзов;
- функция предоставления ДВО (дополнительных видов обслуживания). Реализуется в оборудовании Softswitch или совместно с сервером приложений;
- функция ОАМ&Р: эксплуатация, управление (администрирование), техническое обслуживание и предоставление той информации, которая не нужна непосредственно для управления вызовом и может передаваться к системе управления элементами через логически отдельный интерфейс;
- функция менеджмента: обеспечивает взаимодействие с системой менеджмента сети.

Дополнительно в оборудовании Softswitch могут быть реализованы следующие функции:

- функция SP STP сети ОКС7;
- функция предоставления расширенного списка ДВО. Реализуется самостоятельно или с использованием серверов приложений;
- функция взаимодействия с серверами приложений;
- функция SSP;

Основные характеристики Softswitch – это производительность, поддерживаемые протоколы, поддерживаемые интерфейсы.

Производительность Softswitch – максимальное количество обслуживаемых базовых вызовов за единицу времени (как правило, за час). Производительность Softswitch — это одна из главных характеристик, на основе которой должен проводиться выбор оборудования и проектирование сети. Следует понимать, что Softswitch обслуживает вызовы от различных источников нагрузки, каковыми являются:

- вызовы от терминалов, предназначенных для работы в сетях ССП (терминалы SIP и H.323, а также IP-УПАТС);
- вызовы от терминалов, не предназначенных для работы в сетях ССП (аналоговые и ISDN-терминалы) и подключаемых через оборудование резидентных шлюзов доступа;
- вызовы от оборудования сети доступа, не предназначенного для работы в сетях ССП (концентраторы с интерфейсом V5) и подключаемого через оборудование шлюзов доступа;
- вызовы от оборудования, использующего первичный доступ (УПАТС) и подключаемого через оборудование шлюзов доступа;
- вызовы от сети ТфОП, обслуживаемые с использованием сигнализации ОКС7, с включением сигнальных каналов ОКС7 либо непосредственно в Softswitch, либо через оборудование сигнальных шлюзов;
- вызовы от других Softswitch, обслуживаемые с использованием сигнализации SIP-T.

Производительность оборудования Softswitch различна при обслуживании

вызовов от различных источников, что объясняется как различным объемом и характером поступления сигнальной информации от разных источников, так и заложенными алгоритмами обработки сигнальной информации. При проектировании сети *ССП*, в части возможностей *Softswitch*, важно иметь наиболее полную информацию о производительности для различных видов нагрузки, а также для смешанных типов нагрузки при различных долях каждого из видов.

Надежность *Softswitch* – свойство объекта сохранять во времени и в установленных пределах значения всех параметров и способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения. Требования по надежности к оборудованию *Softswitch* характеризуются средней наработкой на отказ, средним временем восстановления, коэффициентом готовности, сроком службы. При проектировании сети следует понимать, что выход из строя *Softswitch* приведет к пропаже всех видов связи в обслуживаемом сетевом фрагменте (домене); поэтому должны быть предусмотрены меры по обеспечению дублирования и защиты оборудования.

Оборудование *Softswitch* может поддерживать следующие виды протоколов.

1. При взаимодействии с существующими фрагментами сети ТфОП:
 - непосредственное взаимодействие: ОКС7 в части протоколов МТР, ISUP и SCCP;
 - взаимодействие через *сигнальные иллюзы*,: M2UA, M3UA, M2PA для передачи сигнализации ОКС7 через пакетную сеть;
 - V5UA для передачи сигнальной информации V5 через пакетную сеть;
 - IUA для передачи сигнальной информации первичного доступа ISDN через пакетную сеть;
 - MEGACO (H.248) для передачи информации, поступающей по системам сигнализации по выделенным сигнальным каналам (2BCK). В настоящее время известны подобные реализации в части системы сигнализации R1; требований и примеров реализации MEGACO для поддержки российской системы сигнализации R1.5 не существует.
2. При взаимодействии с терминальным оборудованием:
 - непосредственное взаимодействие с терминальным оборудованием пакетных сетей: SIP и H.323;
 - взаимодействие с оборудованием *иллюзов*, обеспечивающим подключение терминального оборудования ТфОП: MEGACO (H.248) для передачи сигнализации по аналоговым абонентским линиям; IUA для передачи сигнальной информации базового доступа ISDN.
3. При взаимодействии с другими *Softswitch*: SIP-T.
4. При взаимодействии с оборудованием интеллектуальных платформ (SCP): INAP.

5. При взаимодействии с серверами приложений: в настоящее время такое взаимодействие, как правило, базируется на внутрифирменных протоколах, в основе которых лежат технологии JAVA, XML, SIP и др.
6. При взаимодействии с оборудованием *транспортных шлюзов*:
 - для *шлюзов*, поддерживающих транспорт IP или IP/ATM: H.248, MGCP, IPDC и др.;
 - для *шлюзов*, поддерживающих транспорт ATM: BICC.

Поддерживаемые интерфейсы

Как правило, оборудование *Softswitch* поддерживает следующие виды интерфейсов:

- интерфейс E1 (2048 Кбит/с) для подключения сигнальных каналов OKC7, включаемых непосредственно в *Softswitch*;
- интерфейсы семейства Ethernet для подключения к IP-сети. Через Ethernet-интерфейсы передается сигнальная информация в направлении пакетной сети.

Контрольные вопросы

1. Какие из протоколов являются сигнальными протоколами сети NGN?
2. Какие из протоколов являются протоколами услуг сети NGN?
3. Что должен осуществлять программный коммутатор (*Softswitch*)?
4. Какой протокол является основным транспортным протоколом для мультимедийных приложений?
5. Что обеспечивают протоколы сигнализации?
6. На какие фазы делится процедура установления соединения?
7. Каким образом стыкуется нумерация в ТфОП с адресацией в IP-сетях?
8. Что означает принцип декомпозиции шлюза?
9. Сколько шлюзов должно быть при протоколе H.248?
10. Какой протокол обеспечивает перенос сообщений протокола MGCP/H.248?
11. Какие существуют виды команд H.248?
12. Каково назначение ответов протокола H.248?

Список используемой литературы

1. Садчикова С.А. IP-ТЕЛЕФОНИЯ. Учебное пособие для студентов специальностей 5А522202, 5А522203, 5А522205, 5А522216. Ташкент. ТУИТ.2008
2. Гулевич Д. С. Сети связи следующего поколения. БИНОМ. Лаборатория знаний, Интернет-университет информационных технологий - ИНГУИТ.ру, 2007.
3. Росляков А.В. Сети следующего поколения NGN. - Эко-Трендз, 2008. - 424с.
4. Гольдштейн Б.С., Гольдштейн А.Б. SoftSwitch. СПб.: БХВ - Санкт-Петербург, 2006.

5. Материалы курса «Программное обеспечение узлов коммутации (ПОУК)» <http://www.teic.uz/dlnet>
6. Материалы курса «IP-телефония» <http://www.teic.uz/dlnet>
7. Материалы курса «Сети связи следующего поколения» <http://www.INTUIT.ru>

Тема 9: Широкополосные транспортные сети технологии SDH и SONET

План:

1. Элементы системы SDH и образование групповых трактов.
2. Архитектура различных сетей SDH.
3. Методы повышения надежности и устойчивости сетей SDH.
4. Образование групповых трактов высокого порядка.

Ключевые слова: технология SDH, STM-1, STM-4, STM-16, STM-64, ADM мультиплексор ввода-вывода, виртуальные контейнеры, секции SDH, структуры SDH транспортных сетей. Структура «точка-точка». Структура «линейная цепь». Структура «плоское кольцо». Структура «звезда». Структура «двухволоконное кольцо». Структура «четырёхволоконное кольцо».

9.1. Элементы системы SDH и образование групповых трактов

Современная цифровая транспортная (первичная) сеть может строиться на основе трех технологий: PDH, SDH и ATM.

Первичная цифровая сеть на основе PDH/SDH состоит из узлов мультиплексирования (мультиплексоров), выполняющих роль преобразователей между каналами различных уровней иерархии стандартной пропускной способности, регенераторов, восстанавливающих цифровой поток на протяженных трактах, и цифровых кроссов, которые осуществляют коммутацию на уровне каналов и трактов первичной сети. Схематично структура первичной сети представлена на рис.9.1. Как видно из рисунка, первичная сеть строится на основе типовых каналов, образованных системами передачи. Современные системы передачи используют в качестве среды передачи сигналов электрический и оптический кабель, а также радиочастотные средства (радиорелейные и спутниковые системы передачи). Цифровой сигнал типового канала имеет определенную логическую структуру, включающую цикловую структуру сигнала и тип линейного кода. Цикловая структура сигнала используется для синхронизации, процессов мультиплексирования и демультиплексирования между различными уровнями иерархии каналов первичной сети, а также для контроля блоковых ошибок. Линейный код обеспечивает помехоустойчивость передачи цифрового сигнала. Аппаратура передачи осуществляет преобразование цифрового сигнала с цикловой структурой в модулированный электрический сигнал, передаваемый затем по среде передачи. Тип модуляции зависит от используемой аппаратуры и среды передачи.

Таким образом, внутри цифровых систем передачи осуществляется передача электрических сигналов различной структуры, на выходе цифровых систем передачи образуются каналы цифровой первичной сети, соответствующие стандартам по скорости передачи, цикловой структуре и типу линейного кода.

Обычно каналы первичной сети приходят на узлы связи и оканчиваются в линейно-аппаратном цехе (ЛАЦе), откуда кроссируются для использования во вторичных сетях.

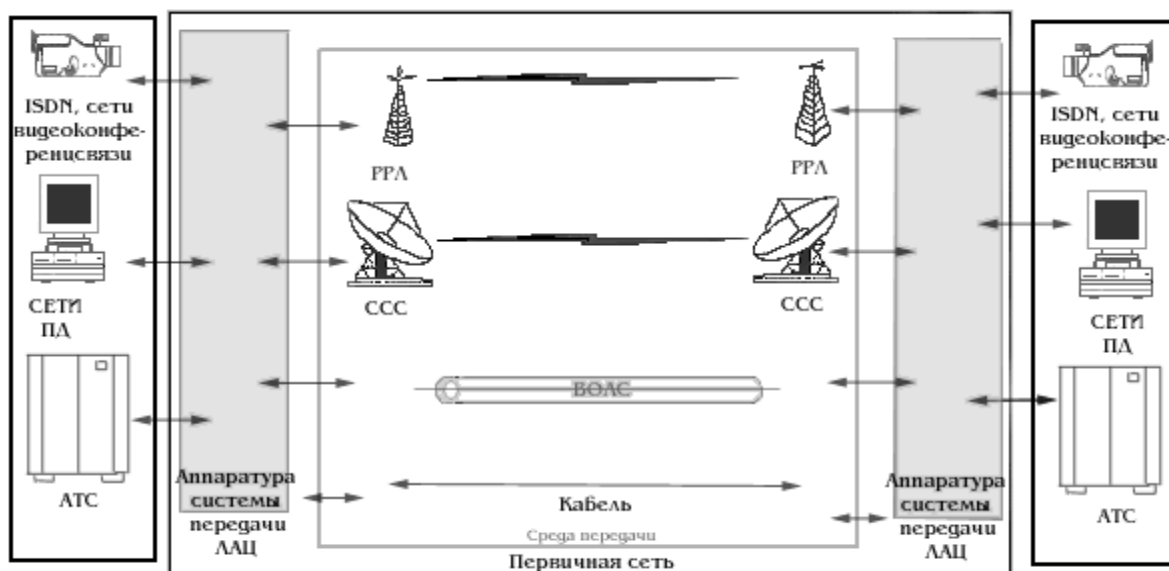


Рис. 9.1. Структура первичной сети

Технология SDH представляет собой современную концепцию построения цифровой первичной сети. В настоящее время эта концепция доминирует на рынке. Сравнивая технологию SDH с технологией PDH, можно выделить следующие особенности технологии SDH:

- предусматривает синхронную передачу и мультиплексирование. Элементы первичной сети SDH используют для синхронизации один задающий генератор, вопросы построения систем синхронизации становятся особенно важными;
- предусматривает прямое мультиплексирование и демultipлексирование потоков PDH, так что на любом уровне иерархии SDH можно выделять загруженный поток PDH без процедуры пошагового демultipлексирования;
- опирается на стандартные оптические и электрические интерфейсы, что обеспечивает лучшую совместимость оборудования различных фирм-производителей;
- позволяет объединить системы PDH европейской и американской иерархии, обеспечивает полную совместимость с существующими системами PDH и обеспечивает каналы высокой пропускной способности для передачи ATM, MAN, HDTV и т.д.;

- обеспечивает лучшее управление и самодиагностику первичной сети. Большое количество сигналов о неисправностях, передаваемых по сети SDH, дает возможность построения систем управления на основе платформы TMN, обеспечивает возможность управления сколь угодно разветвленной первичной сетью из одного центра.

Выделим общие особенности построения синхронной иерархии:

- поддержка в качестве входных сигналов каналов доступа только трибов (прим. от trib, tributary - компонентный сигнал, подчинённый сигнал или нагрузка, поток нагрузки) PDH и SDH;
- трибы должны быть упакованы в стандартные помеченные контейнеры, размеры которых определяются уровнем триба в иерархии PDH;
- положение виртуального контейнера может определяться с помощью указателей, позволяющих устранить противоречие между фактом синхронности обработки и возможным изменением положения контейнера внутри поля полезной нагрузки;
- несколько контейнеров одного уровня могут быть сцеплены вместе и рассматриваться как один непрерывный контейнер, используемый для размещения нестандартной полезной нагрузки;
- предусмотрено формирование отдельного поля заголовков размером $9 \times 9 = 81$ байт.

Иерархия SDH включает в себя несколько уровней STM (см. табл.9.1).

Таблица 9.1.

Скорости передач иерархии SDH

Уровень SDH	Скорость передачи, Мбит/с
STM-1	155,520
STM-4	622,080
STM-16	2487,320 или 2,5G
STM-64	9953,280 или 10G

Сеть SDH, как и любая сеть, строится из отдельных функциональных модулей ограниченного набора: мультиплексоров, коммутаторов, концентраторов, регенераторов и терминального оборудования. Этот набор определяется основными функциональными задачами, решаемыми сетью:

- сбор входных потоков через каналы доступа в агрегатный блок, пригодный для транспортировки в сети SDH - **задача мультиплексирования**, решаемая **терминальными мультиплексорами** - ТМ сети доступа;
- транспортировка агрегатных блоков по сети с возможностью ввода/вывода входных/выходных потоков - **задача транспортирования**, решаемая **мультиплексорами ввода/вывода** - ADM, логически управляющими информационным потоком в сети, а

- физически - потоком в физической среде, формирующей в этой сети транспортный канал;
- перегрузка виртуальных контейнеров в соответствии со схемой маршрутизации из одного сегмента сети в другой, осуществляемая в выделенных узлах сети, - **задача коммутации**, или **кросс-коммутации**, решаемая с помощью **цифровых коммутаторов** или **кросс-коммутаторов** - DXC;
 - объединение нескольких однотипных потоков в распределительный узел - концентратор (или хаб) - **задача концентрации**, решаемая **концентраторами**;
 - восстановление (регенерация) формы и амплитуды сигнала, передаваемого на большие расстояния, для компенсации его затухания - **задача регенерации**, решаемая с помощью **регенераторов** - устройств, аналогичных повторителям в LAN;
 - сопряжение сети пользователя с сетью SDH - **задача сопряжения**, решаемая с помощью **оконечного оборудования** - различных согласующих, устройств, например, конверторов интерфейсов, конверторов скоростей, конверторов импедансов и т.д. Рассмотрим работу некоторых модулей.

Мультиплексор. Основным функциональным модулем сетей SDH является мультиплексор. Мультиплексоры SDH выполняют как функции собственно мультиплексора, так и функции устройств терминального доступа, позволяя подключать низкоскоростные каналы PDH иерархии непосредственно к своим входным портам. Они являются универсальными и гибкими устройствами, позволяющие решать практически все перечисленные выше задачи, т.е. кроме задачи мультиплексирования выполнять задачи коммутации, концентрации и регенерации. Это оказывается возможным в силу модульной конструкции SDH мультиплексора - SMUX, при которой выполняемые функции определяются лишь возможностями системы управления и составом модулей, включённых в спецификацию мультиплексора.

Принято, однако, выделять два основных типа SDH мультиплексора: **терминальный мультиплексор** и **мультиплексор ввода/вывода**. Терминальный мультиплексор ТМ является мультиплексором и оконечным устройством SDH сети с каналами доступа, соответствующим трибам доступа PDH и SDH иерархии (рис.9.2). Терминальный мультиплексор может либо вводить каналы, т.е. коммутировать их со входа трибного интерфейса на линейный выход, или выводить каналы, т.е. коммутировать с линейного входа на выход трибного интерфейса. Мультиплексор ввода/вывода ADM может иметь на входе тот же набор трибов, что и терминальный мультиплексор (рис.9.2). Он позволяет вводить/выводить соответствующие им каналы. Дополнительно к возможностям коммутации, обеспечиваемым ТМ, ADM позволяет осуществлять сквозную коммутацию выходных потоков в обоих направлениях, а также осуществлять замыкание канала приёма на канал

передачи на обеих сторонах ("восточный" и "западный") в случае выхода из строя одного из направлений. Наконец, он позволяет (в случае аварийного выхода из строя мультиплексора) пропускать основной оптический поток мимо него в обходном режиме. Всё это даёт возможность использовать ADM в топологиях типа кольца.

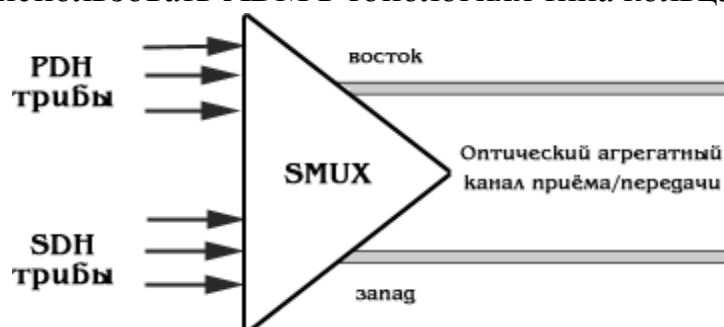


Рис.9.2. Синхронный мультиплексор (SMUX): терминальный мультиплексор ТМ или мультиплексор ввода/вывода ADM.

Регенератор представляет собой вырожденный случай мультиплексора, имеющего один входной канал - как правило, оптический триб STM-N и один или два агрегатных выхода (рис.9.3). Он используется для увеличения допустимого расстояния между узлами сети SDH путём регенерации сигналов полезной нагрузки. Обычно это расстояние составляет 15-40км. для длины волны порядка 1300нм или 40 - 80км. - для 1500нм.

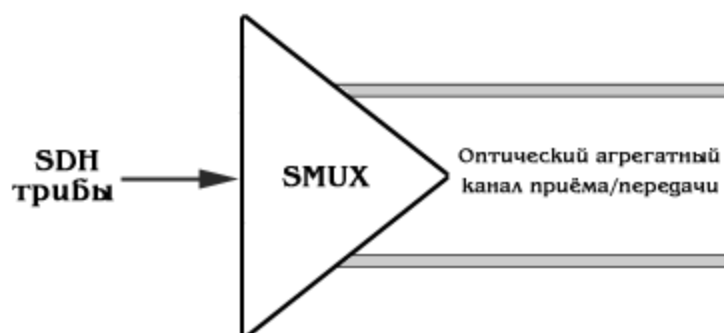


Рис.9.3. Мультиплексор в режиме регенератора.

Коммутатор. Физически возможности внутренней коммутации каналов заложены в самом мультиплексоре SDH, что позволяет говорить о мультиплексоре как о внутреннем или локальном коммутаторе. На рис.3.3., например, менеджер полезной нагрузки может динамически изменять логическое соответствие между трибным блоком TU и каналом доступа, что равносильно внутренней коммутации каналов. Кроме этого, мультиплексор, как правило, имеет возможность коммутировать собственные каналы доступа, (рис.9.4), что равносильно локальной коммутации каналов. На мультиплексоры, например, можно возложить задачи локальной коммутации на уровне однотипных каналов доступа, т.е. задачи, решаемые концентраторами (рис.9.5). В общем случае приходится

использовать специально разработанные синхронные коммутаторы - SDXC, осуществляющие не только локальную, но и общую или проходную (сквозную) коммутацию высокоскоростных потоков и синхронных транспортных модулей STM-N (рис.9.6). Важной особенностью таких коммутаторов является отсутствие блокировки других каналов при коммутации, когда коммутация одних групп TU не накладывает ограничений на процесс обработки других групп TU. такая коммутация называется не блокирующей.

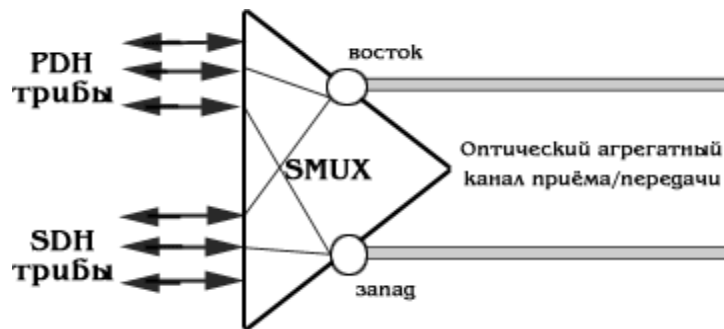


Рис. 9.4. Мультиплексор ввода/вывода в режиме внутреннего коммутатора

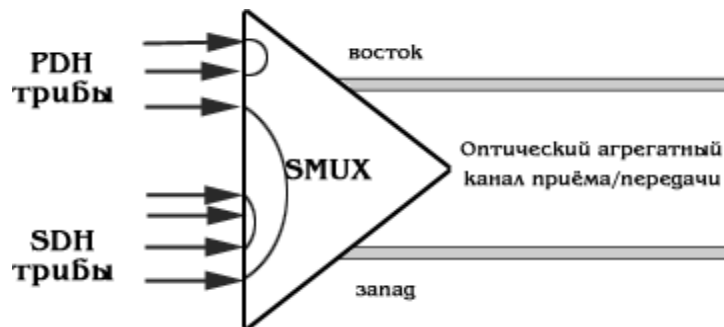


Рис.9.5. Мультиплексор ввода/вывода в режиме локального коммутатора

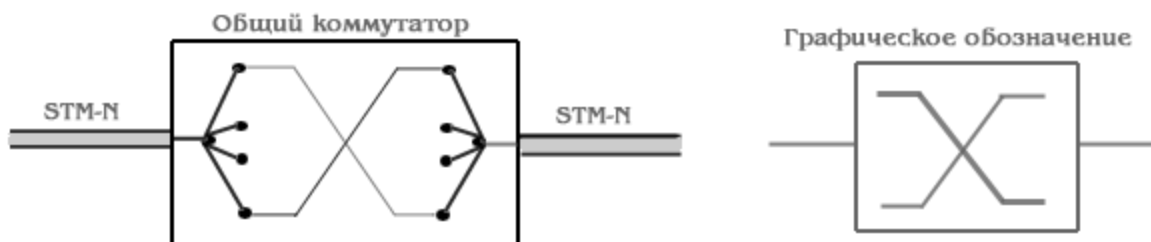


Рис.9.6. Общий или проходной коммутатор высокоскоростных каналов.

Можно выделить шесть различных функций, выполняемых коммутатором:

1. маршрутизация (routing) виртуальных контейнеров VC, проводимая на основе использования информации в маршрутном заголовке ROH соответствующего контейнера;
2. консолидация или объединение (consolidation/hubbing) виртуальных контейнеров VC, проводимая в режиме концентратора/хаба;
3. трансляция (translation) потока от точки к нескольким точкам, или к мультиточке, осуществляемая при использовании режима связи "точка - мультиточка";
4. сортировка или перегруппировка (drooming) виртуальных контейнеров VC, осуществляемая с целью создания нескольких упорядоченных потоков VC из общего потока VC, поступающего на коммутатор;
5. доступ к виртуальному контейнеру VC, осуществляемый при тестировании оборудования;
6. ввод/вывод (drop/insert) виртуальных контейнеров, осуществляемый при работе мультиплексора ввода/вывода;

9.2. Архитектура различных сетей SDH

Существует базовый набор стандартных топологий SDH. Рассмотрим топологию сетей SDH.

Топология "точка-точка"

Сегмент сети, связывающий два узла А и В, или топология "точка - точка", является наиболее простым примером базовой топологии SDH сети (рис.9.7). Она может быть реализована с помощью терминальных мультиплексоров ТМ, как по схеме без резервирования канала приёма/передачи, так и по схеме со стопроцентным резервированием типа 1+1, использующей основной и резервный электрические или оптические агрегатные выходы (каналы приёма/передачи).

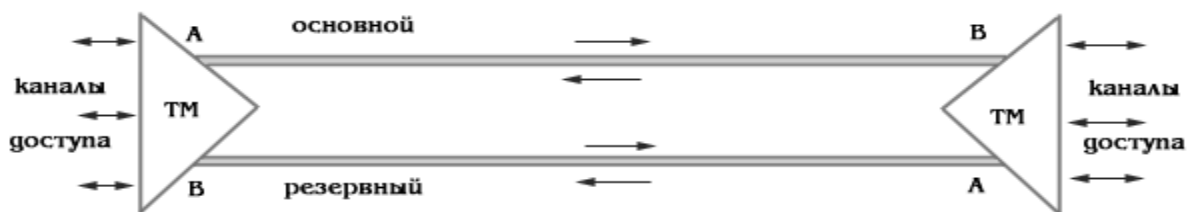


Рис.9.7. Топология "точка-точка", реализованная с использованием ТМ

Топология "последовательная линейная цепь"

Эта базовая топология используется тогда, когда интенсивность трафика в сети не так велика и существует необходимость ответвлений в ряде точек линии, где могут вводиться каналы доступа. Она может быть представлена либо в виде простой последовательной линейной цепи без резервирования, как на рис.9.8, либо более сложной цепью с резервированием типа 1+1, как на рис.9.9. Последний вариант топологии часто называют "упрощённым кольцом".



Рис. 9.8. Топология "последовательная линейная цепь", реализованная на TM и TDM



Рис.9.9. Топология "последовательная линейная цепь" типа "упрощённое кольцо" с защитой 1+1.

Топология "звезда", реализующая функцию концентратора

В этой топологии один из удалённых узлов сети, связанный с центром коммутации или узлом сети SDH на центральном кольце, играет роль концентратора, или хаба, где часть трафика может быть выведена на терминалы пользователя, тогда как оставшаяся его часть может быть распределена по другим удалённым узлам (рис.9.10).

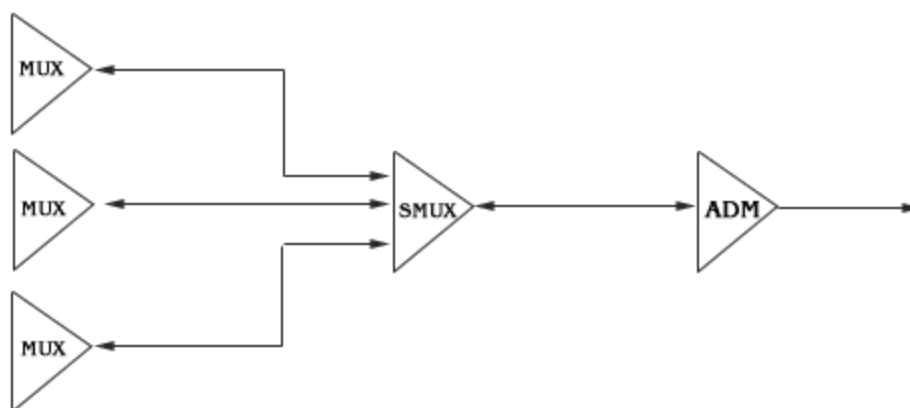


Рис.9.10. Топология "звезда" с мультиплексором в качестве концентратора
Топология "кольцо"

Эта топология (рис.9.11) широко используется для построения SDH сетей первых двух уровней SDH иерархии (155 и 622Мбит/с). Основное преимущество этой топологии - лёгкость организации защиты типа 1+1, благодаря наличию в синхронных мультиплексорах SMUX двух пар оптических каналов приёма/передачи: восток - запад, дающих возможность формирования двойного кольца со встречными потоками.

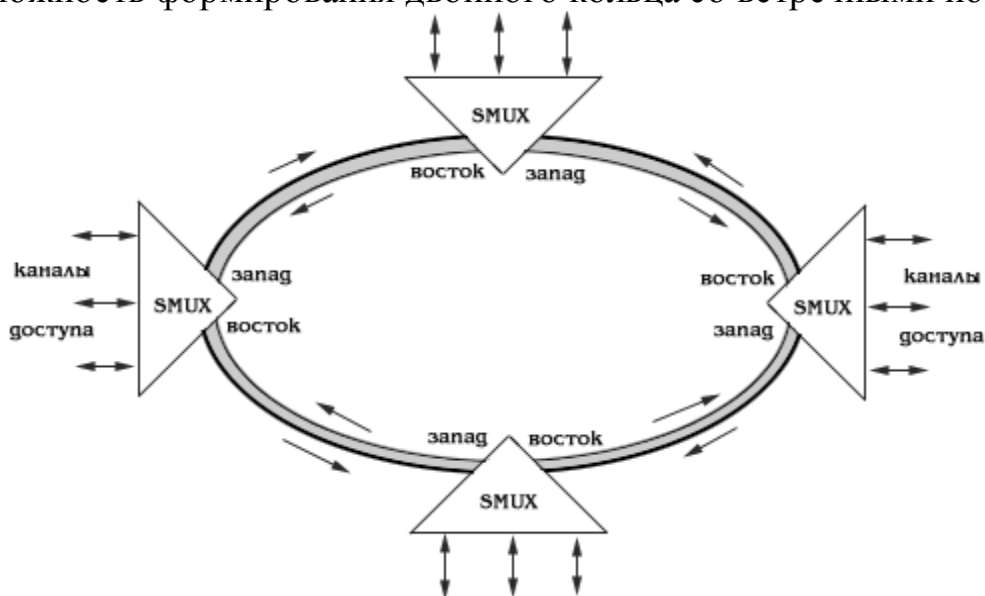


Рис.9.11. Топология "кольцо" с защитой 1+1.

Архитектурные решения при проектировании сети SDH могут быть сформированы на базе использования рассмотренных выше элементарных топологий сети в качестве её отдельных сегментов, в их число входят:

- радиально-кольцевая архитектура;
- архитектура типа "кольцо-кольцо";
- линейная архитектура для сетей большой протяженности.

Пример радиально-кольцевой архитектуры SDH сети приведён на рис.9.12. Эта сеть фактически построена на базе использования двух базовых топологий: "кольцо" и "последовательная линейная цепь".

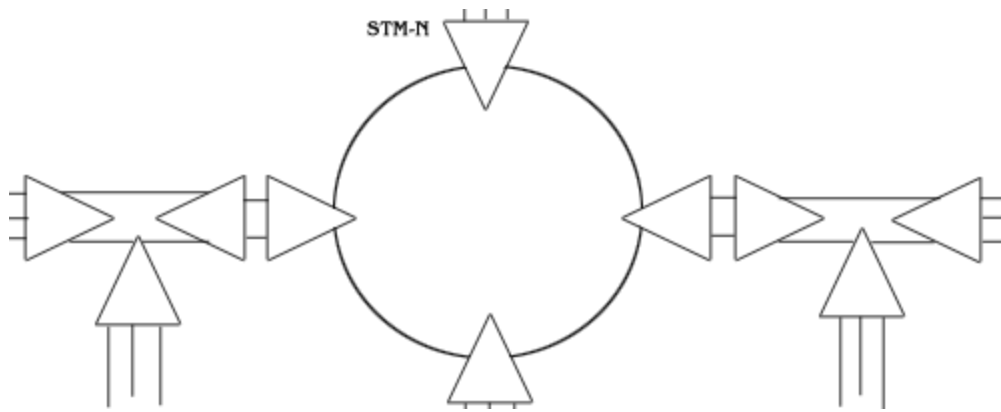


Рис. 9.12. Радиально-кольцевая сеть SDH

Другое часто используемое в архитектуре сетей SDH решение - соединение типа "кольцо-кольцо". Кольца в этом соединении могут быть либо одинакового, либо разного уровней иерархии SDH. На рис.9.13 показана схема соединения двух колец одного уровня - STM-4, а на рис.9.14 каскадная схема соединения трёх колец - STM-1, STM-4, STM-16.

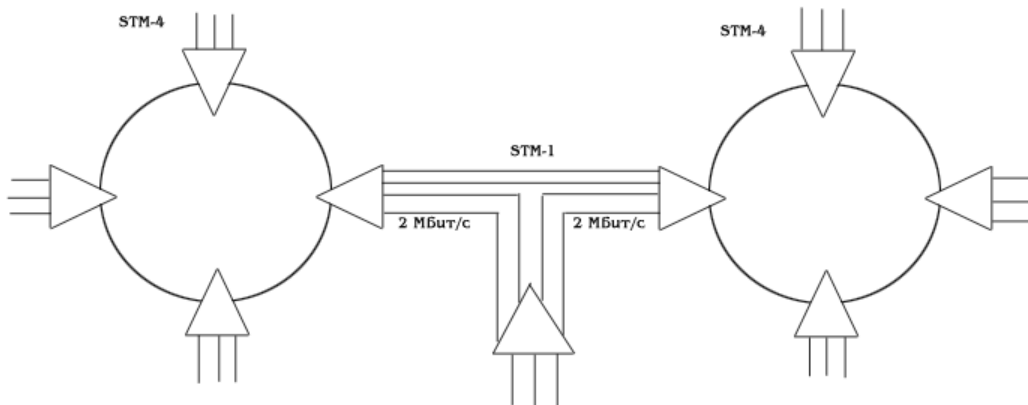


Рис.9.13. Два кольца одного уровня

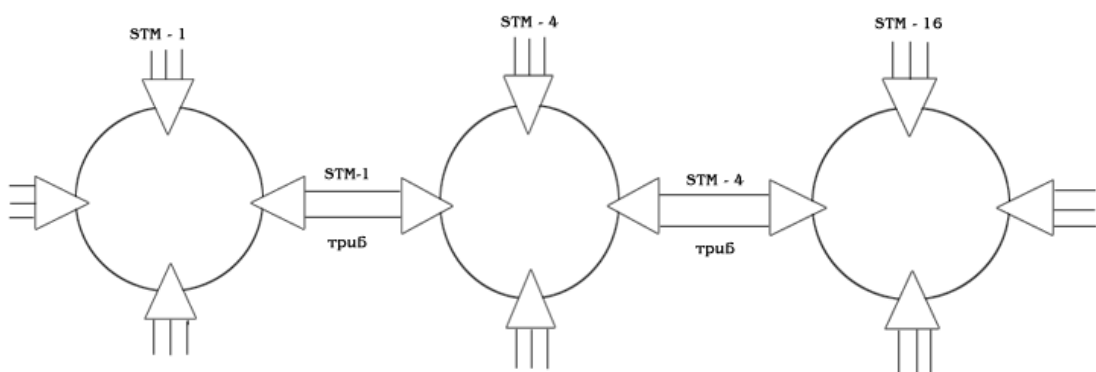


Рис.9.14. Каскадное соединение трёх колец

Для линейных сетей большой протяженности расстояние между терминальными мультиплексорами больше или много больше того расстояния, которое может быть рекомендовано с точки зрения максимально допустимого затухания волоконно-оптического кабеля. В

этом случае на маршруте между ТМ (рис.9.15) должны быть установлены кроме мультиплексов и проходного коммутатора ещё и регенераторы для восстановления затухающего оптического сигнала. Эту линейную архитектуру можно представить в виде последовательного соединения ряда секций, специфицированных в рекомендациях ITU-T G.957 и ITU-T G.958.

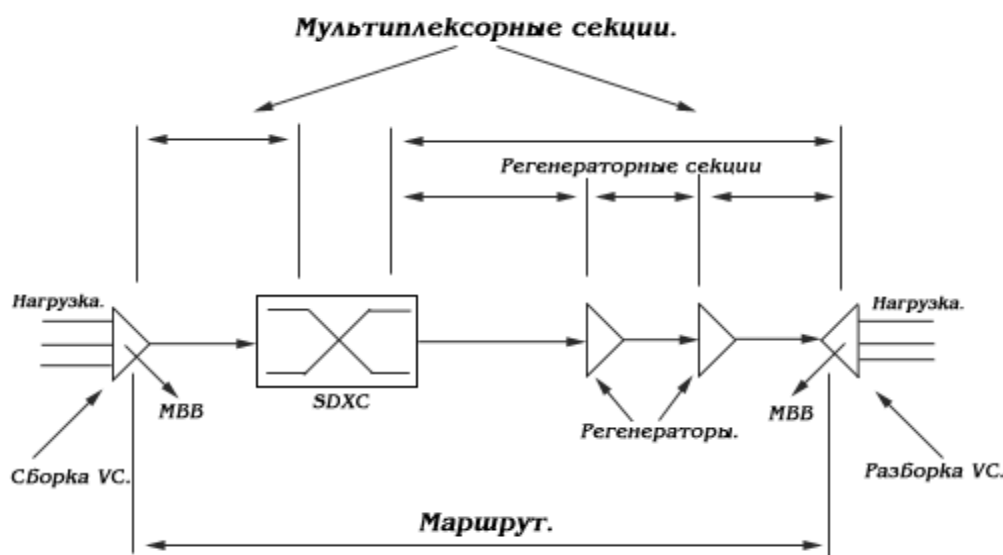


Рис.9.15. Сеть SDH большой протяженности со связью типа "точка-точка" и её сегментация

9.3. Методы повышения надежности и устойчивости сетей SDH

К современной цифровой первичной сети предъявляются повышенные требования в части параметров ее надежности. В связи с этим современные первичные сети строятся с использованием резервных трактов и коммутаторов, выполняющих оперативное переключение в случае неисправности на одном из каналов. В этом случае в состав системы передачи включаются цепи резервирования мультиплексорной секции (MultiplexSectionProtection - MSP). Как было показано выше, в сети SDH осуществляется постоянный мониторинг параметров ошибки (процедура контроля четности ВІР) и параметров связности. В случае значительного ухудшения качества передачи в мультиплексорной секции выполняется оперативное переключение (APS) на резервную мультиплексорную секцию. Это переключение выполняется коммутаторами. По типу резервирования различаются коммутаторы APS с архитектурой 1+1 и 1:n (рис.9.17).

Для управления резервным переключением используются байты K1 и K2 секционного заголовка. В байте K1 передается запрос на резервное переключение и статус удаленного конца тракта. В байте K2 передается информация о параметрах моста, используемого в APS с архитектурой 1:n, данные по архитектуре MSP и сообщения о неисправностях, связанные с

APS. Различные варианты архитектуры MSP используются в различных схемах резервирования. Наибольшее распространение имеют две схемы, непосредственно связанные с кольцевой топологией сетей SDH -схема "горячего резервирования" (рис.9.18,а) и схема распределенной нагрузки (рис.9.18,б). В первом случае трафик передается как в прямом, так и в резервном направлении. В случае повреждения происходит реконфигурация и создается резервный канал. В схеме распределенной нагрузки половина графика передается в прямом, половина - в обратном направлении. В этом случае при возникновении неисправности происходит переключение на уровне ресурсов.

Согласно ITU-T G.841 время резервного переключения не должно превышать 50 мс.

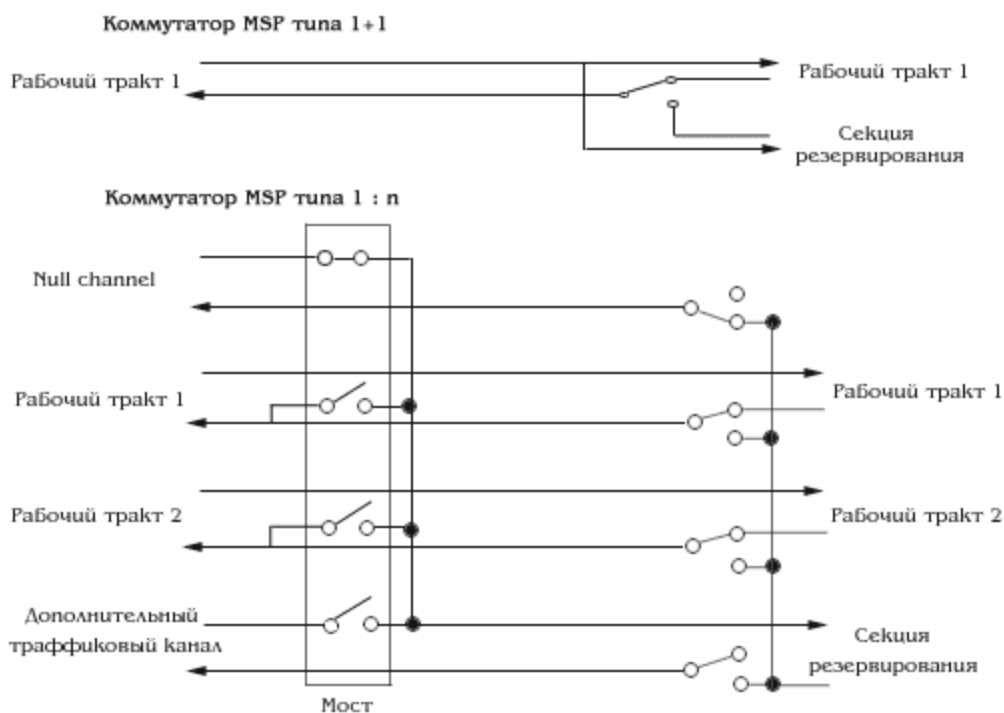


Рис.9.17. Архитектура MSP

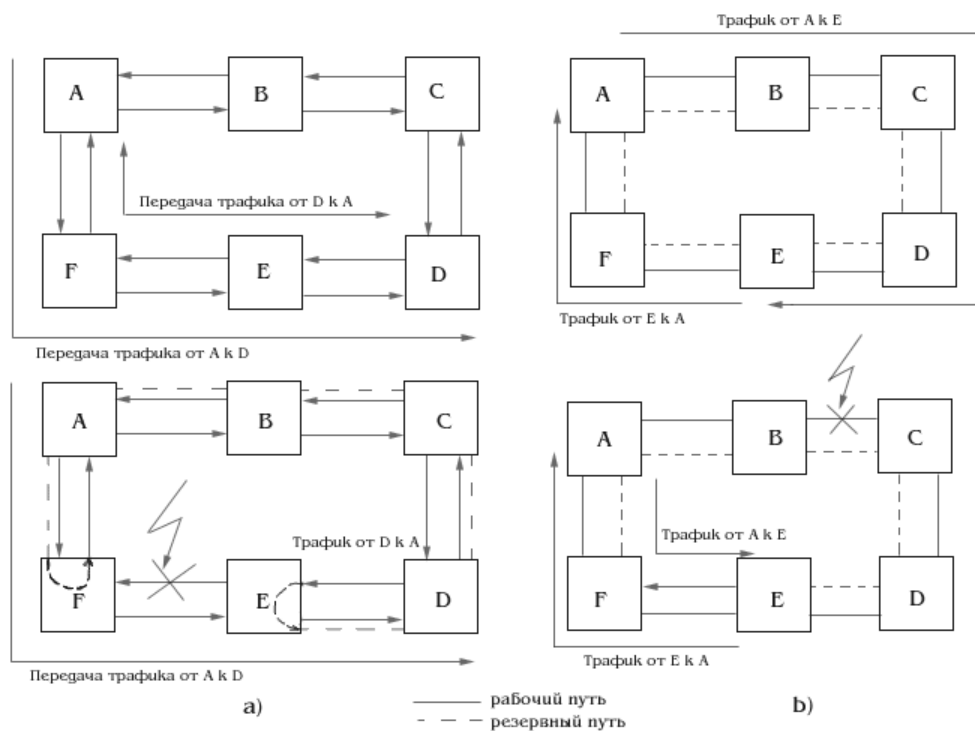


Рис.9.18. Схемы резервирования в системах SDN

В процессе развития сети SDN разработчики могут использовать ряд решений, характерных, для глобальных сетей, таких как формирование своего "остова" (backbone) или магистральной сети в виде ячеистой (mesh) структуры, позволяющей организовать альтернативные (резервные) маршруты, используемые в случае возникновения проблем при маршрутизации виртуальных контейнеров по основному пути. Это наряду с присущими сетям SDN внутренним резервированием, позволяет повысить надёжность всей сети в целом. При таком резервировании на альтернативных маршрутах могут быть использованы альтернативные среды распространения сигнала. Например, если на основном маршруте используется ВОК, то на резервном - РПЛ, или наоборот.

9.4. Образование групповых трактов высокого порядка

Рассмотрим процессы, связанные с загрузкой и выгрузкой цифрового потока в транспортный модуль системы SDH (транспортный модуль STM-N). Процесс загрузки цифрового потока в транспортные модули представлен схематически на рис.9.19.

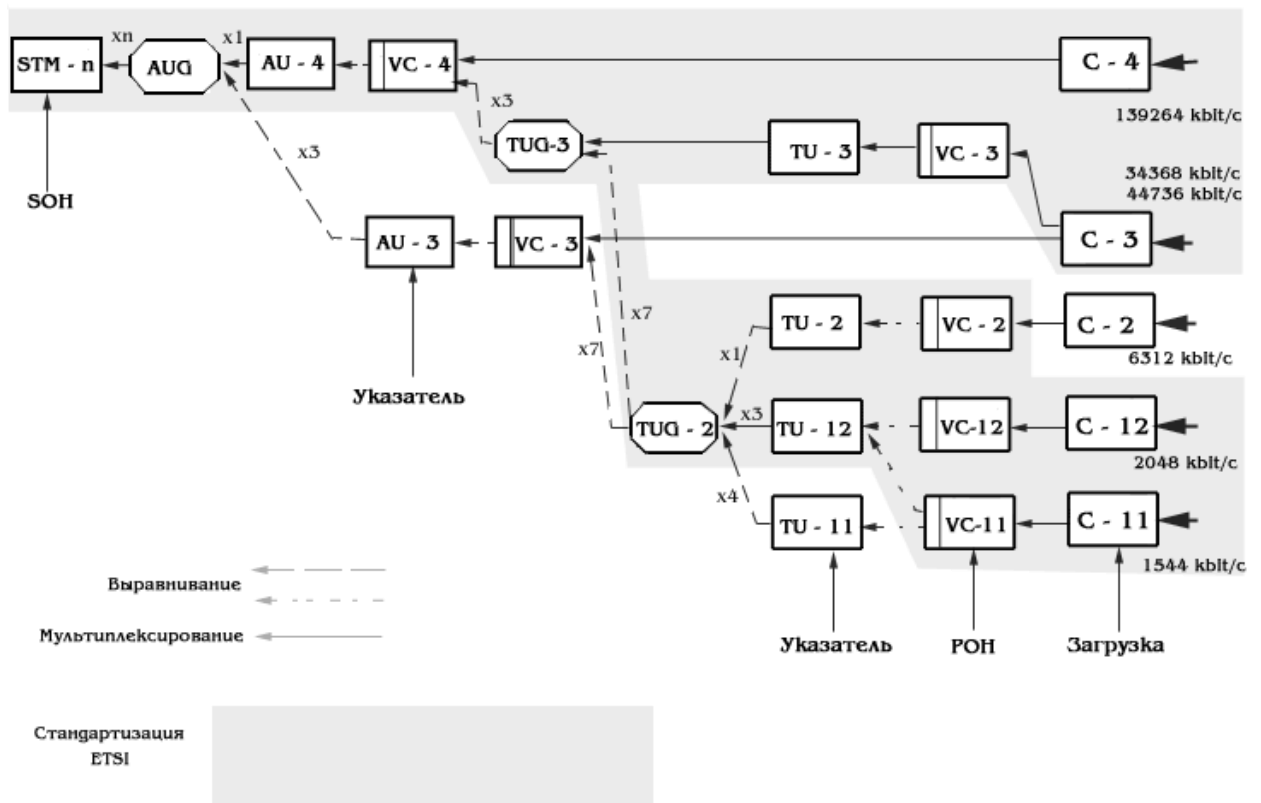


Рис.9.19. Процесс загрузки цифрового потока в синхронные транспортные модули (STM-N)

В качестве примера рассмотрим процесс формирования синхронного транспортного модуля STM-1 из нагрузки потока E1 (рис.9.20).

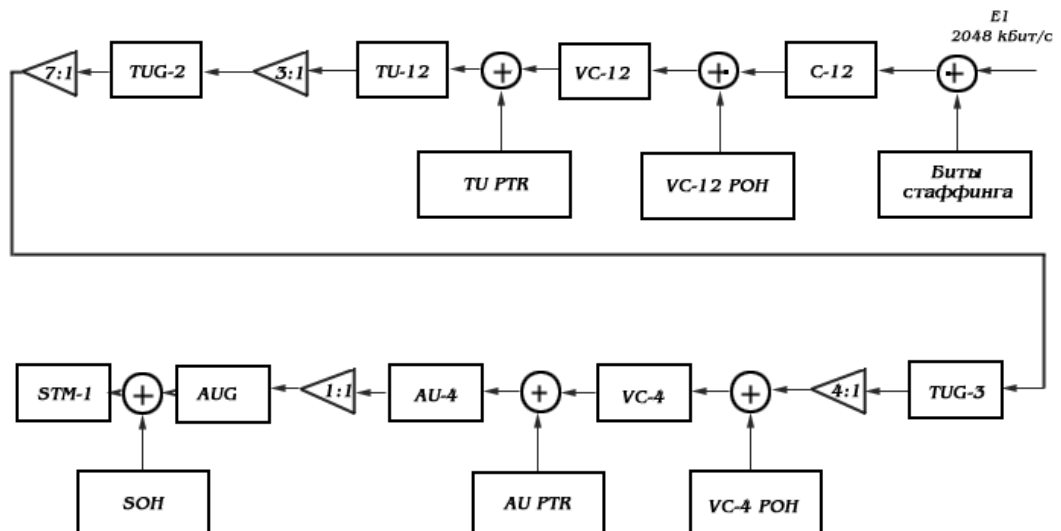


Рис.9.20. Формирование синхронного транспортного модуля STM-1 из нагрузки потока E1

Как видно из рисунка, в процессе формирования синхронного транспортного модуля к нагрузке сначала добавляются выравнивающие биты, а также фиксированные, управляющие и упаковывающие биты.

Ниже более подробно остановимся на процессе выравнивания скорости нагрузки при формировании контейнера C-n (процессе стаффинга в системе SDH). К сформированному контейнеру C-12 добавляется заголовок маршрута VC-12 POH (PathOverhead), в результате формируется виртуальный контейнер.

Добавление к виртуальному контейнеру 1 байта указателя (PTR) превращает первый в блок нагрузки (TU). Затем происходит процедура мультиплексирования блоков нагрузки в группы блоков нагрузки (TUG) различного уровня вплоть до формирования виртуального контейнера верхнего уровня VC-4. В результате присоединения заголовка маршрута VC-4 POH образуется административный блок (AU), к которому подсоединяется секционный заголовок SOH (SectionOverhead). Учитывая разделение маршрута на два типа секций (рис. 3.14), SOH состоит из заголовка регенераторной секции (RSOH) и заголовка мультиплексорной секции (MSOH). К структуре заголовка еще вернемся при рассмотрении форматов заголовков, где будут рассмотрены значения байтов SOH.

Как видно, процесс загрузки цифрового потока связан с использованием процессов выравнивания (битового стаффинга), активностью указателей, а также с использованием заголовков POH и SOH. В этом разделе мы рассмотрим процессы выравнивания скорости загружаемого цифрового потока и их влияние на параметры цифровой нагрузки.

Известно, размер контейнера в системе передачи SDH стандартизирован. Его размер несколько больше размера, необходимого для загрузки потока PDH соответствующего уровня иерархии с учетом максимально допустимой вариации скорости загружаемого потока. При загрузке цифрового потока производится процедура выравнивания его скорости методом битового стаффинга, для этого используется часть контейнера.

В процессе загрузки и выгрузки цифрового потока в синхронный транспортный модуль обычно используются оба вида выравнивания.

Наиболее важными потоками иерархии SDH являются потоки STM-1, STM-4 и STM-16. Рассмотрим процедуры мультиплексирования между этими уровнями, схематически представленные на рис.9.21.

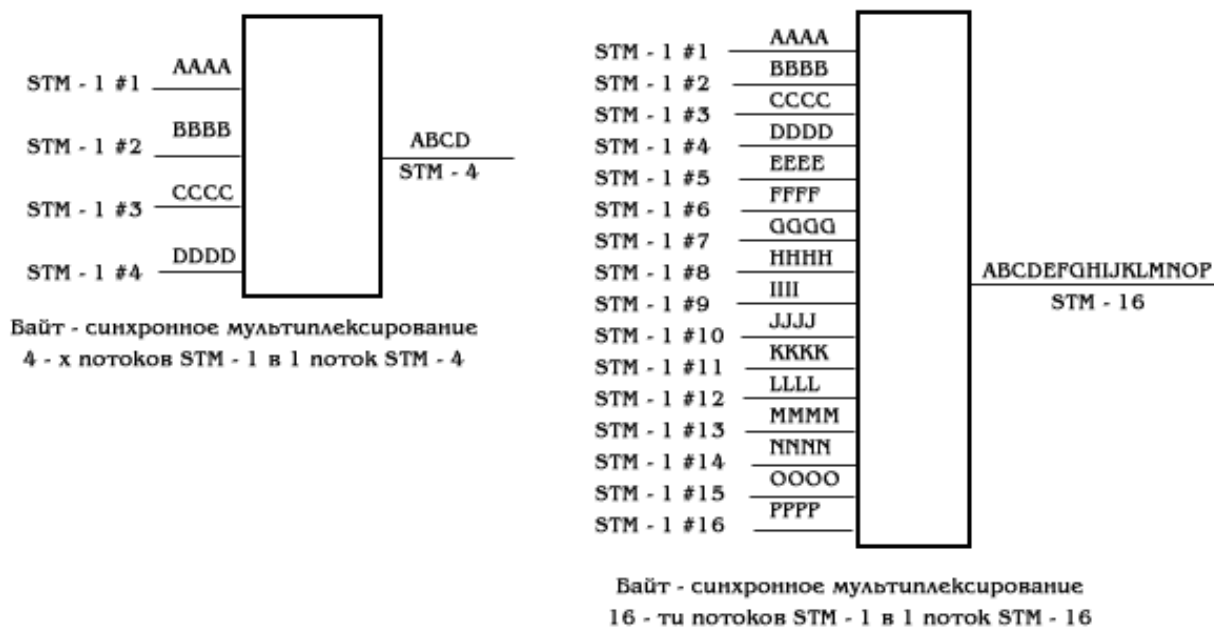


Рис.9.21. Синхронное мультиплексирование внутри иерархии SDH

Как следует из рисунка, внутри иерархии SDH мультиплексирование выполняется синхронно, без процедуры выравнивания скоростей. В результате обеспечивается основное преимущество концепции SDH как технологии построения цифровой первичной сети - возможность загрузки и выгрузки потоков любого уровня иерархии PDH из любого потока иерархии SDH вне зависимости от скорости передачи.

Для удобства реализации синхронного мультиплексирования с использованием современных логических устройств, мультиплексирование выполняется байт-синхронно в отличие от бит-ориентированных процедур, используемых в иерархии PDH. В результате использования байт-ориентированных процедур мультиплексирования значительно повышается производительность процессоров, в результате достигается высокая скорость передачи в первичной сети.

Использование в концепции SDH байт-синхронного мультиплексирования позволило также увязать динамику развития пропускной способности в цифровых системах передачи с динамикой развития производительности современных процессоров, что было важно, поскольку на этапе технологии PDH наметилось некоторое отставание.

Рассмотрим структуру заголовка маршрута и секционного заголовка и те информационные поля, которые входят в их состав.

9.4.1. Структура заголовка РОН

Заголовок маршрута РОН выполняет функции контроля параметров качества передачи контейнера. Он сопровождает контейнер по маршруту следования от точки формирования до точки расформирования. Структура

и размер заголовка РОН определяются типом соответствующего контейнера. Следовательно, различаются два основных типа заголовков:

- заголовок маршрута высокого уровня (High-order РОН - НО-РОН), используемый для контейнеров VC-4/VC-3;
- заголовок маршрута низкого уровня (Low-order РОН - LO-РОН), используемый для контейнеров VC-3/VC-2/VC-1.

Рассмотрим подробно структуру заголовка маршрута высокого уровня. Структура заголовка НО-РОН представлена в табл.9.2.

Таблица 9.2.

Структура заголовка НО-РОН

1	Индикатор маршрута
3	Мониторинг качества (код ВІР-8)
2	Указатель типа полезной нагрузки
1	Подтверждение ошибок передачи
2	Сигналы обслуживания
4	Индикатор сверхцикла
3	Автоматическое переключение
3	Подтверждение ошибок передачи
1	Мониторинг взаимного соединения (ТСМ)

Поле идентификатора маршрута (J1) передается в 16-ти последовательных циклах и состоит из 15-байтовой последовательности идентификаторов маршрута и 1 байта суммы CRC-7 для идентификации ошибок в трассе маршрута. Идентификаторы маршрута представляют собой последовательность ASCII-символов в формате, соответствующем ITU-T E.164, и используются для того, чтобы принимаемый терминал получал подтверждение о связи с определенным передатчиком (идентификация точки доступа к маршруту).

Байт В3 используется для контроля четности (процедура ВІР - 8).

Указатель типа полезной нагрузки С2 определяет тип полезной нагрузки, передаваемой в контейнере. Основные типы полезной нагрузки

определены в ITU-T G.707, кроме того, ITU-T определил несколько дополнительных рекомендаций, связанных с передачей в системе SDH нагрузки ATM и FDDI).

Байт G1 служит для передачи сигналов подтверждения ошибок передачи, обнаруженных в конце маршрута.

Байты F2 и F3 используются оператором для решения внутренних задач обслуживания системы передачи и образуют выделенный служебный канал.

Байт H4 является указателем и используется при организации сверхциклов SDH, например, он указывает на номер цикла VC-1, VC-2 в сверхцикле TU-1, TU-2. Этот байт также используется в процедуре смещения указателей, что будет описано ниже.

Индикатор автоматического переключения (Automatic Protection Switching - APS) K3 используется для оперативного резервирования в системе SDH. Индикатор обеспечивает передачу команды перехода на резерв даже в случае отсутствия системы самодиагностики SDH. Более подробно механизмы резервного переключения рассмотрены в разделе, посвященном процедурам резервного переключения.

Байт мониторинга взаимного соединения (Tandem Connection Monitoring - TCM) N1 был впервые определен в 1996 г. в рекомендациях ITU-T. Необходимость введения процедуры TCM была связана с тем, что байт B3, обеспечивающий контроль четности, устанавливается только для начала и конца маршрута и обеспечивает контроль качества сквозного соединения. В случае, если маршрут проходит через несколько секций, принадлежащим различным операторам, требуется не только сквозной, но и посекционный мониторинг параметров качества. До последнего времени средства секционного мониторинга не обеспечивали этих функций, поэтому была введена дополнительная процедура - TCM. Согласно этой процедуре сетевой узел обеспечивает контроль четности по HO-РОН и LO-РОН (контроль ВР-N), а затем передает информацию об ошибках предыдущему узлу в байте N1 (для заголовков высокого уровня) или N2 для заголовков низкого уровня.

Контрольные вопросы

1. Какие преимущества у сетей SDH?
2. Какой ряд скоростей используется в SDH?
3. Какие особенности сетей SDH?
4. Какие скорости используются на уровнях SDH?
5. Что принято в качестве основного сигнала в SDH?
6. Какие существуют методы объединения цифровых потоков?
7. Какие функциональные задачи сети SDH?
8. Что представляет собой терминальный мультиплексор?
9. Какое назначение концентратора?
10. Какие виды коммутации могут быть осуществлены в мультиплексоре?

Список используемой литературы

1. Крук Б.И. и др. Телекоммуникационные системы и сети. - М.: Горячая линия – Телеком, 2004
2. Ершов В.А., Кузнецов Н.А., Мультисервисные сети. МГГУ Н.Е Баумана 2003 г.
3. Слепов Г.Ю. Оптическая коммутация. Учебник для ВУЗов. 2000
4. Материалы курса «Высокоскоростные сети связи»
<http://www.INTUIT.ru>

Тема 10: Широкополосные транспортные сети DWDM

План:

1. Общая структура системы WDM.
2. Технология CWDM.
3. Технология DWDM.

Ключевые слова: WDM, классификация WDM систем, FDM, OFDM, мультиплексор WDM, усилители, детекторы, полосовые фильтры, демодуляторы, волновое мультиплексирование, окна прозрачности, CWDM, DWDM.

1.1. Общая структура системы WDM

Спектральное уплотнение каналов или мультиплексирование по длине волны относится к оптическим технологиям передачи, когда несколько оптических сигналов передается по одному волокну на различных длинах волн. В современных высокопроизводительных WDM системах, разработанных для протяженных линий связи, каждый оптический сигнал (часто называемый каналом или длиной волны) может передаваться на скорости от 2,5 до 10 Гбит/с и выше. В настоящее время такие системы поддерживают от 32 до 160 каналов. Это позволяет организовать передачу по одному волокну до 1 Тбит информации в секунду. Для описания систем, поддерживающих 16 и более количество каналов используется термин DWDM (плотное спектральное уплотнение). Для 2-х или 4-х канального уплотнения иногда используется термин CWDM (грубое спектральное мультиплексирование).

Схема расширенного частотного плана позволяет предложить следующую современную схему классификации:

- разреженные WDM – CDWM – системы с шагом по длине волны 20 нм, работающие в полосе 1270–1610 нм;
- обычные WDM – WDM-системы с шагом несущих по частоте более 200 ГГц, позволяющие мультиплексировать не более 16 каналов;
- плотные WDM – DWDM-системы с шагом несущих по частоте от 200 до 50 ГГц;
- высокоплотные WDM – HDWDM-системы с шагом по частоте меньше 50 (25 и 12,5) ГГц; эта градация систем стандартами не предусмотрена, но часто используется в публикациях специалистов.

Оптическое мультиплексирование с разделением по длинам волн сравнительно новая технология оптического уплотнения была разработана в 1970-1980 годах. Системы WDM часто называют системами оптического мультиплексирования с частотным разделением ОМЧР (OFDM). Однако по сути своей эти технологии (FDM и OFDM) существенно отличаются

друг от друга. Их отличие состоит не только в использовании оптического (OFDM) или электрического (FDM) сигнала. При FDM используется механизм АМ модуляции с одной боковой полосой (ОБП) и выбранной системой поднесущих, модулирующий сигнал которых одинаков по структуре, так как представлен набором стандартных каналов ТЧ. При OFDM механизм модуляции, необходимый в FDM для сдвига несущих, вообще не используется, несущие генерируются отдельными источниками (лазерами), сигналы которых просто объединяются мультиплексором в единый многочастотный сигнал. Каждая его составляющая (несущая) принципиально может передавать поток цифровых сигналов, сформированный по законам различных синхронных технологий. Например, одна несущая формально может передавать АТМ трафик, другая SDH, третья PDH и т.д. Для этого несущие модулируются цифровым сигналом в соответствии с передаваемым трафиком.

Формально для систем WDM не важно, какие методы кодирования и формирования конкретного цифрового сигнала использовались. В этих системах передается однотипный трафик, что определяется используемыми методами синхронизации и единообразием процесса обработки. В отличие от систем SDH транспортируемый сигнал не упаковывается в контейнеры и не подвергается обработке в соответствии со структурой мультиплексирования SDH для формирования транспортного модуля STM-N, который только и может быть передан через физический уровень в канал связи (среду передачи).

Упрощенное представление многоуровневой модели взаимодействия основных технологий SDH/SONET, АТМ, IP (без учета возможности переноса IP через АТМ), осуществляющих транспортировку сигнала в глобальных цифровых сетях, до появления технологии WDM имеет вид, представленный на рис.10.1,а. Модель состоит из трех уровней и оптической среды передачи и показывает, что для транспортировки



Рис. 10.1. Взаимодействие протоколов:

а) SDH, АТМ, IP:

б) SDH, АТМ, IP и WDM:

трафика верхнего уровня (АТМ и IP) по оптической среде передачи он должен быть размещен (инкапсулирован) в транспортные модули STM-

N/OC-н технологий SDH/SONET, способные, используя физический интерфейс этих технологий, пройти через физический уровень в оптическую среду передачи. Отсюда понятна необходимость создания технологий инкапсуляции ячеек АТМ, например, в виртуальные контейнеры SDH (АТМ over SDH), или пакетов IP в виртуальные трибы SONET (IP over SONET). Этим направлением занимались соответствующие подкомитеты по стандартизации в институтах ANSI, ISO, ITU-T и ETSI, разрабатывая стандарты на указанные технологии.

С появлением систем WDM модель принимает вид, представленный на рис. 10.1,б и имеет четыре уровня, не считая оптической среды передачи. Появился промежуточный уровень WDM, который, как и SDH/SONET, обеспечивает физический интерфейс, позволяющий через физический уровень выйти в оптическую среду передачи не только технологии SDH/SONET, но и технологиям АТМ и IP. В последнем случае не требуется инкапсуляции ячеек АТМ или пакетов IP в промежуточный транспортный модуль технологий SDH/SONET, что не только упрощает процедуру обработки и транспортировки трафика, генерируемого системами АТМ и IP, но и существенно уменьшает общую длину заголовков (которые пристыковываются по мере прохождения с верхнего уровня на нижний), повышая процент, занимаемый информационной составляющей трафика, в общей длине передаваемого сообщения, а значит, и эффективность передачи в целом. АТМ и IP трафик может быть передан и по традиционной схеме с использованием SDH/SONET, трафик которых может быть также передан с помощью систем WDM для сохранения преемственности старых схем транспортировки и увеличения гибкости композитных систем WDM-SDH/SONET в целом.

Основная схема системы WDM имеет вид, представленный на рис. 10.2, где показан один прямой канал.

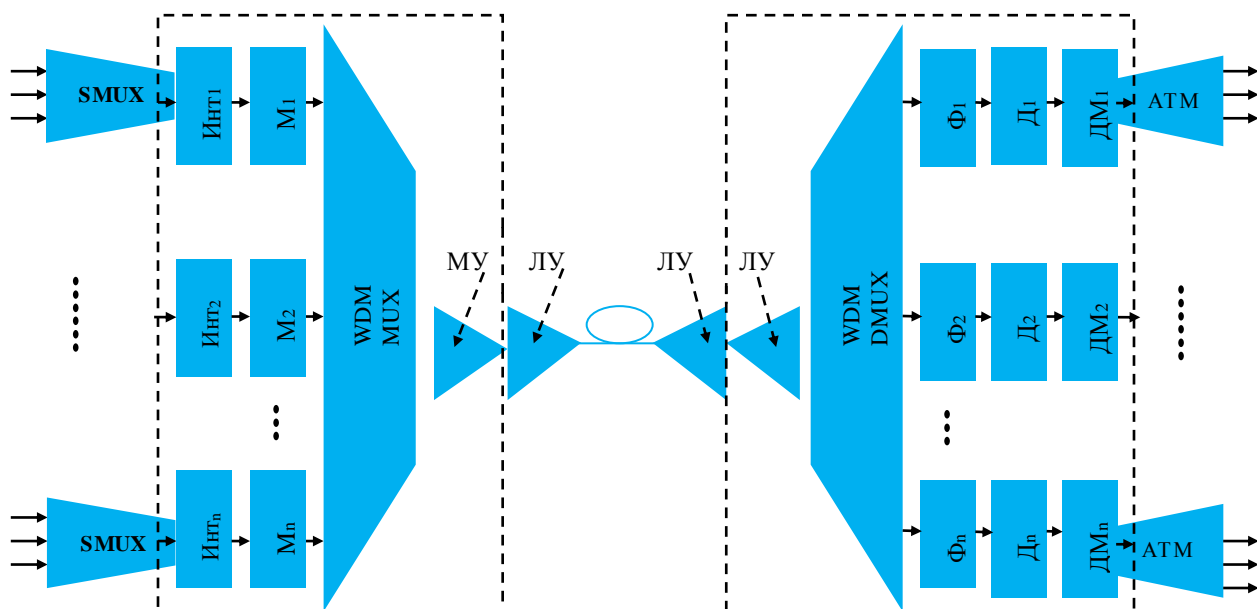


Рис. 10.2. Схема системы с WDM с одним прямым каналом

В системе n входных потоков данных, кодированных цифровых импульсных последовательностей, модулируют основной полосой с помощью оптических модуляторов M_i оптические несущие с длинами волн λ_i . Модулированные несущие мультиплексируются с помощью мультиплексора WDM Mux в агрегатный поток, который после усиления с помощью буфера или мощного усилителя – МУ подается в ОВ. На приемном конце поток с выхода ОВ усиливается предварительным усилителем – ПУ, демультиплексируется, т.е. разделяется на составляющие потоки – модулированные несущие λ_i , которые детектируются с помощью детекторов D_i (на входе которых могут дополнительно использоваться полосовые фильтры Φ_i для уменьшения переходных помех и увеличения тем самым помехоустойчивости детектирования), и, наконец, демодулируются демодуляторами DM_i , формирующими на выходе исходные кодированные цифровые импульсные последовательности. Кроме МУ и ПУ в системе могут быть использованы и линейные усилители – ЛУ.

Волновое мультиплексирование практически используется уже более 10 лет и первоначально было направлено на объединение двух основных несущих 1310нм и 1550нм (2-го и 3-го окон прозрачности) в одном оптоволокне, что позволяло удвоить емкость системы и было оправдано всей историей развития ВОЛС. Многие стандартные системы SDH предлагают это сейчас, как один из вариантов конфигурации. Такие системы называются широкополосными WDM при разносе по длине волны – 240 нм, в противовес узкополосным WDM, где разнос был на порядок ниже – 24-12 нм, что давало возможность разместить в 3 окне (1550 нм) 4 канала. При таком делении систем у “широкополосных” WDM спектр не перекрывался, а состоял из двух изолированных полос. С другой стороны, формируется класс действительно широкополосных систем

WDM, перекрывающих в смежных окнах прозрачности (3-м и 4-м) полосу порядка 84 нм от 1528-1612 нм. Этот класс в будущем будет перекрывать полосу 1280-1620 нм, если ориентироваться на характеристики системы «WaveStar AllMetro DWDM System» компании Lucent Technologies, использующей волокно, устраняющее пик поглощения в области 5-го окна (~ 1383 нм).

В настоящее время оборудования разных производителей систем WDM не совместимо. Поэтому, необходимо было стандартизовать номинальный ряд несущих – “канальный или частотный план” для производителей с целью позиционировать уже существующие WDM системы. Эту задачу решил Сектор стандартизации МСЭ, выпустив стандарт ITU-T Rec. G.692.

1.2. Технология CWDM

В настоящее время CWDM становится очень востребованной в качестве транспортной архитектуры. В отличие от DWDM, системы, основанные на технологии CWDM, развертываются на лазерах с распределенной обратной связью и широкополосных оптических фильтрах. Эти технологии обеспечивают ряд преимуществ для CWDM, таких как низкое рассеивание энергии, меньший размер и небольшая стоимость. Коммерческая выгода CWDM систем обеспечивает ей преимущество перед DWDM системами.

Практически реализованы системы, позволяющие заполнять один CWDM-канал восемью каналами DWDM, увеличивая емкость 8-канальной системы до 64 каналов. На рис.10.3. проиллюстрирован принцип комбинирования CWDM и DWDM систем.

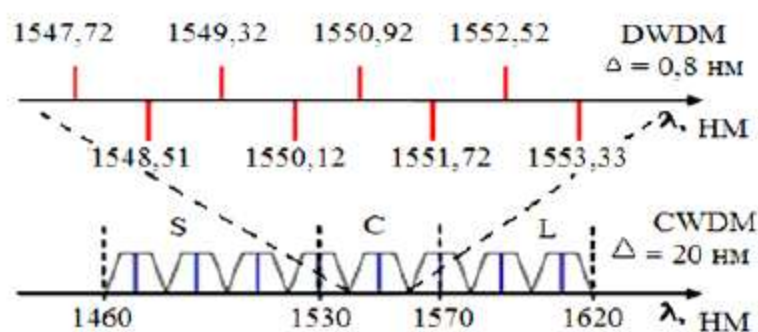


Рис.10.3. Организация комбинированной системы CWDM/ DWDM

При анализе возможности применения той или иной технологии для решения определенных задач обычно учитывают наличие конкурентных технологий для решения тех же задач. Конкурентные технологии сравнивают по ряду показателей, ранжированных по степени важности для оператора связи. Такими показателями могут быть: стоимость

аналогичного решения, класс сетей и набор реализуемых приложений (сервисов), завершенность технологии (набор стандартов, регламентирующих ее применение), масштабируемость решения и, наконец, наличие технологической ниши, где данная технология имеет наибольшие конкурентные преимущества или просто незаменима.

К примеру, для задачи выбора технологии, обеспечивающей пропускную способность волокна 40 Гбит/с, нужно сравнить, как минимум, три конкурирующие технологии:

- SDH (с использованием одного мультиплексора STM-256);
- DWDM (с транспондером на 4 несущих и с 4 мультиплексорами SDH уровня STM-64 или с транспондером на 16 несущих с 16 мультиплексорами SDH уровня STM-16);
- CWDM (с транспондером на 16 несущих с 16 мультиплексорами SDH уровня STM-16).

Очевидно, что стоимость решения, использующего 16 несущих, будет существенно ниже у CDWM, чем у DWDM, и ниже, чем применение SDH. Однако в этом примере выбор CWDM оказывается тупиковым вариантом с точки зрения масштабируемости, так как при этом используется два предельных для этой технологии параметра: число несущих и скорость передачи сигнала. Это значит, что при развитии сети может возникнуть необходимость смены технологий и неизбежных при этом дополнительных затрат.

Анализ затрат на оборудование для двух конкурирующих технологий DWDM и CWDM трудно провести корректно, не привязываясь к конкретным изделиям, производимых одной и той же компанией. Общие оценки, публикуемые в разных изданиях, имеют большой разброс и позволяют указать лишь нижнюю (стоимость CWDM в несколько раз ниже) и верхнюю (стоимость CWDM на 30% ниже) границы сравнительных затрат на системы CWDM и DWDM, так как они зависят от числа используемых несущих и ряда других параметров.

CWDM использует в транспондерах лазеры с распределенной обратной связью (DFB), непосредственной модуляцией и скоростью передачи не выше 2,5 Гбит/с. Они обеспечивают узкую спектральную линию излучения сигнала несущей с большим коэффициентом подавления боковых мод, что, в свою очередь, уменьшает эффект уширения при распространении оптического сигнала по ОВ и позволяет без дополнительного усиления перекрывать пролеты длиной до 80 км.

Низкие затраты достигаются за счет двух факторов: допустимой точности центральной частоты несущей и допустимого дрейфа этой частоты во времени. Так, для DWDM допустимая точность центральной частоты обычно лежит в пределах 0,5 ГГц (при 25 °С), то же можно сказать и о дрейфе, тогда как для CDWM этот показатель может быть увеличен до 6,5 нм при ширине полосы фильтров демодулятора 13 нм.

С другой стороны, лазеры систем DWDM ввиду малого допуска должны быть стабилизированы по температуре для компенсации

температурного дрейфа примерно $0,1 \text{ нм}/^\circ\text{C}$, что вынуждает оператора использовать термостабилизаторы и даже системы с внешней петлей температурной обратной связи. Для лазеров в системах CWDM такая стабилизация считается излишней, учитывая допустимый допуск на дрейф $6,5 \text{ нм}$.

Отсутствие охлаждения и стабилизации температуры позволяет получить значительную экономию потребляемой мощности: если в системах DWDM она составляет 5 Вт/канал передачи несущей, то в системах CWDM - только $0,25 \text{ Вт}$, причем эта разница увеличивается пропорционально числу используемых несущих.

Приемники в обеих системах обычно одинаковы. Это PIN- или APD-диоды, обеспечивающие бюджет мощности системы порядка $20\text{-}25 \text{ дБ}$. Существенная разница наблюдается на этапе демультиплексирования. При малом числе каналов в обеих системах можно использовать одинаковые демультиплексоры с фильтрами на многослойных тонких пленках, однако требования к фильтрам могут значительно отличаться. Так, при шаге сетки несущих 200 ГГц в DWDM необходимо использовать фильтры со 125 слоями для обеспечения требуемого затухания в переходной полосе, тогда как в CWDM при разносе несущих на 20 нм достаточно 50 слоев (при этом вносимые потери фильтров не превышают 1 дБ). Если же число длин волн велико, то в системах DWDM используются демультиплексоры на основе дифракционной решетки на массиве волноводов (AWG), которые стоят еще больше в расчете на одну несущую.

Традиционные системы CDWM первоначально строились по однопролетной схеме с терминальными мультиплексорами одного производителя в расчете на сетевую топологию "точка - точка" в корпоративных и локальных сетях. Набор интерфейсных карт давал, как правило, возможность использовать технологии ATM, T3/E3 (PDH), Fast Ethernet (FE), FDDI. При этом допускалось применение многомодового ОВ и работа в трех окнах прозрачности $850/1300/1550 \text{ нм}$. Мультиплексоры ввода-вывода при этом не использовались. На смену традиционным пришли открытые и гибридные системы CWDM.

В открытых системах CWDM сетевые операторы для повышения гибкости систем стали использовать маршрутизаторы, мультиплексоры ввода-вывода и коммутаторы с интерфейсами CWDM. Применение мультиплексоров ввода-вывода позволило расширить круг используемых топологий и освоить кольцевые сети в городских сетях, а также сети доступа транспортных сетей SDH.

Гибридные системы CWDM позволяли широко использовать преимущества обоих типов систем и освоить радиально-кольцевые топологии. Однако главным было то, что в результате переориентации на одномодовое ОВ и диапазон 1550 нм появилась возможность устанавливать интерфейсные DWDM-карты и осуществлять реконфигурацию несущих каналов CWDM в несущие каналы DWDM со всеми вытекающими из этого преимуществами в плане масштабирования.

В результате такого развития систем CWDM появилась возможность использовать CWDM на трех нижних уровнях четырехуровневой иерархии сетей:

- магистральные транспортные сети (верхний уровень);
- магистральные городские сети (средний уровень);
- развитые сети доступа (средний уровень);
- сети "последней/первой мили" (нижний уровень).

При этом местом реализации открытых систем CWDM стали сети "последней/первой мили", тогда как местом реализации гибридных систем CWDM, которые стали обозначаться как системы C/DWDM, стали городские сети и сети доступа.

Набор физических интерфейсов (а значит, и набор сервисов/услуг) систем CWDM и C/DWDM при этом расширился и может теперь включать в себя (помимо интерфейсов, указанных выше): IP, гигабитный и 10-гигабитный Ethernet (GE и 10GE), OC-1/3/12/24/48 (SONET) и STM-1/4/16 (SDH), Fiber Channel (FC), ESCON и xDSL.

Завершенность технологии определяется наличием разработанных и внедренных стандартов, специфицирующих параметры систем и оптические интерфейсы, а также разработанных методик оценки показателей производительности систем и уровня ошибок в них.

В области стандартизации систем CWDM первой была принята рекомендация МСЭ, представившая сетку длин волн в CWDM. В 2004г. была утверждена рекомендация МСЭ, определяющая характеристики и параметры систем CWDM: типы оптических интерфейсов и перекрываемые ими расстояния, допустимые уровни мощности и затухания оптических сигналов. Она предусматривала также применение скорости передачи 1,244 Гбит/с, соответствующей уровню SONET OC-24 и не являющейся стандартной для европейской ветви SONET/SDH, но позволяющей существенно улучшить коэффициент использования емкости полезной нагрузки при инкапсуляции гигабитного Ethernet (GE) в оболочку синхронной полезной нагрузки (SPE), по сравнению с вариантом использования для этой цели синхронного транспортного модуля SDH STM-16.

Рекомендация определяет оптические интерфейсы однонаправленных и двунаправленных систем CWDM для сетевых приложений, использующих одномодовое ОВ. Они ограничены как по числу несущих (не больше 16, хотя рекомендация позволяет использовать 18 несущих), так и по скорости сигнальных каналов (не выше 2,5 Гбит/с при кодировании кодом без возвращения к нулю - NRZ).

10.3. Технология DWDM

Аппаратура DWDM предназначена для передачи в одном или двух противоположных направлениях нескольких сигналов по одному волокну

оптического кабеля с использованием источников излучения с различными длинами волн для передачи каждого сигнала.

В одном окне прозрачности организуют большое количество высокоскоростных оптических каналов, каждый из которых имеет собственную оптическую поднесущую частоту, рис.10.4.

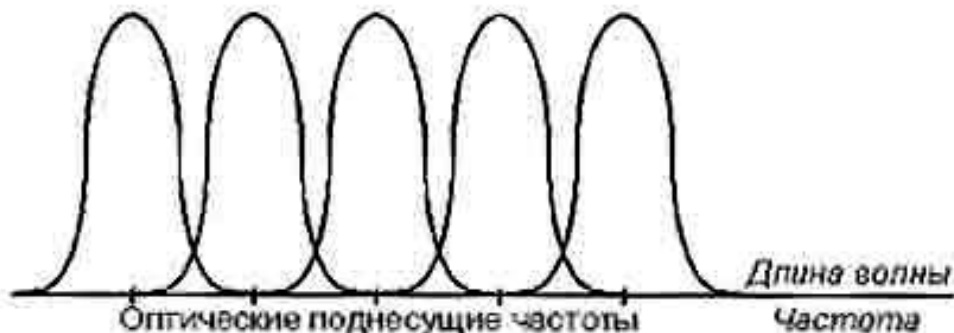


Рис. 10.4. Спектральное разделение оптических каналов

Основными функциональными узлами аппаратуры являются оптические мультиплексоры и демультиплексоры, обеспечивающие объединение и разделение оптических каналов на передаче и приёме соответственно.

Структурная схема аппаратуры DWDM, реализующей технологию DWDM, представлена на рис. 10.5.

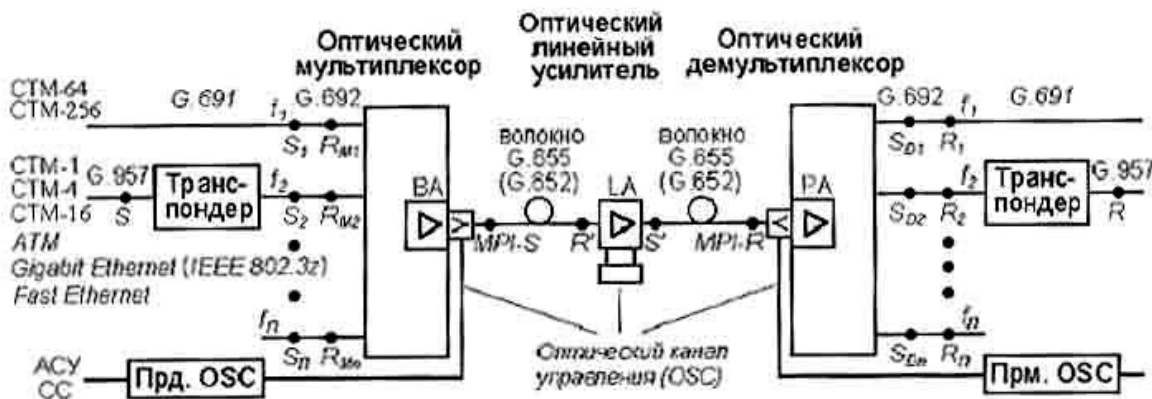


Рис. 10.5. Структурная схема аппаратуры DWDM

Повышение уровня группового сигнала осуществляется оптическими усилителями: на передаче - мощности (booster amplifier, ВА), на приёме - предварительного усиления (preamplifier, ПА) и в транзитных пунктах - промежуточными или линейными (line amplifier LA). Отметим, что без применения оптических усилителей установка DWDM на сетях связи была бы экономически нецелесообразной.

В конечном пункте на входы оптического мультиплексора R_{mi} могут быть направлены оптические сигналы, отвечающие требованиям технологии DWDM Рек. G.692, в частности, цифровые потоки STM-64 и

STM-256 СЦИ (SDH).

В транспондере осуществляется преобразование длины волны оптического сигнала с переводом его в электрическую форму, регенерацией и излучением на требуемой по длине волны с заданными характеристиками.

Важным свойством оптических каналов DWDM является их прозрачность для сигналов различных служб связи, то есть независимость от структуры и даже скорости цифровых потоков. Для этого регенераторы транспондеров иногда выполняются без восстановления временных позиций ($2R$), тактовая синхронизация в этом случае не требуется.

По месту размещения в оптическом тракте различают оконечные, усилительные и транзитные пункты. Аппаратура усилительного пункта может включать оптические промежуточные усилители и компенсаторы дисперсии. Аппаратура транзитного пункта может быть выполнена в виде установленных "спина к спине" оконечных пунктов или оптических мультиплексоров ввода/вывода для выделения сигналов оптических каналов.

Особенностью DWDM является наличие вынесенного за рабочий диапазон частот служебного оптического канала (OSC), что позволяет сохранять управляемость системой при выходе из строя элементов главного тракта.

Основные характеристики мультиплексоров DWDM, которые отличают их от просто WDM-мультиплексоров:

- использование только одного окна прозрачности 1550 нм, в пределах области усиления EDFA 1530-1560 нм (EDFA — система оптического усиления);
- малые расстояния между мультиплексными каналами — 3,2/1,6/0,8 или 0,4 нм. С такими устройствами, работающими с одним каналом из многих, связывается понятие пассивной маршрутизации по длинам волн. Также понятно, что работа с большим числом каналов требует большей точности устройств кодирования и декодирования сигнала и предъявляет более высокие требования к качеству линии. Отсюда очевидное повышение стоимости устройств — при одновременном снижении цены за передачу единицы информации из-за того, что теперь ее можно передавать в большем объеме.

Рассмотрим как происходит работа демультиплексора с зеркалом (схема на рис. 10.6,а). Приходящий мультиплексный сигнал попадает на

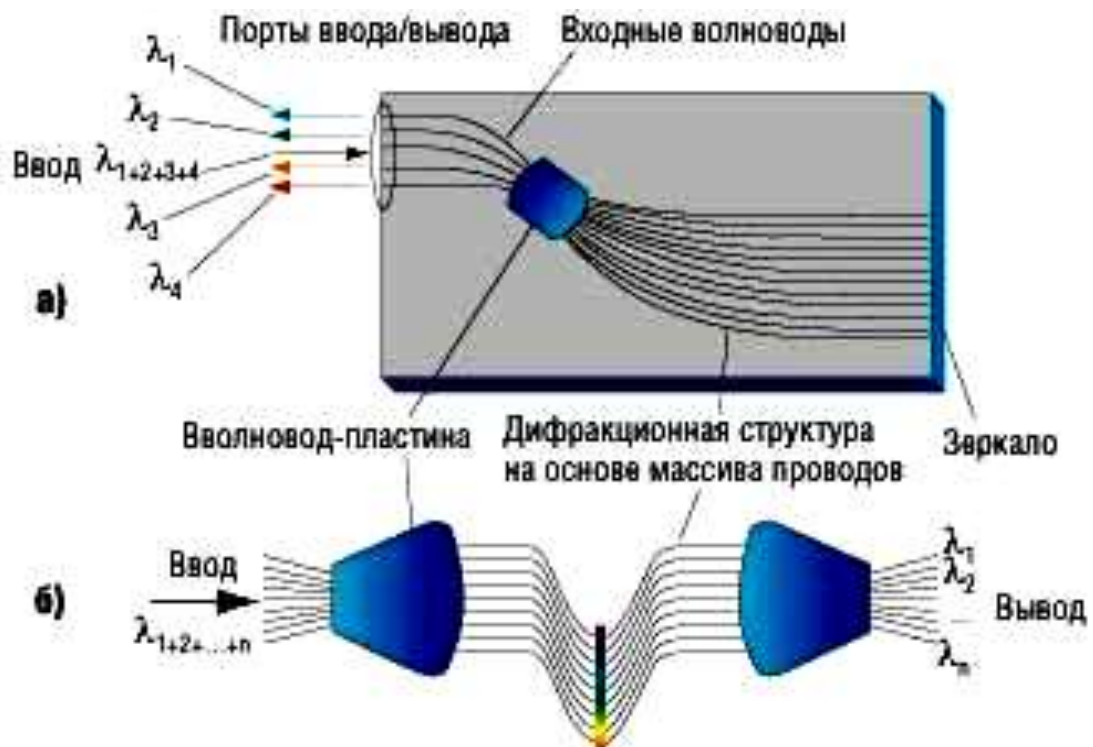
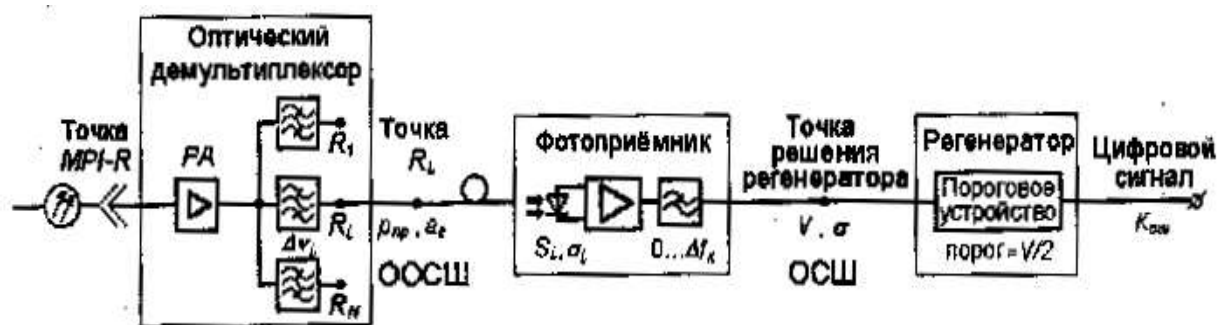


Рис.10.6.Схемы DWDM-мультиплексоров:

а) с отражающим элементом; б) с двумя волноводами-пластинами

входной порт. Затем этот сигнал проходит через волновод-пластину и распределяется по множеству волноводов, представляющих собой дифракционную структуру AWG (arrayed waveguide grating). По-прежнему сигнал в каждом из волноводов остается мультиплексным, а каждый канал — представленным во всех волноводах, то есть пока что произошло лишь распараллеливание. Далее происходит отражение сигналов от зеркальной поверхности, и в итоге световые потоки вновь собираются в волновод-пластине, где происходит их фокусировка и интерференция. Это приводит к образованию интерференционной картины с пространственно разнесенными максимумами, причем обычно расчет геометрии пластины и зеркала делают так, чтобы эти максимумы совпадали с выходными полюсами. Мультиплексирование происходит обратным путем. Другой способ построения мультиплексора базируется не на одной, а на паре волновод-пластин (рис.10.6,б). Принцип действия такого устройства аналогичен предыдущему случаю, за исключением того, что здесь для фокусировки и интерференции используется дополнительная пластина.

DWDM-мультиплексоры, являясь чисто пассивными устройствами, вносят большое затухание в сигнал. Например, потери для устройства, работающего в режиме демультиплексирования, составляют 10-12дБ, при дальних переходных помехах менее -20 дБ и полуширине спектра сигнала 1нм. Из-за больших потерь часто возникает необходимость установления оптического усилителя перед DWDM-мультиплексором и/или после него.



10.7. Структурная схема приёмной части аппаратуры DWDM

Самым важным параметром в технологии плотного волнового мультиплексирования, бесспорно, является расстояние между соседними каналами. Стандартизация пространственного расположения каналов нужна уже хотя бы потому, что на ее основе можно будет начинать проведение тестов на взаимную совместимость оборудования разных производителей. Сектор по стандартизации телекоммуникаций Международного союза по электросвязи ИТУ-Т утвердил частотный план DWDM с расстоянием между соседними каналами 100 ГГц, что соответствует разнице длин волн в 0,8 нм. Еще обсуждается вопрос о передаче информации с разницей в длинах волн 0,4 нм. Казалось бы, разницу можно сделать и еще меньшей, добившись тем самым большей пропускной способности, но при этом возникают чисто технологические трудности, связанные с изготовлением лазеров, генерирующих строго монохроматический сигнал (постоянной частоты без помех), и дифракционных решеток, которые разделяют в пространстве максимумы, соответствующие различным длинам волн. При использовании разделения 100 ГГц все каналы равномерно заполняют используемый диапазон, что удобно при настройке оборудования и его переконфигурации. Выбор интервала разделения определяется необходимой пропускной способностью, типом лазера и степенью помех на линии. Однако нужно учитывать, что при работе даже в столь узком диапазоне (1530-1560 нм) влияние нелинейных помех на границах этой области весьма существенно. Этим объясняется тот факт, что с увеличением числа каналов необходимо увеличивать мощность лазера, но это, в свою очередь, приводит к снижению отношения «сигнал/шум». В результате использование более жесткого уплотнения пока не стандартизовано и находится в стадии разработки. Еще один очевидный минус увеличения плотности — уменьшение расстояния, на которое сигнал может быть передан без усиления или регенерации.

Отметим, что упомянутая выше проблема нелинейности присуща системам усиления, основанным на кремнии. Сейчас разрабатываются более надежные фтор-цирконатные системы, обеспечивающие большую линейность (во всей области 1530-1560 нм) коэффициента усиления.

С увеличением рабочей области EDFA становится возможным

мультиплексирование 40 каналов STM-64 с интервалом 100 ГГц общей емкостью 400 ГГц в расчете на волокно (рис.10.8).

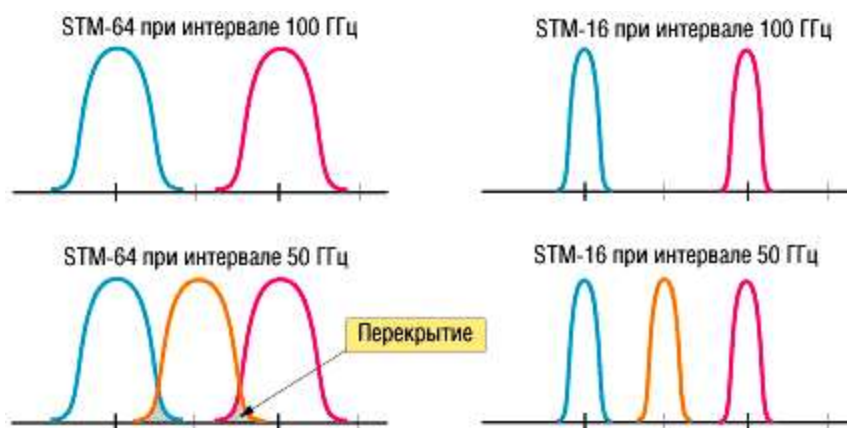


Рис. 10.8. Спектральное размещение каналов в волокне

Магистральных каналов связи, где отлично работает правило «чем толще труба, тем лучше», технология DWDM является оптимальным и обоснованным решением. Другая ситуация складывается в городских сетях, в которых запросы по передаче трафика не столь велики, как у магистральных каналов. Здесь операторы используют старый добрый транспорт на основе SDH/SONET, работающий в диапазоне длин волн 1310 нм. В этом случае для решения проблемы недостаточной пропускной способности, которая, кстати, для городских сетей пока стоит не очень остро, можно использовать новую технологию SWDM, которая является своеобразным компромиссом между SDH/SONET и DWDM (подробнее о технологии SWDM читайте на нашем CD-ROM). В соответствии с этой технологией одни и те же узлы волоконно-оптического кольца поддерживают и одноканальную передачу данных на длине волны 1310 нм, и спектральное уплотнение в диапазоне 1550 нм. Экономия достигается за счет «включения» дополнительной длины волны, для чего требуется добавить модуль в соответствующее устройство.

10.4.1. Технология DWDM в городских сетях

Применение технологии DWDM на уровне городских сетей дает провайдерам значительную гибкость, которая позволяет им предлагать услуги для различных секторов рынка. Прозрачность оптической передачи позволяет осуществлять локальную связь по существующим протоколам (IP, Ethernet и т. д.) с добавлением защиты на уровне линий SONET/SDH. Затраты на расширение сети достаточно низки, так как оборудование DWDM для коротких городских линий связи значительно дешевле, чем намного более сложное оборудование для линий связи большой протяженности. Нельзя сказать, что системы DWDM городского

масштаба обязательно проще, чем их аналоги на линиях высокой протяженности. Для локальных сетей связи намного важнее гибкость. При их проектировании необходимо предусматривать как можно большее число возможных конфигураций с возможно меньшей зависимостью от применяемых протоколов передачи. Огромное значение имеют также соответствующие средства управления, которые должны позволять реализовывать эту гибкость просто, быстро и экономично. Установка системы DWDM городского масштаба не подразумевает обязательного отказа от существующих сетей SONET/SDH: они могут существовать параллельно, причем определенные части систем DWDM могут передавать трафик SONET/SDH. Более того, для эффективного использования полосы пропускания систем DWDM трафик SONET/SDH, IP или ATM в оригинальном формате, можно передавать по различным каналам. Системы DWDM городского масштаба позволяют также передавать трафик таких протоколов, как GigabitEthernet, FDDI и ESCON. Хотя передавать “неэффективно использующие время” сигналы типа GigabitEthernet в их оригинальном формате по каналам DWDM высокой протяженности не всегда экономично, иногда имеет смысл это делать для коротких дистанций, типичных для городских сетей связи. При достижении участками сети, использующими SONET/SDH, максимальной загрузки их можно постепенно заменять линиями DWDM. При этом возможно как сохранить старые каналы SONET/SDH, так и предложить новые услуги с низкими дополнительными издержками. Пропускная способность систем DWDM может расти до тех пор, пока остаются свободные каналы. Хотя линии городских систем DWDM имеют относительно небольшую протяженность, в них чаще всего приходится использовать линейные оптические усилители (обычно EDFA). Так как наличие или отсутствие усилителей EDFA в линии связи определяет ее стоимость, сети DWDM городского масштаба обычно подразделяют на две группы: магистральные (междофисные) сети и сети доступа. Магистральные линии связи обычно имеют протяженность более 50 км, и для них типичны оптические и технические ограничения систем такой протяженности. При этом требования к их гибкости остаются высокими. Например, они могут использоваться провайдерами для предоставления высококачественных услуг связи. Хотя для линий такой протяженности часто требуются линейные оптические усилители, они могут быть достаточно экономичными при работе на низких скоростях передачи, что снижает стоимость таких систем. Короткие линии связи городских сетей доступа имеют множество преимуществ. Для них становятся не нужными усилители EDFA, что дает ощутимую экономию средств. Отсутствие усилителей EDFA приводит к существенному снижению требований к характеристикам сигнала, в частности, точности длины волны. Соответственно, упрощается выбор, тестирование и техническая поддержка компонентов (хотя для этих компонентов вносимые и другие потери

могут оказаться даже более критичными).

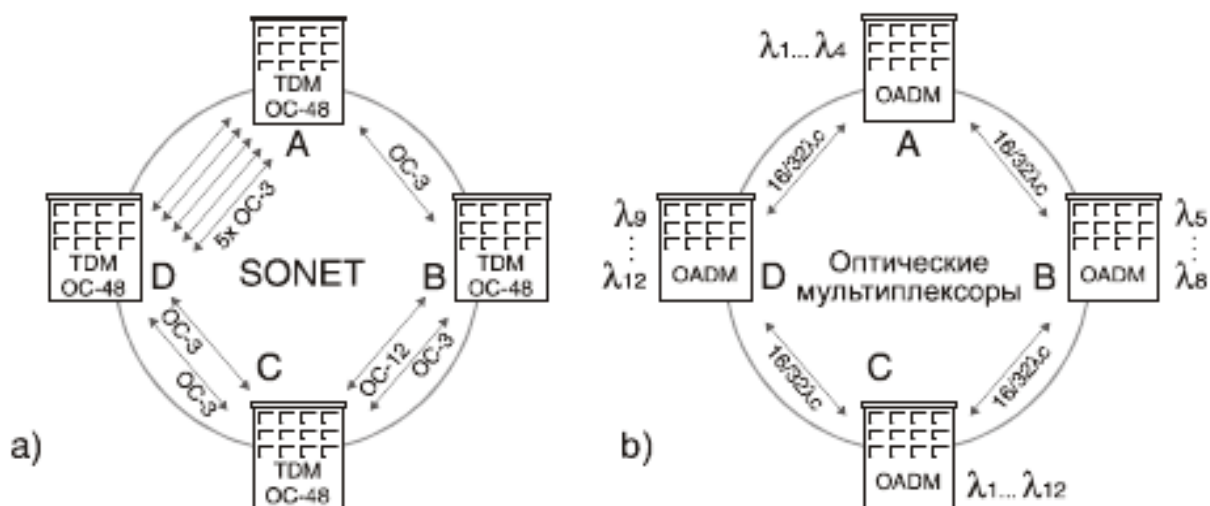


Рис.10.9. Городские сети: а) кольцо TDM перегружено между узлами сети А и D; б) рациональное решение - кольцо WDM

Кроме этого нелинейные явления в компонентах и волокне перестают вызывать какие-либо проблемы. Наконец, при отсутствии усилителей EDFA можно увеличить число каналов и/или расстояние между ними за счет применения длин волн за пределами рабочего диапазона усилителей EDFA и еще больше снизить требования к качеству компонентов. Конфигурация и набор оборудования для городских сетей доступа за счет их простоты, могут достаточно сильно отличаться от сетей большой протяженности. Городские системы DWDM часто имеют кольцевую топологию (либо в виде двух колец с противоположными направлениями передачи, либо в виде одного двунаправленного кольца), которая совместима с кольцевой топологией сетей SDH. Схемы мониторинга и защиты обеспечивают быстрое переключение каналов на резерв (за время порядка десятков миллисекунд) в случае выхода из строя какого-либо компонента или волокна. В кольцевой сети DWDM каналы добавляются и выделяются в произвольных точках кольца, поэтому балансировка каналов может быть затруднена, хотя из-за отсутствия усилителей EDFA она становится намного менее существенной. Кольцевая топология сети сама по себе также может приводить к определенным проблемам. Например, для доставки услуг кабельного телевидения в квартиры лучше всего подходят сети топологии типа “дерево”. К счастью, для кольцевых сетей DWDM разработаны способы организации различных сетевых топологий (“дерево”, “точка-точка”, широковещание и др.) за счет соответствующего использования большого числа доступных каналов в кольце. Тем не менее, создание некоторых логических конфигураций сети может потребовать определенных изменений в физической сети. Городская сеть DWDM (рис.10.9, б) более экономична, чем традиционные линии связи SONET/SDH (рис.10.9, а).

Сложность оборудования добавления/выделения каналов в сетях DWDM зависит только от характеристик этого канала, ему не приходится работать со всей информационной полосой линии связи. Кроме того, переход линии связи на технологию DWDM и добавление новых услуг не нарушает передачу существующего трафика, что особенно важно при постоянных изменениях предоставляемых услуг.

Контрольные вопросы

1. Как передаются сигналы в системах DWDM?
2. Как используется DWDM в условиях городской сети телекоммуникации?
3. Почему необходимо переходить на DWDM системы?
4. Преимущества систем CWDM.
5. В каких целях можно использовать CWDM?
6. В каких топологиях сетей можно использовать технологию CWDM?

Список используемой литературы

1. Крук Б.И. и др. Телекоммуникационные системы и сети. - М.: Горячая линия – Телеком, 2004
2. Ершов В.А., Кузнецов Н.А., Мультисервисные сети. МГГУ Н.Е Баумана 2003 г.
3. Слепов Г.Ю. Оптическая коммутация. Учебник для ВУЗов. 2000
4. Материалы курса «Высокоскоростные сети связи»
<http://www.INTUIT.ru>

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Тема 1: Установление соединения по протоколу SIP (2 часа)

План:

1. Элементы SIP-сети. Их функции.
2. Запросы протокола SIP.
3. Ответы протокола SIP.
4. Сценарий установления установления мультимедийной сессии

Цель практического занятия

Ознакомление с запросами и ответами протокола сигнализации SIP, сценариями установления соединения и вариантами межсетевое взаимодействие.

Задание к практическому занятию

1. При подготовке к практическому занятию изучить вопросы:
 - запросы протокола SIP,
 - группы ответов протокола SIP,
 - сценарии установления соединения между элементами сети SIP.
2. Получить задание у преподавателя и построить сценарий обмена сигнальными сообщениями.

Таблица 1.1.

Варианты заданий

Межсетевое взаимодействие				
	Пользователь А	Пользователь Б	Местоположение шлюза	Действие для окончания вызова
1	madina@msn.com	998692357010@samarkand-etc.uz	АМТС Самарканд	Абонент А первым кладёт трубку
2	madina@msn.com	998712357010@tashkent-etc.uz	АТС240 Ташкент	Абонент Б первым кладёт трубку
3	amir@etc.uz	2150011@nukus-gateway.etc.uz	АМТС Нукус	Абонент Б занят

4	nodira@etc.uz	2359987@tashkent-gateway etc.uz	АТС235 Ташкент	Абонент Б не отвечает
5	temur@etc.uz	2359987@buxara-gateway.etc.uz	АМТС Бухара	Абонент Б первым кладёт трубку
6	alex@msn.com	998724057010@ tashkent-etc.uz	АТС235 Ташкент	Абонент А первым кладёт трубку
7	bill@msn.com	2639987@tashkent-gateway etc.uz	АТС235 Ташкент	Абонент Б не отвечает

3. На схеме сети связи лабораторий ТУИТ и филиалов (рис. 1.2) обозначить двух абонентов SIP, территориально принадлежащих разным подразделениям. Показать прохождение сигнальной и речевой информации. Построить сценарий обмена сигнальными сообщениями в случае мультимедийной сессии.

Порядок выполнения практического занятия

При выполнении задания рекомендуется соблюдать следующую последовательность:

1. Изучить методические указания к данному практическому занятию.
2. Получить у преподавателя задание
3. Выполнить практическую часть
4. Ответить на контрольные вопросы.

Содержание отчета

1. Описание запросов и ответов протокола SIP
2. Сценарий установления соединения с участием сервера переадресации
3. Сценарий установления соединения с участием прокси-сервера
4. задание решённое по варианту

Контрольные вопросы

1. Что обеспечивают протоколы сигнализации?
2. На какие фазы делится процедура установления соединения?
3. Зачем нужен протокол SIP?
4. Основные принципы, положенные в основу протокола SIP, кто его стандартизировал?

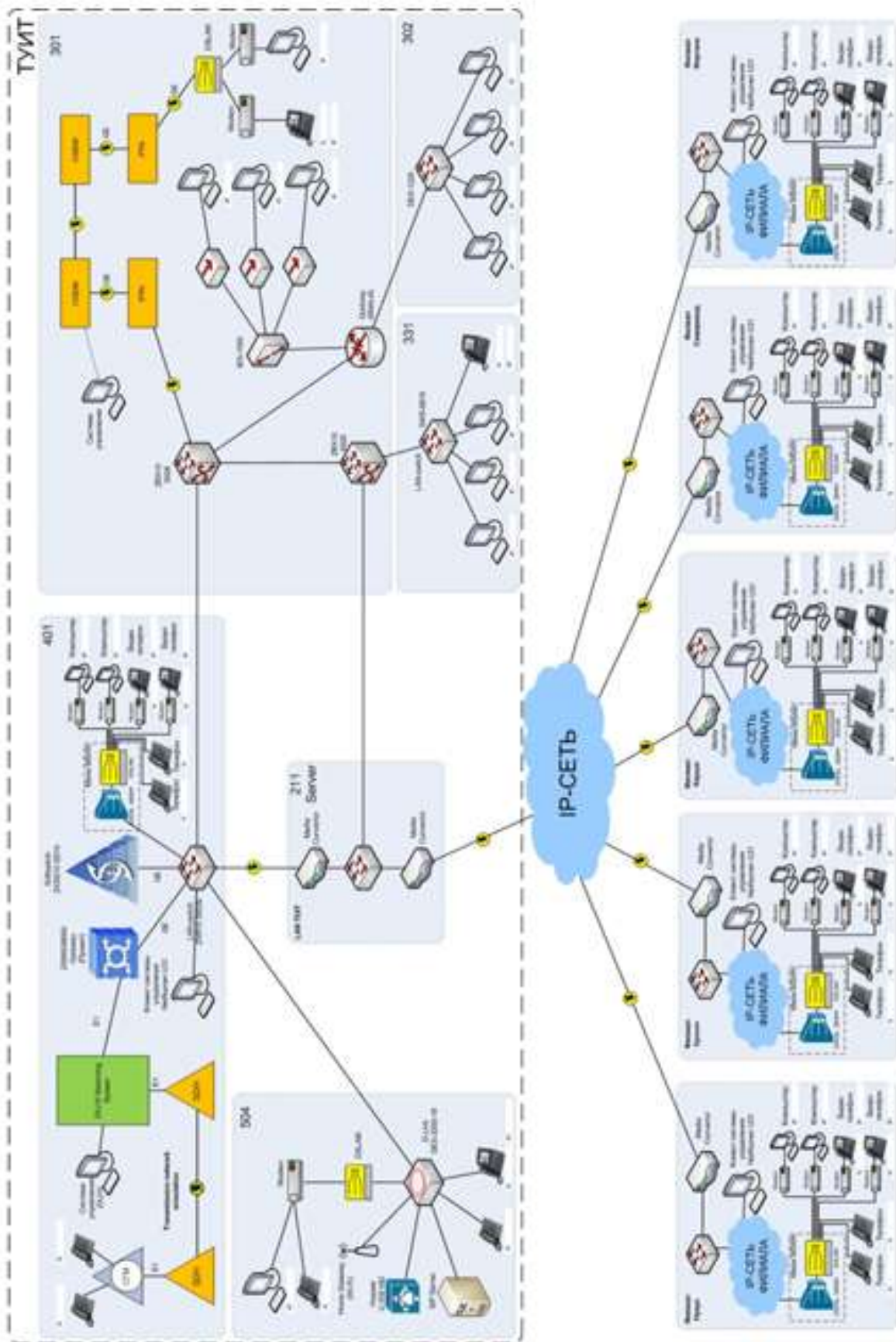


Рис.1.2. Схема сети связи лабораторий ТУИТ

5. Какое место занимает протокол SIP в стеке протоколов TCP/IP.
6. С помощью какого протокола терминалы обмениваются информацией о своих функциональных возможностях?
7. Перечислить основные элементы SIP-сети.
8. Какой тип адресации используется в протоколе SIP?
9. Перечислить типы SIP-адресов, что значат их элементы?
10. Описать принцип «клиент-сервер».
11. Какой формат сообщений и структуру имеют сообщения протокола SIP?
12. Какие существуют виды сообщений?
13. Каково назначение запросов протокола SIP?
14. Каково назначение ответов протокола SIP?
15. В чем разница двух сценариев установления соединения (с участием сервера переадресации и с участием прокси-сервера)?
16. В какие моменты времени терминалы пользователей посылают информацию о своих функциональных возможностях? В каких сообщениях эта информация располагается?
17. Какое минимальное число сообщений необходимо для установления соединения?

ЛИТЕРАТУРА

1. А.В. Росляков, М.Ю. Самсонов, И.В. Шibaева. IP-телефония. ИТЦ Эко-Трендз. 2002.
2. Б.С. Гольштейн, А.В. Пинчук, А.Л. Суховицкий. IP-телефония. Москва. Радио и связь. 2003.
3. Материалы курса «IP-телефония» сайта Интранет ТУИТ <http://www.teic.uz/dlnet>
4. А.Б. Гольштейн, В.В. Саморезов. Методические указания по проведению лабораторных работ и практических занятий по курсу «IP-телефония» для студентов, обучающихся специальности 2009 – Сети связи и системы коммутации. Санкт-Петербург. 2002
5. Садчикова С.А. IP-телефония. Учебное пособие для студентов специальностей 5A522202, 5A522203, 5A522205, 5A522216. ТУИТ. 2008.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

1.1. Запросы протокола SIP

Согласно архитектуре “клиент-сервер” все сообщения делятся на запросы, передаваемые от клиента к серверу, и на ответы сервера клиенту.

В настоящей версии протокола SIP определено шесть типов запросов. Каждый из них предназначен для выполнения довольно широкого круга задач, что является явным 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 пользователей 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.

Запрос INVITE приглашает пользователя принять участие в сеансе связи. Он обычно содержит описание сеанса связи, в котором указывается вид принимаемой информации и параметры (список возможных вариантов параметров), необходимые для приема информации, а также может указываться вид информации, которую вызываемый пользователь желает передавать. В ответе на запрос типа INVITE указывается вид информации, которая будет приниматься вызываемым пользователем, и, кроме того, может указываться вид информации, которую вызываемый пользователь собирается передавать (возможные параметры передачи информации).

В этом сообщении могут содержаться также данные, необходимые для аутентификации абонента, и, следовательно, доступа клиентов к SIP-серверу. При необходимости изменить характеристики уже организованных каналов передается запрос INVITE с новым описанием сеанса связи. Для приглашения нового участника к уже установленному соединению также используется сообщение INVITE.

Запрос ACK подтверждает прием ответа на запрос INVITE. Следует отметить, что запрос ACK используется только совместно с запросом INVITE, т.е. этим сообщением оборудование вызывающего пользователя показывает, что оно получило окончательный ответ на свой запрос INVITE. В сообщении ACK может содержаться окончательное описание сеанса связи, передаваемое вызывающим пользователем.

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 размножает запросы для поиска пользователя по нескольким направлениям и в одном из них его находит. Обработку запросов, разосланных во всех остальных направлениях, сервер отменяет при помощи сообщения CANCEL.

Запросом BYE оборудование вызываемого или вызывающего пользователя

завершает соединение. Сторона, получившая запрос BYE, должна прекратить передачу речевой (мультимедийной) информации и подтвердить его выполнение ответом 200 OK.

При помощи запроса типа REGISTER пользователь сообщает своё текущее местоположение. В этом сообщении содержатся следующие поля:

- Поле To содержит адресную информацию, которую надо сохранить или модифицировать на сервере;
- Поле From содержит адрес инициатора регистрации. Зарегистрировать пользователя может либо он сам, либо другое лицо, например, секретарь может зарегистрировать своего начальника
- Поле Contact содержит новый адрес пользователя, по которому должны передаваться все дальнейшие запросы INVITE. Если в запросе REGISTER поле Contact отсутствует, то регистрация остаётся прежней. В случае отмены регистрации здесь помещается символ «*»;
- В поле Expires указывается время в секундах, в течение которой регистрация действительна. Если данное поле отсутствует, то по умолчанию назначается время — 1 час, после чего регистрации отменяется. Регистрацию можно также отменить, передав сообщение REGISTER с полем Expires, которому присвоено значение(0), и с соответствующим полем Contact.

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 вышеуказанных 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:

- для переноса сигнальных сообщений ТфОП/ ISDN/ сотовых сетей между шлюзами в течение разговорной сессии;
- для переноса сигналов DTMF в течение разговорной сессии;
- для переноса биллинговой информации.

1.2. Ответы протокола SIP

Все ответы делятся на две группы: информационные и финальные.

Информационные ответы показывают, что запрос находится в стадии обработки. Они кодируются трехзначным числом, начинающимся с единицы, —1xx. Некоторые информационные ответы, например, 100 Trying, предназначены для установки на нуль таймеров, которые запускаются в оборудовании, передавшем запрос. Если к моменту срабатывания таймера ответ на запрос не получен, то считается, что этот запрос потерян и может (по усмотрению производителя) быть передан повторно. Один из распространенных ответов— 180 Ringing; по назначению он идентичен сигналу «Контроль посылки вызова» в ТфОП и означает, что вызываемый пользователь получает сигнал о входящем вызове.

Финальные ответы кодируются трехзначными числами, начинающимися с цифр 2, 3, 4, 5 и 6. Они означают завершение обработки запроса и содержат, когда это нужно, результат обработки запроса. Назначение финальных ответов каждого типа рассматривается ниже.

Ответы 2xx означают, что запрос был успешно обработан. В настоящее время из всех ответов типа 2xx определен лишь один— 200 ОК. Его значение зависит от того, на какой запрос он отвечает:

- ответ 200 ОК на запрос INVITE означает, что вызываемое оборудование согласно на участие в сеансе связи; в теле ответа указываются функциональные возможности этого оборудования;
- ответ 200 ОК на запрос BYE означает завершение сеанса связи, в теле ответа никакой информации не содержится;
- ответ 200 ОК на запрос CANCEL означает отмену поиска, в теле ответа никакой информации не содержится;
- ответ 200 ОК на запрос REGISTER означает, что регистрация прошла успешно;
- ответ 200 ОК на запрос OPTION служит для передачи сведений о функциональных возможностях оборудования, эти сведения содержатся в теле ответа.

Ответы 3xx информируют оборудование вызывающего пользователя о новом местоположении вызываемого пользователя или переносят другую информацию, которая может быть использована для нового вызова:

- в ответе 300 Multiple Choices указывается несколько SIP-адресов, по которым можно найти вызываемого пользователя, и вызывающему пользователю предлагается выбрать один из них;
- ответ 301 Moved Permanently означает, что вызываемый пользователь больше не находится по адресу, указанному в запросе, и направлять запросы нужно на адрес, указанный в поле Contact;
- ответ 302 Moved Temporary означает, что пользователь временно (промежуток времени может быть указан в поле Expires) находится по другому адресу, который указывается в поле Contact.

Ответы 4xx информируют о том, что в запросе обнаружена ошибка. После получения такого ответа пользователь не должен передавать тот же самый

запрос без его модификации:

- ответ 400 Bad Request означает, что запрос не понят из-за наличия в нем синтаксических ошибок;
 - ответ 401 Unauthorized означает, что запрос требует проведения процедуры аутентификации пользователя. Существуют разные варианты аутентификации, и в ответе может быть указано, какой из них использовать в данном случае;
 - ответ 403 Forbidden означает, что сервер понял запрос, но отказался его обслуживать. Повторный запрос посылать не следует. Причины могут быть разными, например, запросы с этого адреса не обслуживаются и т.д.;
 - ответ 485 Ambiguous означает, что адрес в запросе не определяет вызываемого пользователя однозначно;
 - ответ 486 Busy Here означает, что вызываемый пользователь в настоящий момент не может принять входящий вызов по данному адресу. Ответ не исключает возможности связаться с пользователем по другому адресу или, к примеру, оставить сообщение в речевом почтовом ящике. Ответы 5xx информируют о том, что запрос не может быть обработан из-за отказа сервера:
 - ответ 500 Server Internal Error означает, что сервер не имеет возможности обслужить запрос из-за внутренней ошибки. Клиент может попытаться повторно послать запрос через некоторое время;
 - ответ 501 Not Implemented означает, что в сервере не реализованы функции, необходимые для обслуживания этого запроса. Ответ передается, например, в том случае, когда сервер не может распознать тип запроса;
 - ответ 502 Bad Gateway информирует о том, что сервер, функционирующий в качестве шлюза или прокси-сервера, принял некорректный ответ от сервера, к которому он направил запрос;
 - ответ 503 Service Unavailable говорит о том, что сервер не может в данный момент обслужить вызов вследствие перегрузки или проведения технического обслуживания.
- Ответы 6XX информируют о том, что соединение с вызываемым пользователем установить невозможно:
- ответ 600 Busy Everywhere сообщает, что вызываемый пользователь занят и не может принять вызов в данный момент ни по одному из имеющихся у него адресов. Ответ может указывать время, подходящее для вызова пользователя;
 - ответ 600 Decline означает, что вызываемый пользователь не может или не желает принять входящий вызов. В ответе может быть указано подходящее для вызова время;
 - ответ 600 Does Not Exist Anywhere означает, что вызываемого пользователя не существует.

1.3. Процесс установления соединения

Сеть SIP содержит пользователей (правильно сказать UAS), прокси-серверы и серверы переадресации. Перед началом сеанса связи вызывающий пользователь должен знать либо адрес вызываемого пользователя, либо адрес SIP-сервера. Адрес может быть в виде 'user@domain', тогда необходимо преобразовать его в IP-адрес с помощью услуг DNS.

Адреса серверов пользователю сообщает поставщик услуги. Для доступа к серверу может потребоваться аутентификация, благодаря которой можно обеспечить обслуживание только определенной группы пользователей, например тех, кто заплатил за услуги. Если прямого адреса пользователя нет, то пользователь обращается к прокси-серверу или к серверу переадресации. Далее алгоритм работы сети зависит от того, к какому серверу он обратился.

1.4.Сценарий установления соединения через сервер переадресации

Вызывающему пользователю требуется вызвать другого пользователя. Он передает запрос INVITE (1) на известный ему адрес сервера переадресации и на порт 5060, используемый по умолчанию (рис.1.3). В запросе вызывающий пользователь указывает адрес вызываемого пользователя. Сервер переадресации запрашивает текущий адрес нужного пользователя у сервера определения местоположения (2), который сообщает ему этот адрес (3). Сервер переадресации в своем ответе 302 Moved temporarily передает вызывающей стороне текущий адрес вызываемого пользователя (4), или сообщает список зарегистрированных адресов вызываемого пользователя, предлагая вызывающему самому выбрать один из них. Вызывающая сторона подтверждает прием ответа 302 передачей сообщения АСК (5).

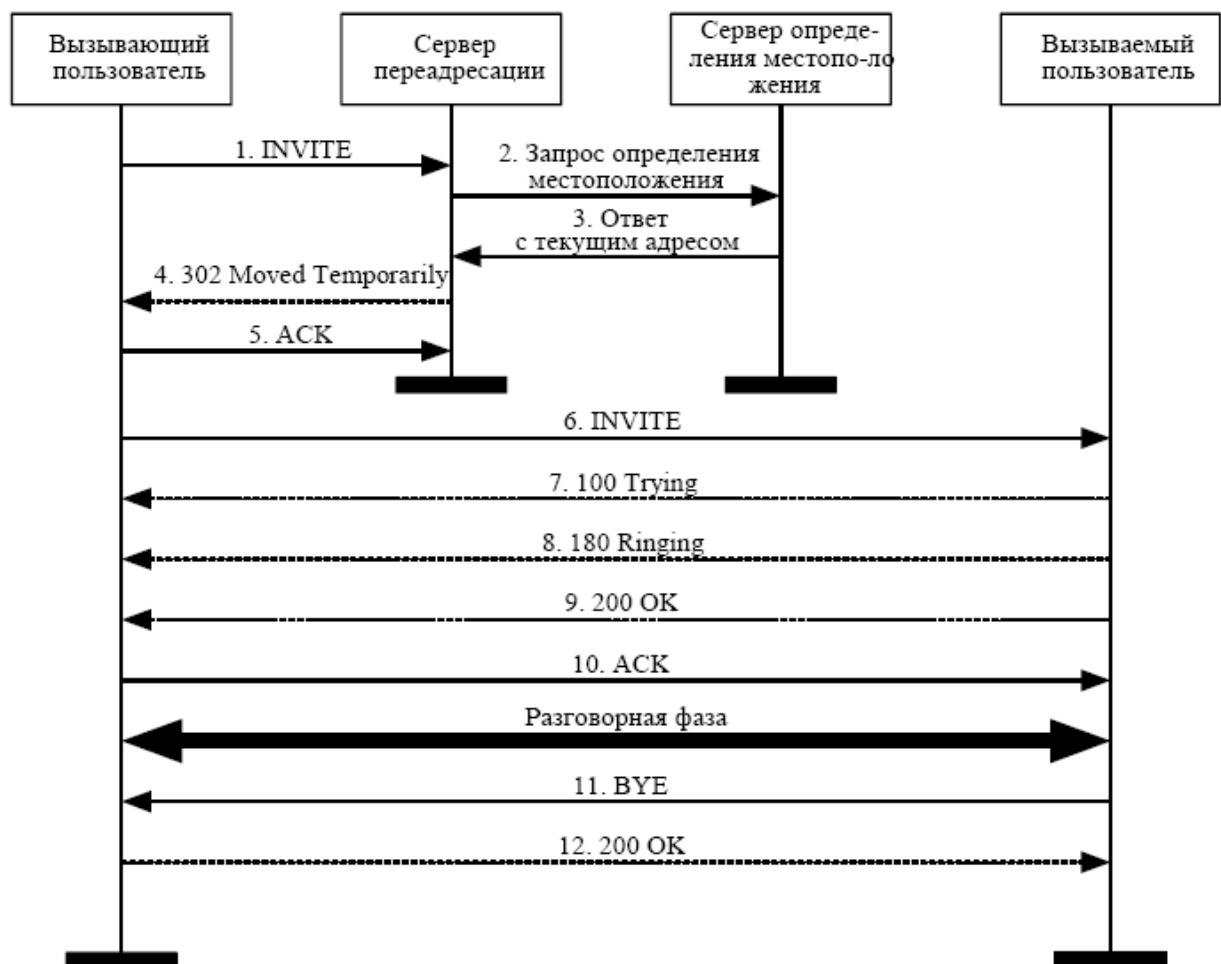


Рис. 1.3. Сценарий установления соединения через сервер переадресации

Теперь вызывающая сторона может связаться с вызываемой стороной. Для этого она передает новый запрос INVITE (6). В теле сообщения INVITE указываются данные о функциональных возможностях вызывающей стороны в формате протокола SDP.

Вызываемая сторона принимает запрос INVITE и начинает его обработку, о чем сообщает ответом 100 Trying (7) встречному оборудованию для перезапуска его таймеров. После завершения обработки поступившего запроса оборудование вызываемой стороны сообщает своему пользователю о входящем вызове, а встречной стороне передает ответ 180 Ringing (8). После приема вызываемым пользователем входящего вызова встречной стороне передается сообщение 200 OK (9), в котором содержатся данные о функциональных возможностях вызываемого терминала в формате протокола SDP.

Терминал вызывающего пользователя подтверждает прием ответа запросом ACK (10). На этом фаза установления соединения заканчивается, и начинается разговорная фаза.

По завершении разговорной фазы любая из сторон передает запрос BYE (11), который подтверждается ответом 200 OK (12).

1.5. Сценарий установления соединения через прокси-сервер

В этом случае действия 1–3 такие же, как и при использовании сервера переадресации (см.рис.1.5).

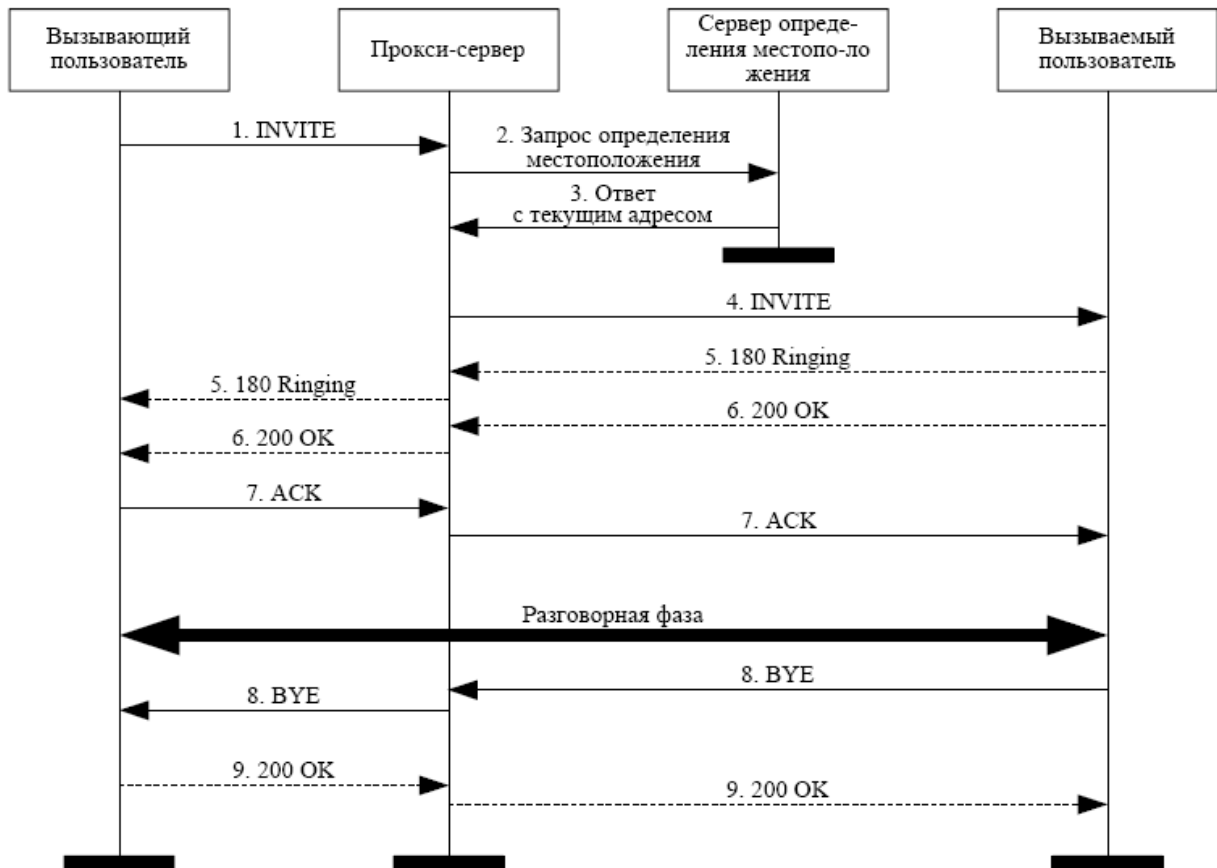


Рис. 1.5. Сценарий установления соединения через прокси сервер

После выяснения адреса (на сервере определения местоположения) прокси-сервер передает по этому адресу запрос INVITE (4). Вызываемый пользователь В оповещается акустическим или визуальным сигналом о том, что его вызывают (5); он поднимает трубку, и ответ 200 ОК отправляется к прокси-серверу (6). Прокси-сервер переправляет этот ответ вызвавшему пользователю А (7), последний подтверждает правильность приема, передавая запрос ACK (8), который переправляется к вызванному пользователю В (9). Соединение установлено, идет разговор. Вызванный пользователь В кладёт трубку, передается запрос BYE (10), прием которого подтверждается ответом 200 ОК (11).

Тема 2: Установление соединения по протоколу H.248 (2 часа)

План:

1. Принцип декомпозиции шлюза
2. Архитектура сети на базе MGCP/H.248
3. Модель процесса обслуживания вызова
4. Взаимодействие протокола H.248 с протоколом OKS7

Цель практического занятия

Ознакомление с элементами сетей MGCP/H.248, видами шлюзов, адресацией и вариантами межсетевое взаимодействия.

Задание к практическому занятию

1. На схеме сети связи лабораторий ТУИТ и филиалов (рис.1.2) обозначить двух абонентов H.248 и абонента ТфОП, территориально принадлежащих разным подразделениям. Отметить местоположение MGC, SG, MG-A, MG-B. Показать прохождение сигнальной и речевой информации для двух вариантов. Построить сценарий обмена сигнальными сообщениями в случае мультимедийной сессии.

Таблица 2.1. Варианты заданий

Вар	Вызов 1 (оба абонента H.248) – местоположение абонентов		Вызов 2	Действие для окончания вызова
	абонент А	абонент Б		
1	ТУИТ а.401	Филиал Фергана	ТА ТфОП - ТА на медиашлюзе	Абонент Б первым кладёт трубку
2	Филиал Нукус	Филиал Самарканд	ТА на медиашлюзе - ТА ТфОП	Абонент Б занят
3	Филиал Ургенч	Филиал Карши	ТА ТфОП – ТА пакетной сети	Абонент Б не отвечает
4	Филиал Карши	Филиал Нукус	ТА пакетной сети - ТА ТфОП	Абонент Б первым кладёт трубку
5	Филиал Самарканд	ТУИТ а.401	ТА ТфОП - ТА пакетной сети	Абонент А первым кладёт трубку
6	Филиал Фергана	Филиал Ургенч	ТА на медиашлюзе - ТА ТфОП	Абонент Б не отвечает
7	Филиал Ургенч	Филиал Самарканд	ТА ТфОП - ТА на медиашлюзе	Абонент Б занят

8	Филиал Карши	ТУИТ а.401	ТА пакетной сети - ТА ТфОП	Абонент Б не отвечает
9	Филиал Самарканд	Филиал Фергана	ТА ТфОП - ТА на медиашлюзе	Действие для окончания вызова
10	ТУИТ а.401	Филиал Ургенч	ТА на медиашлюзе - ТА ТфОП	Абонент А первым кладёт трубку

Порядок выполнения практического занятия

При выполнении задания рекомендуется соблюдать следующую последовательность:

1. Изучить методические указания к данному практическому занятию.
2. Получить у преподавателя задание
3. Выполнить практическую часть
4. Ответить на контрольные вопросы.

Содержание отчета

1. Сценарий установления соединения
2. Задание решённое по варианту с указанием сигнального тракта и тракта передачи информации (речи).
3. Ответы на контрольные вопросы

Контрольные вопросы

1. Какие основные компоненты описываются рекомендации Н.248?
2. Какие функции выполняют терминал MGCP, Call Agent, шлюз сигнализации, транкинговый шлюз, медиа шлюзы?
3. Чем отличаются устройства Call Agent и Media Gateway Controller MGC?
4. Какие функции выполняет медиа шлюз?
5. Какие функции выполняет шлюз сигнализации?
6. Какие функции выполняет транспортный шлюз?
7. С какими видами терминалов ТфОП может взаимодействовать сеть MGCP/Н.248?
8. Какие типы адресов используются в сети IP-телефонии стандарта MGCP/Н.248?
9. Каким образом стыкуется нумерация в ТфОП с адресацией в IP-сетях?
10. Что обеспечивают протоколы сигнализации?
11. На какие фазы делится процедура установления соединения MGCP/Н.248?
12. Перечислите основные сообщения Н.248?
13. Что такое контекст?
14. Зачем необходимы сообщения modify, notify, add, subtract?

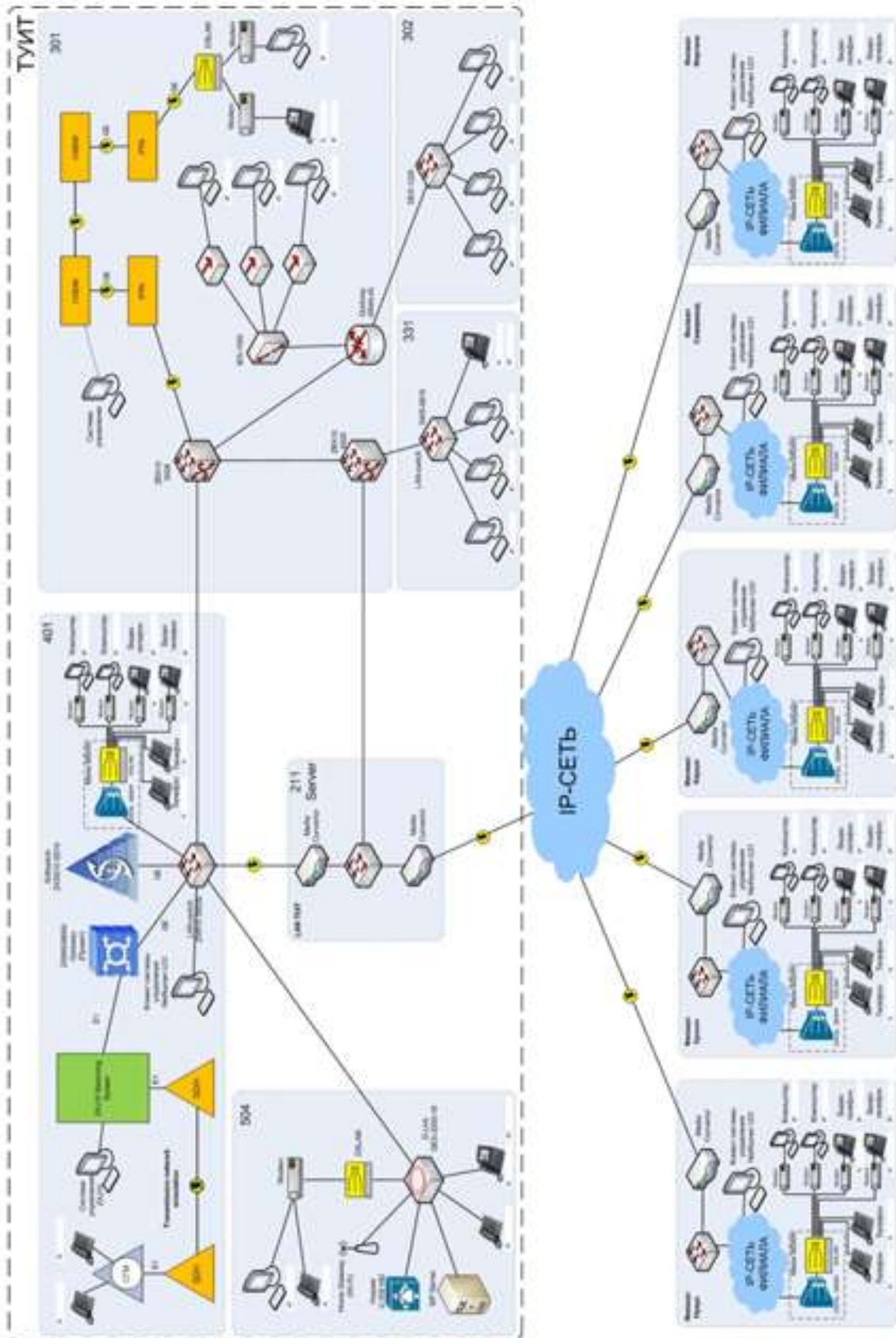


Рис.2.1. Схема сети связи лабораторий ТУИТ

Литература

1. А.В. Росляков, М.Ю. Самсонов, И.В. Шибаета. IP-телефония. ИТЦ Эко-Трендз. 2002.
2. Б.С. Гольштейн, А.В. Пинчук, А.Л. Суховицкий. IP-телефония. Москва. Радио и связь. 2003.
3. Материалы курса «IP-телефония» сайта Интранет ТУИТ <http://www.teic.uz/dlnet>
4. Садчикова С.А. IP-телефония. Учебное пособие для студентов специальностей 5А522202, 5А522203, 5А522205, 5А522216. ТУИТ. 2008

Методические указания к практическому занятию

2.1. Принцип декомпозиции шлюза

Протокол H.248 был разработан на основе протокола MGCP и предложен комитетом IETF, рабочей группой MEGACO. При разработке этого протокола рабочая группа MEGACO опиралась на сетевую архитектуру, содержащую основные функциональные блоки трех видов (рис.2.2):

- шлюз - Media Gateway MG, который выполняет функции преобразования речевой информации, поступающей со стороны ТфОП с постоянной скоростью передачи, в вид, пригодный для передачи по сетям с маршрутизацией пакетов IP (кодирование и упаковку речевой информации в пакеты RTP/UDP/IP, а также обратное преобразование);
- контроллер шлюзов - Call Agent (в H.248 называется Media Gateway Controller MGC), который выполняет функции управления шлюзами;
- шлюз сигнализации - Signaling Gateway (SG), который обеспечивает доставку сигнальной информации, поступающей со стороны ТфОП, к контроллеру шлюзов и перенос сигнальной информации в обратном направлении.

Весь интеллект функционально распределенного шлюза сосредоточен в контроллере, функции которого могут быть распределены между несколькими компьютерными платформами.

Шлюз сигнализации выполняет функции STP - транзитного пункта сети сигнализации ОКС7. Сами шлюзы выполняют только функции преобразования речевой информации. Один контроллер управляет одновременно несколькими шлюзами. В сети могут присутствовать несколько контроллеров, предполагается, что они синхронизованы между собой и согласованно управляют шлюзами.

Сообщения протокола MGCP переносятся протоколом без гарантированной доставки сообщений UDP.

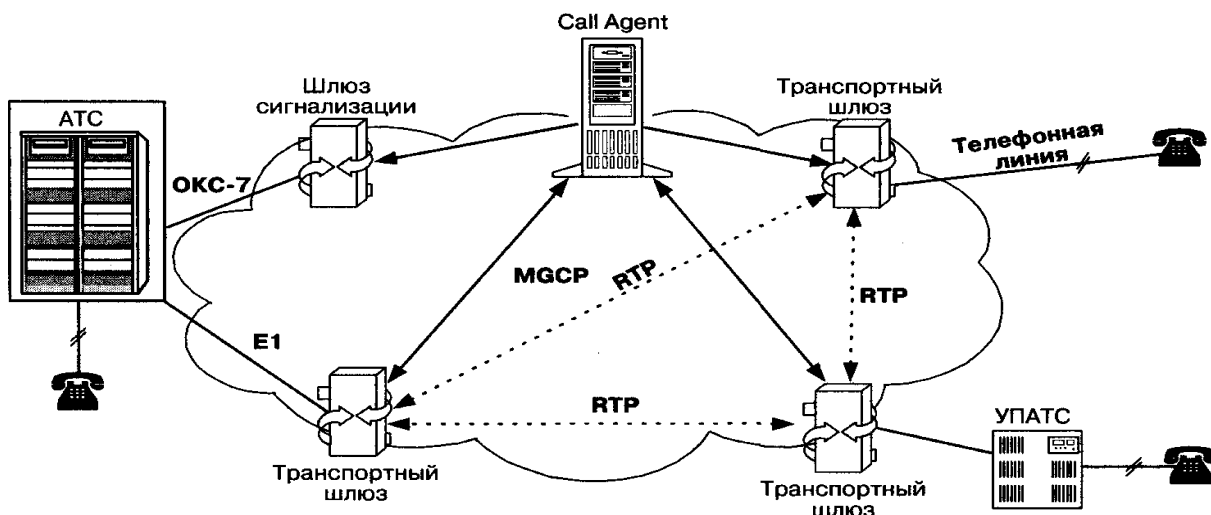


Рис.2.2. Архитектура сети на базе протокола MGCP/H.248

2.2. Взаимодействие MGCP с ОКС7

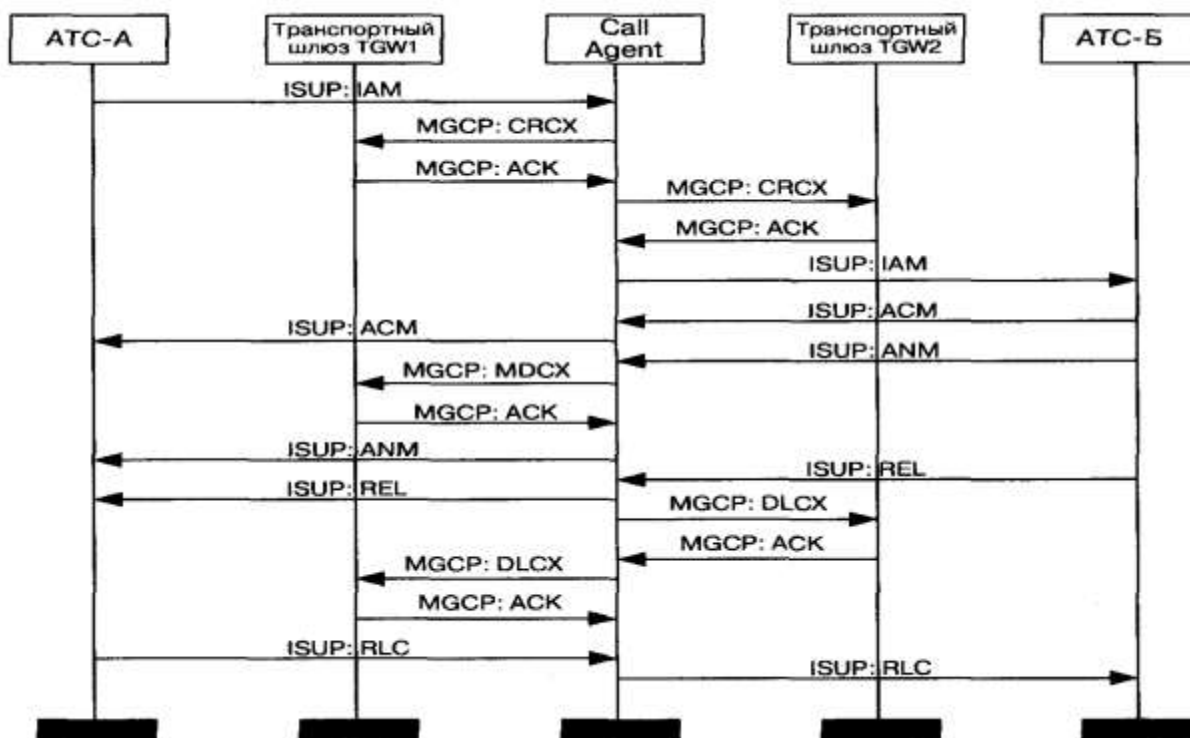


Рис. 2.3. Установление и разрушение соединения с использованием протокола MGCP

1. От телефонной станции ATC-A к шлюзу сигнализации SG1 по общему каналу сигнализации поступает запрос соединения в виде сообщения IAM протокола ISUP [6]. На рис.9.2 шлюз сигнализации SG1 и SG2 совмещены с транспортными шлюзами TGW1 и TGW2 соответственно. Шлюз SG1 передает сообщение IAM к контроллеру шлюзов, который обрабатывает запрос и определяет, что вызов должен быть направлен к

- АТС-Б посредством шлюза TGW2.
2. Контроллер резервирует порт шлюза TGW1 (разговорный канал). С этой целью он передает к шлюзу команду CreateConnection. Отметим, что порт шлюза TGW1 может только принимать информацию (режим «recvonly»), так как он еще не осведомлен о том, по какому адресу и каким образом ему следует передавать информацию.
 3. В ответе на эту команду шлюз TGW1 возвращает описание параметров сеанса связи.
 4. Приняв ответ шлюза TGW1, контроллер передает команду CRCX второму шлюзу TGW2 с целью зарезервировать порт в этом шлюзе.
 5. Шлюз TGW2 выбирает порт, который будет участвовать в соединении, и подтверждает прием команды CRCX. При помощи двух команд CRCX создается однонаправленный разговорный канал для передачи вызываемому абоненту акустических сигналов или речевых подсказок и извещений. В то же время, порт шлюза TGW2 уже может не только принимать, но и передавать информацию, так как он получил описание параметров связи от встречного шлюза.
 6. Далее контроллер шлюзов передает сообщение IAM к АТС-Б.
 7. На сообщение IAM станция АТС-Б отвечает подтверждением ACM, которое немедленно пересылается к станции АТС-А.
 8. После того как вызываемый абонент примет вызов, АТС-Б передает к контроллеру шлюзов сообщение ANM.
 9. Далее контроллер заменяет в шлюзе TGW1 режим «recvonly» на полнодуплексный режим при помощи команды MDCX.
 10. Шлюз TGW1 выполняет и подтверждает изменение режима.
 11. Контроллер передает сообщение ANM к АТС-А, после чего начинается разговорная фаза соединения.
 12. Завершение разговорной фазы происходит следующим образом. В нашем случае вызвавший абонент Б дает отбой первым. АТС-Б передает через шлюз сигнализации сообщение REL к контроллеру шлюзов.
 13. Приняв сообщение REL, контроллер шлюзов завершает соединение с вызванным абонентом.
 14. Шлюз подтверждает завершение соединения и передает к контроллеру собранные за время соединения статистические данные.
 15. Контроллер шлюзов передает сообщение RLC к АТС-Б с целью подтвердить разъединение.
 16. Параллельно контроллер завершает соединение с вызвавшей стороной.
 17. Шлюз TGW1 подтверждает завершение соединения и передает к контроллеру собранные за время соединения статистические данные.
 18. АТС-А подтверждает завершение соединения передачей сообщения RLC, после чего соединение считается разрушенным.

2.4. Модель процесса обслуживания вызова

Протокол H.248 оперирует с двумя логическими объектами внутри транспортного шлюза: порт (termination) и контекст (context), которыми может управлять контроллер шлюза. Пример модели процесса обслуживания вызова приведен на рис.2.4.

Порты являются источниками и приемниками речевой информации. Определено два вида портов: физические и виртуальные. Физические порты, существующие постоянно с момента конфигурации шлюза, это аналоговые телефонные интерфейсы оборудования, поддерживающие одно телефонное соединение, или цифровые каналы, также поддерживающие одно телефонное соединение и сгруппированные по принципу временного разделения каналов в тракт E1. Виртуальные порты, существующие только в течение разговорной сессии, являются портами со стороны IP сети (RTP-порты), через которые ведутся передача и прием пакетов RTP.

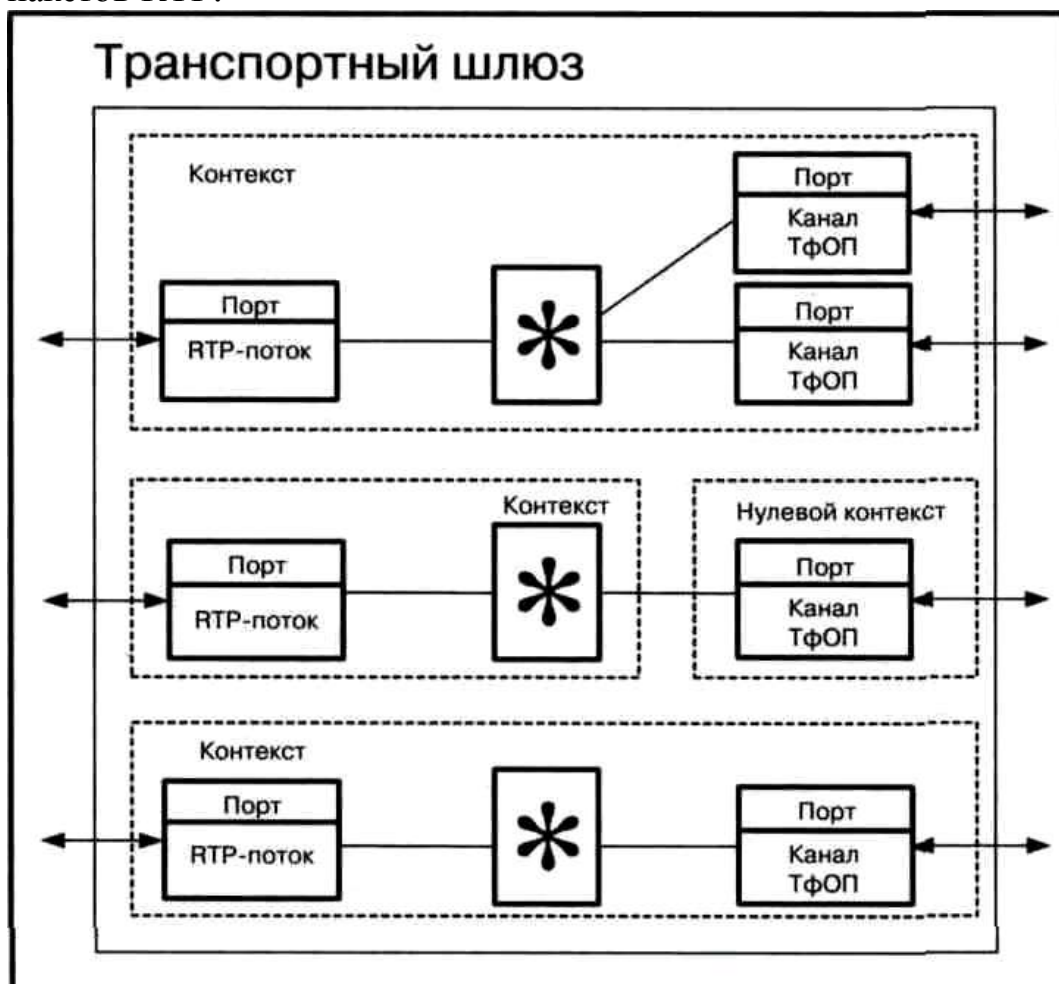


Рис.2.4. Примеры модели процесса обслуживания вызова

Виртуальные порты создаются шлюзом при получении от контроллера команды Add и ликвидируются при получении команды Subtract, тогда как физические порты при получении команды Add или Subtract, соответственно, выводятся из нулевого контекста или возвращаются

обратно в нулевой контекст.

Порт имеет уникальный идентификатор (TerminationID), который назначается шлюзом при конфигурации порта. Например, идентификатором порта может служить номер тракта E1 и номер временного канала внутри тракта.

Порты обладают рядом свойств (properties), каждое из которых имеет уникальный идентификатор (propertyID). Например, порты могут обладать свойствами генерировать речевые подсказки, акустические и вызывные сигналы, а также детектировать сигналы DTMF.

При создании портов некоторые свойства присваиваются им по умолчанию. При помощи протокола MEGACO контроллер может изменять свойства портов шлюза. Свойства портов группируются в дескрипторы, которые включаются в команды управления портами.

Контекст - это отображение связи между несколькими портами, то есть абстрактное представление соединения двух или более портов одного шлюза. В любой момент времени порт может относиться только к одному контексту, который имеет свой уникальный идентификатор. Существует особый вид контекста - нулевой. Все порты, входящие в нулевой контекст, не связаны ни между собой, ни с другими портами. Например, абстрактным представлением свободного (не занятого) канала в модели процесса обслуживания вызова является порт в нулевом контексте.

В общем случае для присоединения порта к контексту служит команда Add. При этом, если контроллер не специфицирует существующий контекст, к которому должен быть добавлен порт, то шлюз создает новый контекст.

Если шлюз поддерживает конференцию, то контекст определяет топологию связей между портами, участвующими в конференции, то есть возможные направления потоков информации для каждой пары портов.

2.5. Структура команд и ответов

Команды используются для манипулирования двумя основными объектами протокола MEGACO/H.248 - портами и контекстами. В большинстве случаев команды передает контроллер, но существуют два исключения: команда Notify, передается шлюзом, а команда ServiceChange может передаваться и шлюзом, и контроллером.

Команда Add добавляет порт к контексту. Если команда относится к первому порту, который должен быть добавлен к контексту, то создается новый контекст. В ответе на команду должен передаваться TerminationID, назначенный шлюзом.

Команда Modify изменяет свойства, события или сигналы для существующего порта. Если команда относится к конкретному порту шлюза, участвующего в контексте, то должен быть указан идентификатор порта.

Команда Subtract отключает порт от существующего контекста. В ответ на команду Subtract в дескрипторе StatisticsDescriptor шлюз посылает статистику, собранную за время соединения.

Команда Move переводит порт из текущего контекста в другой контекст в одно действие.

При помощи команды AuditValue контроллер запрашивает сведения о свойствах порта, произошедших событиях или сигналах, передаваемых в канал, а также статистику, собранную на текущий момент. В ответ на команду передаются запрашиваемые параметры порта или портов шлюза.

При помощи команды AuditCapabilities контроллер запрашивает возможные значения свойств порта, список событий, которые могут быть обнаружены портом, список сигналов, которые порт может передавать в канал, статические данные. В ответ на команду передаются запрашиваемые параметры порта.

Команда Notify служит для того, чтобы известить контроллер о событиях, которые произошли в шлюзе.

Команда ServiceChange позволяет шлюзу известить контроллер о том, что порт или группа портов вышли из обслуживания или вернулись в обслуживание. Media Gateway Controller может предписать порту выйти из обслуживания или вернуться в обслуживание. При помощи данной команды контроллер может передать управление шлюзом другому контроллеру. В таблице 2.1 приведены коды ошибок, используемые в протоколе MEGACO/H.248.

Таблица 2.1. Коды ошибок

Код ошибок	Описание
400	Некорректный запрос
401	Ошибка в протоколе
402	Авторизация не подтверждена
403	Синтаксическая ошибка в транзакции
410	Некорректный идентификатор
411	В транзакции указан идентификатор несуществующего контекста
412	Отсутствуют свободные идентификаторы контекста
420	Нет такого события или сигнала в пакете (package)
421	Неизвестная акция или некорректная комбинация акций
422	Синтаксическая ошибка в акции
430	Неизвестный идентификатор порта
431	Несуществующий идентификатор порта
432	Отсутствуют свободные идентификаторы портов
433	Порт, с указанным идентификатором, уже добавлен к контексту
440	Не поддерживаемый или неизвестный пакет
441	Отсутствует дескриптор Remote

442	Синтаксическая ошибка в команде
443	Не поддерживаемая или неизвестная команда
444	Не поддерживаемый или неизвестный дескриптор
445	Не поддерживаемое или неизвестное свойство
446	Не поддерживаемый или неизвестный параметр
447	Дескриптор не совместим с командой
448	Два одинаковых дескриптора в команде
450	Отсутствующее в пакете свойство
451	Отсутствующее в пакете событие
452	Отсутствующий в пакете сигнал
453	Отсутствующая в пакете статистическая информация
454	Отсутствующее значение параметра в пакете
455	Параметр не совместим с дескриптором
456	Два одинаковых параметра или свойства в дескрипторе
500	Внутренняя ошибка в шлюзе
501	Не поддерживается
502	Оборудование не готово
503	Услуга не реализована
510	Недостаточно ресурсов
512	Шлюз не оборудован для детектирования требуемого события
513	Шлюз не оборудован для генерирования требуемого сигнала
514	Шлюз не может воспроизвести уведомление или подсказку
515	Не поддерживаемый вид информации
517	Не поддерживаемый или некорректный режим
518	Переполнение буфера, в котором хранится информация о произошедших событиях
519	Не хватает памяти для хранения плана нумерации
520	Шлюз не имеет информации об используемом плане нумерации
521	Порт рестартовал
526	Недостаточная полоса пропускания
529	Внутренняя неисправность в аппаратном обеспечении
530	Временная неисправность сети
531	Постоянная неисправность сети
581	Не существует

2.6. Пример установления и разрушения соединения

На рисунке 10.14 приведен пример установления соединения с использованием протокола MEGACO между двумя шлюзами (Residential Gateway), управляемыми одним контроллером.

В данном примере вызывающий шлюз MG1 - имеет IP-адрес

124.124.124.222, адрес вызываемого шлюза MG2 - 125.125.125.111, адрес контроллера шлюзов MGC - 123.123.123.4. Порт для связи по протоколу MEGACO для всех трех устройств по умолчанию имеет значение 55555.

1. Шлюз MG1 регистрируется у контроллера MGC при помощи команды ServiceChange. Использование нулевого контекста означает, что порт в настоящий момент не участвует ни в каком соединении, а использование идентификатора порта ROOT означает, что команда относится ко всему шлюзу, а не к какому-нибудь определенному порту.

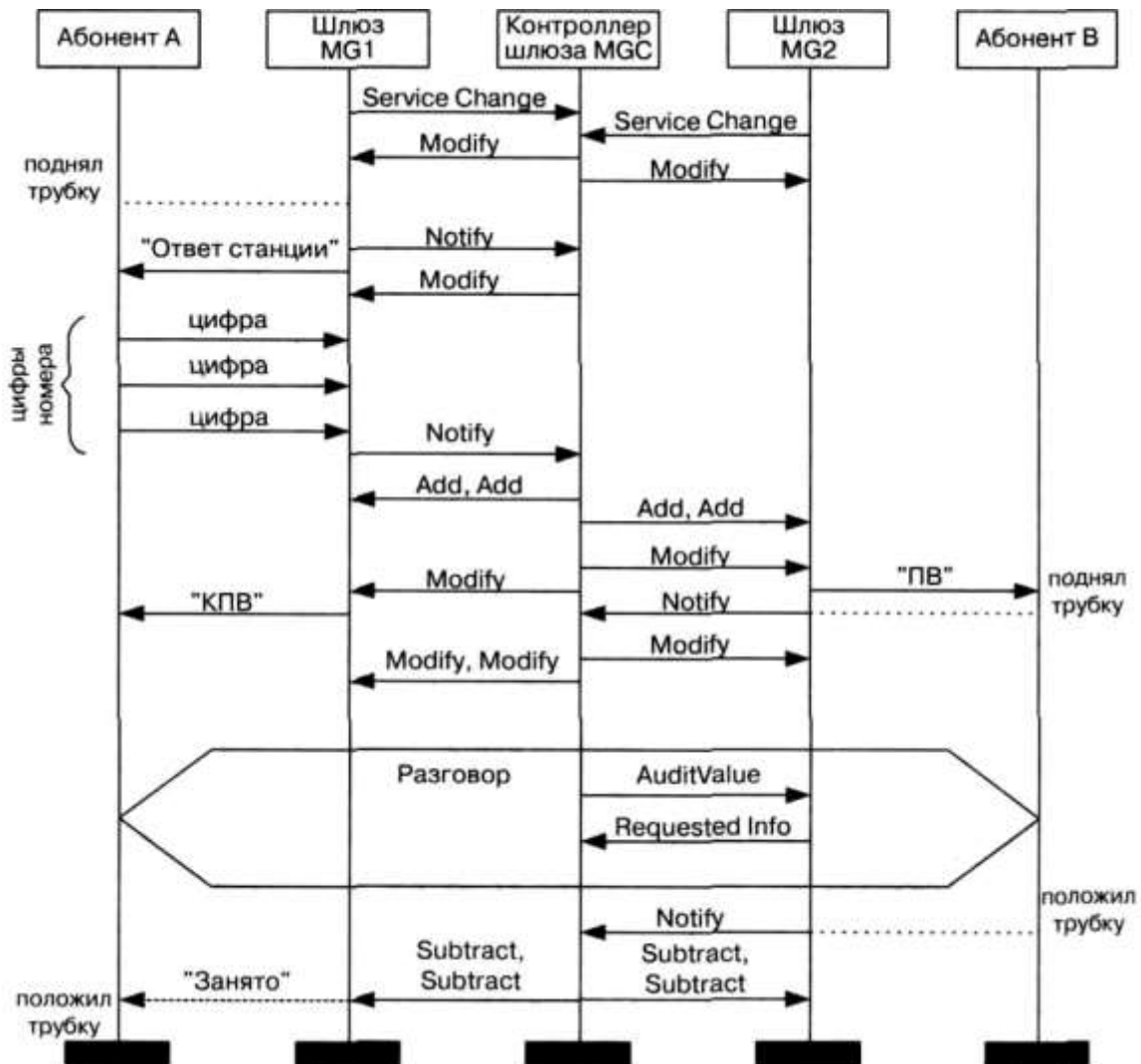


Рис.2.5. Алгоритм установления и разрушения соединения с помощью протокола H.248

2. Контроллер подтверждает регистрацию шлюза

3. Шлюз имеет свободные аналоговые порты, которые должны быть запрограммированы для отслеживания изменения сопротивления абонентского шлейфа, означающего поднятие абонентом трубки, после чего шлюз должен передать абоненту акустический сигнал «Ответ станции». Программирование производится при помощи команды `Modify` с соответствующими параметрами, причем программируется порт,

находящийся в нулевом контексте. В команде указывается идентификатор порта (terminationid) -A4444, идентификатор информационного потока (streamid) -1, транспортный адрес оборудования, передавшего команду - [123.123.123.4] :55555, специфицируется режим функционирования - дуплексный (SendReceive).

На этом же этапе в шлюз может быть загружен план нумерации (в дескрипторе digit map). В этом случае, после того как абонент поднимет трубку, шлюз должен передать ему акустический сигнал «Ответ станции» и начинать прием сигналов DTMF в соответствии с планом нумерации. Однако в нашем примере план нумерации будет загружен только после того, как абонент поднимет трубку, на 8 шаге.

Кроме того, следует отметить, что шаги 3 и 4 данного алгоритма могут быть совмещены с шагами 8 и 9, соответственно, при помощи дескриптора EventsDescriptor. При этом шаги 6 и 7 опускаются.

4. Шлюз MG1 подтверждает выполнение команды Modify:

5. Подобным же образом (шаги 1-4) программируется аналоговый порт шлюза MG2, в нашем примере имеющий идентификатор A5555.

6. Далее шлюз MG1 обнаруживает, что абонент А поднял трубку, и извещает об этом событии Media Gateway Controller при помощи команды Notify. mgi

7. Контроллер подтверждает получение команды Notify:

8. На следующем шаге MGC дает шлюзу инструкцию накапливать цифры номера вызываемого абонента в соответствии с выбранным планом нумерации. Кроме того, после получения первой цифры номера необходимо остановить передачу акустического сигнала «Ответ станции».

14. Контроллер MGC создает в шлюзе MG2 контекст для установления дуплексного соединения (режим SendReceive) с вызывающим пользователем.

15. Создание контекста подтверждается, физический порт шлюза MG2 A5555 соединяется с UDP/RTP портом, имеющим идентификатор A5556. Отметим, что RTP-порт имеет номер 1111, т.е. отличный от номера порта Megaco/H.248 - 55555.

16. Контроллер MGC предписывает порту A5555 шлюза MG2 начать передачу вызывного сигнала.

17. Шлюз MG2 подтверждает передачу сигнала «Посылка вызова» вызываемому абоненту.

18. Контроллер предписывает шлюзу MG1 начать передачу вызывающему абоненту акустического сигнала «Контроль посылки вызова (КПВ)».

19. Шлюз MG1 подтверждает передачу указанного акустического сигнала в порт A4444.

На этом этапе обоим абонентам, участвующим в соединении, посылаются соответствующие сигналы, и шлюз MG2 ждет, пока вызываемый абонент примет входящий вызов, после чего между двумя шлюзами будут организованы двунаправленные разговорные каналы.

20. Шлюз MG2 обнаружил, что вызываемый абонент поднял трубку, и

извещает об этом контроллер MGC.

21. Контроллер подтверждает получение команды Notify.

22. Далее контроллер MGC предписывает шлюзу MG2 прекратить передачу вызывного сигнала.

23. Шлюз MG2 подтверждает выполнение команды.

24. Далее, контроллер разрешает шлюзу MG1 не только принимать, но и передавать информацию (режим SendReceive), и останавливает передачу вызывающему абоненту акустического сигнала «КПВ».

25. Шлюз MG1 подтверждает выполнение команды.

MG1 to MGC:

26. После этого начинается разговорная фаза соединения, в течение которой участники обмениваются речевой информацией. Следующим шагом контроллер MGC принимает решение проверить RTP-порт в шлюзе MG2.

27. Шлюз MG2 выполняет команду. В ответе на команду AuditValue передается вся запрашиваемая информация, в том числе статистика, собранная за время соединения. Кроме того, из ответа видно, что не произошло никаких событий и не передавалось никаких сигналов.

28. Вызываемый абонент первым завершает соединение, и шлюз MG2 извещает об этом контроллер MGC.

29. Контроллер MGC подтверждает получение сообщения Notify.

MGC to MG2:

30. Получив информацию от любого из шлюзов о том, что один из абонентов положил трубку, контроллер MGC завершает соединение. К обоим шлюзам передается команда Subtract. Алгоритм завершения соединения предусматривает одинаковый обмен сигнальными сообщениями между контроллером и обоими шлюзами, поэтому здесь этот алгоритм рассматривается на примере шлюза MG2.

31. Каждый из портов шлюза MG2, участвующих в соединении (физический порт - A5555 и RTP-порт - A5556), возвращает статистику, собранную за время соединения. В общем случае, контроллер может запрашивать статистическую информацию только у одного из портов.

32. После завершения соединения контроллер MGC предписывает шлюзам MG1 и MG2 быть готовыми к тому, что кто-то из обслуживаемых ими абонентов поднимет трубку. Примечательно, что портам шлюза, отображаемым окончаниями в нулевом контексте, по умолчанию может быть предписано обнаруживать, что абонент поднял трубку, при этом контроллер не передает шлюзам специальные команды, как это было показано ранее (шаг 3).

Тема 3: Добавление N.248 абонентов на ZXSS10-SS1b с помощью программы NetNumen (2 часа)

План:

1. Интегрированная система управления сетью NetNumen U31
2. Программный коммутатор ZXSS10 SS1b (Softswitch)
3. Конфигурация пользователя в устройстве SoftSwitch

Цель практического занятия

Изучение программы интегрированной системы управления сетью NetNumen U31 и выполняемых ею задач.

Задание к практическому занятию

В данной работе необходимо:

1. Открыть программу NetNumen U31;
2. В соответствии с вариантом (см. Таблица 1) добавить пользователя:

Таблица 1

Вариант	Area Code	User Num
1	71	2210024
2	71	2210025
3	71	2210026
4	71	2210027
5	71	2210028

Техническое обеспечение практического занятия

Для выполнения практического занятия имеются:

Программный коммутатор Softswitch ZXSS10 SS1b

1. Программа NetNumen U31
2. Слайды презентации
3. Обучающее видео

Порядок выполнения практического занятия

При выполнении задания рекомендуется соблюдать следующую последовательность:

1. Изучить методические указания к данному практическому занятию.
2. Получить у преподавателя задание
3. Выполнить практическую часть
4. Ответить на контрольные вопросы.

Содержание отчета

Отчет должен содержать:

- номер и тему практического занятия;
- задание;
- модель сети, в программе NetNumen U31;
- скриншот настроек пользователя;

Контрольные вопросы

1. Что такое NetNumen U31?
2. Каково назначение NetNumen U31?
3. Какова функциональность NetNumen U31?
4. Какими сетевыми элементами предоставляет централизованное управление программа NetNumen U31?
5. Какие протоколы поддерживает NetNumen U31?
6. Перечислите характеристики NetNumen U31.
7. Какова производительность по обработке аварий у NetNumen U31?
8. Что такое SoftSwitch?
9. Каково назначение SoftSwitch?
10. Какие функции выполняет SoftSwitch?
11. Какова емкость ZXSS10 SS1 SoftSwitch?
12. Какие протоколы поддерживает ZXSS10 SS1 SoftSwitch?
13. Какова производительность обработки ZXSS10 SS1 SoftSwitch?
14. Какова надежность ZXSS10 SS1 SoftSwitch?
15. Назовите достоинства ZXSS10 SS1 SoftSwitch.
16. Назовите преимущества ZXSS10 SS1 SoftSwitch.

Методические указания к практическому занятию

Интегрированная система управления сетью NetNumen U31

Интегрированная система управления сетью NGN представляет собой программу централизованного управления всеми сетевыми элементами ZTE NGN включая Softswitch, TG, SG, AG, IAD и устройства передачи данных.

Кроме этого, система обеспечивает клиентов унифицированным интерфейсом управления для управления продуктами других производителей.

Функциональность

- Управление топологией и отображением
- Управление сбоями

- Управление производительностью
- Управление конфигурацией
- Управление отчетами
- Управление политикой
- Управление версиями ПО
- Управление диагностическим тестированием
- Управление журналом событий
- Управление безопасностью
- Управление системой

Характеристики

- Унифицированная платформа. Управление работой и техобслуживанием разнообразных сетевых элементов на унифицированной платформе централизованным способом

- Расширяемая платформа. Данная платформа основана на J2EE и является легко расширяемой для добавления новых дополнительных сетевых элементов и новых функций.

- Множество типов OS и DB. Платформа поддерживает множество операционных систем, таких как Windows, LUNIX и UNIX . Она работает с множеством систем баз данных, таких как SQLсервер , OracleиSYSDATABASE.

- Мощные EMS и NMS функции.

- Мощное управление топологией. Система предоставляет графическую диаграмму всей сети, включая все узлы и соединения. Все операции могут быть осуществлены на данной топологии.

Емкость системы

- Одновременное управление 3000 одноранговыми сетевыми элементами и 50 клиентами

- Производительность по опросам:

- Период опроса состояния сетевых элементов: 133 секунды по умолчанию и 30 секунд минимум.

- Ошибка времени опроса: < 2 секунд

- Период опроса параметров производительности сетевых элементов: 300 секунд по умолчанию и 30 секунд минимум.

- Параметр максимальной производительности (параметр MIB):200 единиц в секунду.

- Производительность по обработке аварий:

- Среднее время отклика: не более 20 секунд.

- Время отклика при полной загрузке системы: не более 30 секунд.

- Максимальная обрабатывающая способность: 300 единиц в секунду.

- Производительность очередей и статистики: 4000 единиц в секунду.

- Доступность:

- Отдельный сервер: MTTR8.5 м, MTBF 259200м, доступность 99.997%
- Сервера с резервированием: MTTR70 м, MTBF259200 м, доступность 99.9997%

Протоколы

- Протоколы Southbound:
 - SNMP (V1, V2C): стандарты разнообразных продуктов и частные MIB;
 - TELNET и MML
 - TR069
- Протоколы Northbound:
 - CORBA
 - SNMP
 - MML
- Другие протоколы:
 - CORBA V2.3
 - XML V1.0
 - JAVA RMI V1.0
 - JDBC V1.1&V2.0

1. Программный коммутатор ZXSS10 SS1b

ZXSS10 SS1b является основным опорным устройством NGN архитектуры Корпорации ZTE. Он реализует такие функции, как контроль вызовов, доступ к медиашлюзам, маршрутизация, аутентификация, обработка протоколов, учет длительности, и т.д.

Взаимодействуя с сервером приложений SCP на уровне услуг, ZXSS10 SS1b предоставляет не только базовые услуги ТфОП, но и мультимедийные услуги, традиционные услуги IN, индивидуальные IP-услуги и услуги с дополнительной стоимостью.

Функции

- Обработка простых и сложных вызовов
- Адаптация протоколов
- Предоставление открытого и стандартного интерфейса для сервисных платформ, что способствует простому добавлению новых услуг в будущем
- Поддержка учета стоимости, аутентификации, техобслуживания и т.д.
- Разрешение адресов: конвертирует адреса E.164 в IP-адреса
- Контролирует применение разнообразных голосовых кодеков медиашлюзами, а также предоставляет дополнительные алгоритмы при необходимости

- Поддерживает мощный механизм dual-homing (двойного резервирования)
- Централизованное управление ресурсами системы, распределение ресурсов и контроль

Поддержка протоколов

- Протоколы контроля вызова: ISUP, TUP over IP, SIP, SIP-T, SIP-I, H.323, BICC, V5.2, R2, PRA
- Протоколы контроля транспорта: TCP, UDP, SCTP, TCAP/SCCP, M3UA, M2UA, M2PA, IUA, V5UA
- Протоколы медиа контроля: H.248/MEGACO, SIP, MGCP, NCS
- Протоколы сервисных приложений: INAP(CS2), LDAP, RADIUS, MAP
- Протоколы управления техобслуживанием: SNMP, FTP, Telnet

Емкость системы:

- Абоненты: 16,000,000 (макс.)
- Соединительные линии: 1,600,000 (макс.)
- Количество сигнальных шлюзов: 1000 (макс.)
- Максимальное количество пунктов сигнализации: 1024
- Максимальное количество сигнальных линков: 1500x64кили 100x2M
- Количество медиашлюзов: 2 млн
- Черный/белый листы: 5 млн
- Точность биллинга: $\geq 99.9999\%$
- Уровни каскадирования: 8 (макс.)

Производительность обработки:

- ВНСА отдельной полки: не менее 2М для абонентов (макс.)
- ВНСА отдельной системы: не менее чем 16М для абонентов (макс.)

Надежность:

- Время восстановления: менее 5 мин (макс.)
- Среднее время простоя: 5.3 мин (общее)

Достоинства SoftSwitch ZXSS10 SS1b

- Географическое резервирование
- Мощная маршрутизация
- NGN применяется как C4, C5, междугородняя станция
- Широко применима во всем мире
- Возможность перехода к PES/PSS, P/I/S-CSCF, MGCF и AGCF без замены оборудования
- 3М вызовов в ЧНН/ 1 полка
- 30М вызовов в ЧНН/ 10 полок

- В NGN индустрии только ESPC плата SoftSwitch SS1b поддерживает множество сервисов и протоколов
- Множество протоколов
- Множество интерфейсов
- Успешное взаимодействие со многими вендорами

Преимущества ZXSS10 SS1b:

- Совместимость;
- Возможность плавного перехода к IMS;
- Высокая гибкость;
- Высокая применимость;
- Высокая надежность;
- Возможность обработки огромного количества вызовов;



Рис.1. Расположение плат ZXSS10 SS1b

2. Руководство по выполнению конфигурации пользователя в устройстве SoftSwitch

Для того чтобы произвести конфигурацию открываем окно Softswitch>>>Configuration Management, для этого правой кнопкой мыши кликаем по оборудованию SoftSwitch>>> Configuration Management (рис.3.1)

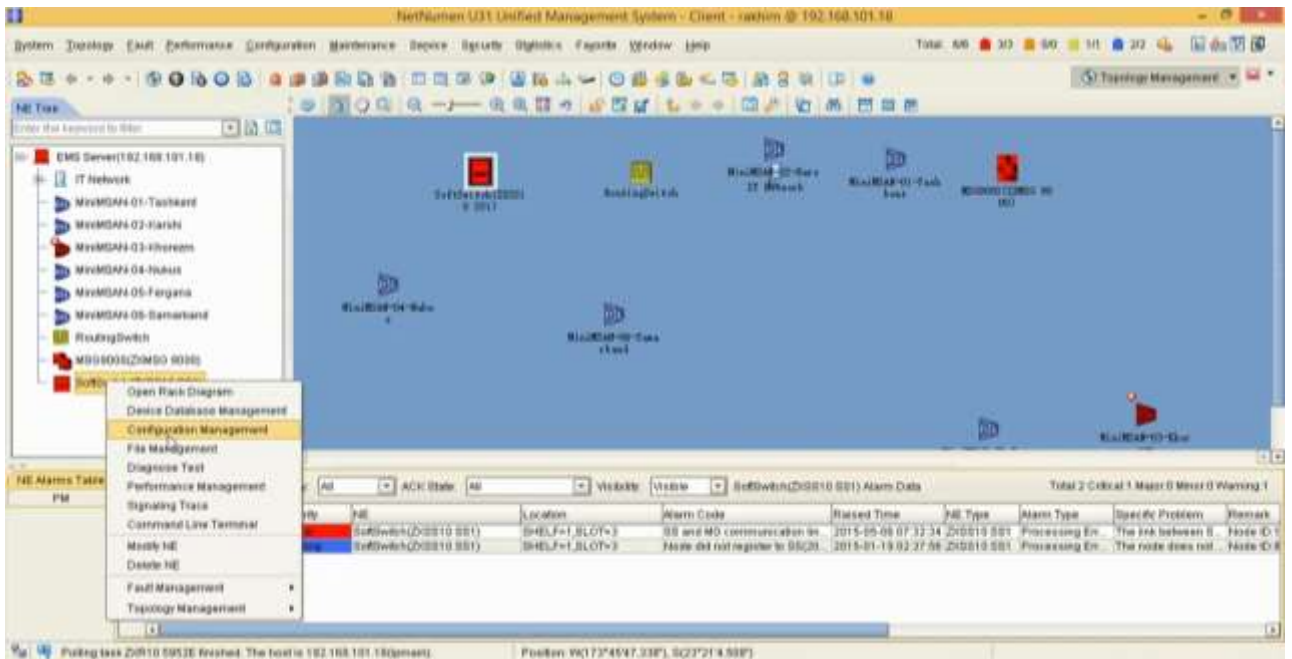


Рис.3.1. Окно настраиваемого оборудования

В открывшемся окне выполняем последовательность действий: Service Manage>>>User Configuration(U)>>>Local Office User Configuration(O) (рис.3.2)

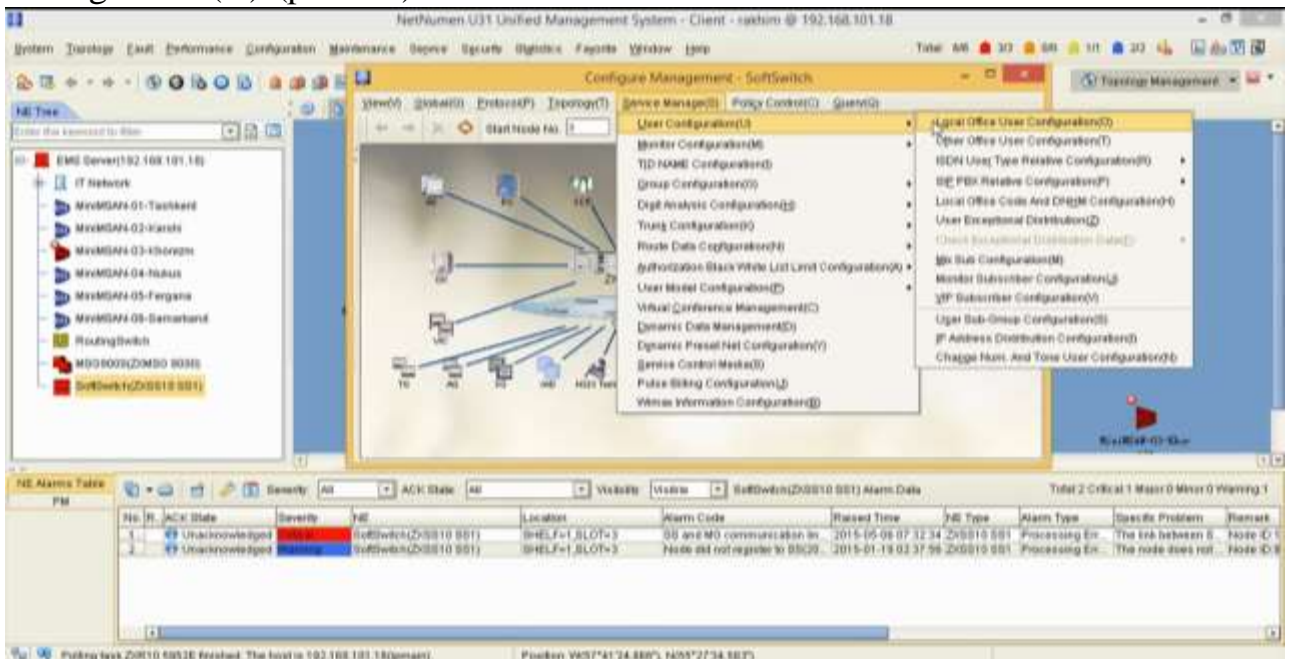


Рис.3.2. Окно Configuration Management

Добавление нового пользователя выполняется через кнопку Add находящейся в окне Local Office User Configuration(O) (рис.3.3)

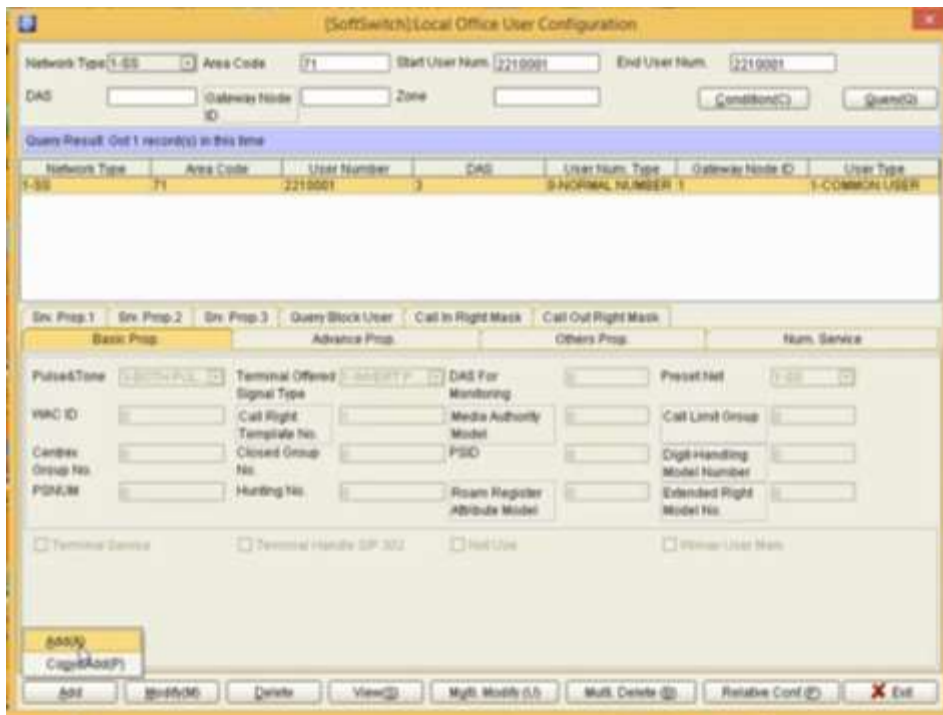


Рис.3.3. Окно Local Office User Configuration(O)

После нажатия кнопки Add открывается окно добавления пользователя (рис.3.4). В этом окне необходимо указать: Network type:1-SS, Area Code:71, User Num.:2210024 по 2210028, User Type: 1-Common, User Num Type: 0-ORMAL NUMBER, Gateway Node:15,Call Right Template:1. Другие поля оставляем пустыми и нажимаем кнопку Apply.

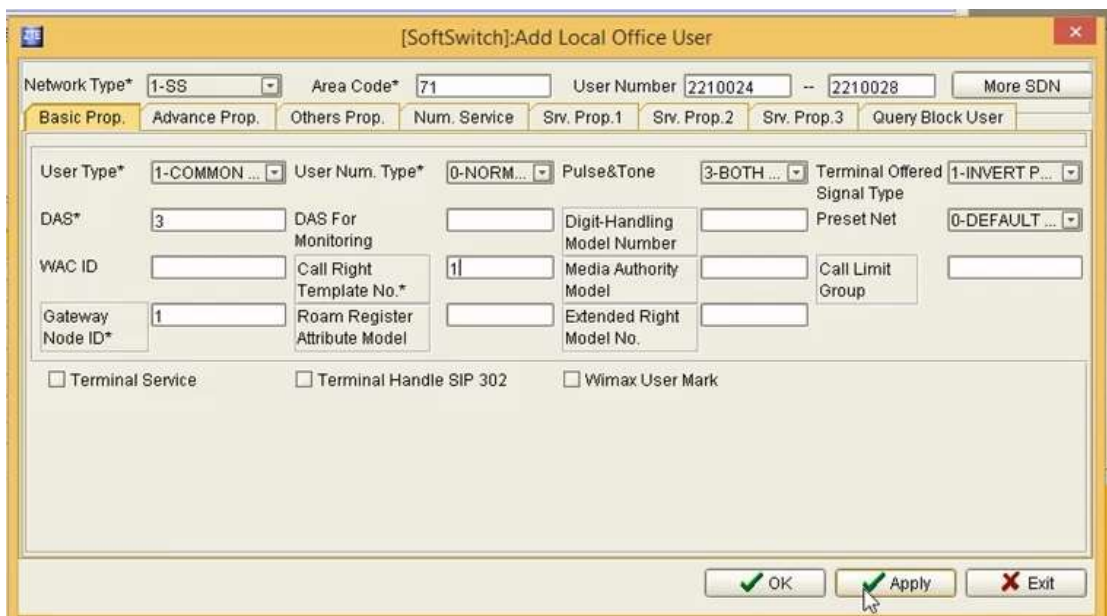


Рис.3.4. Окно добавления пользователя

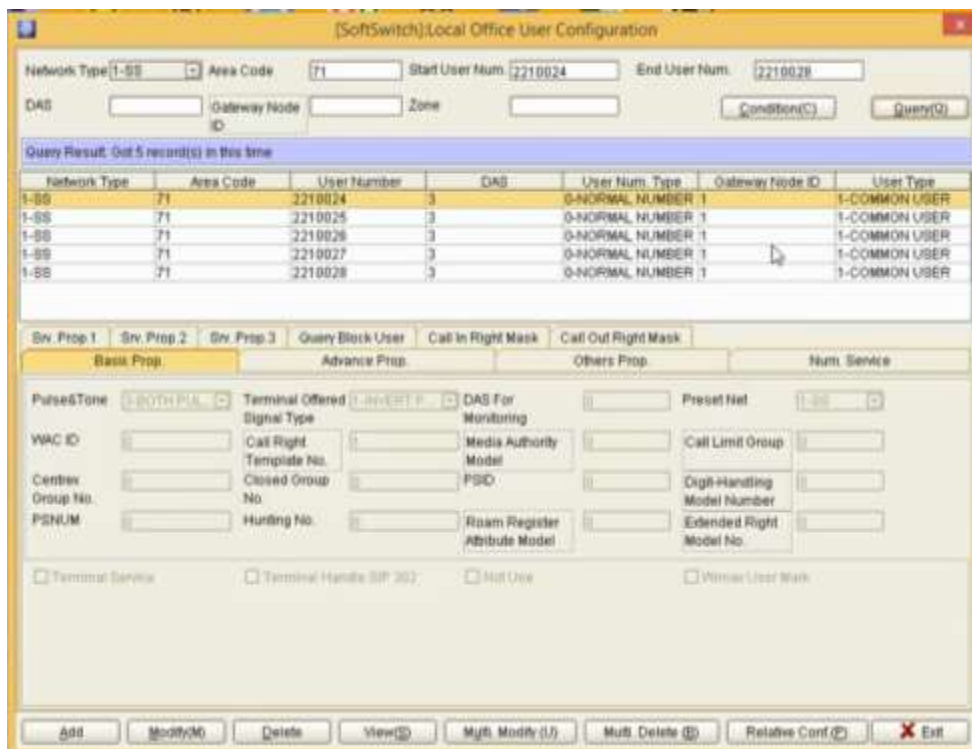


Рис.3.5. Окно с добавленными пользователями

Затем добавляем TID NAME, кликая Service Manage>>>TID NAME Configuration (рис.3.6):

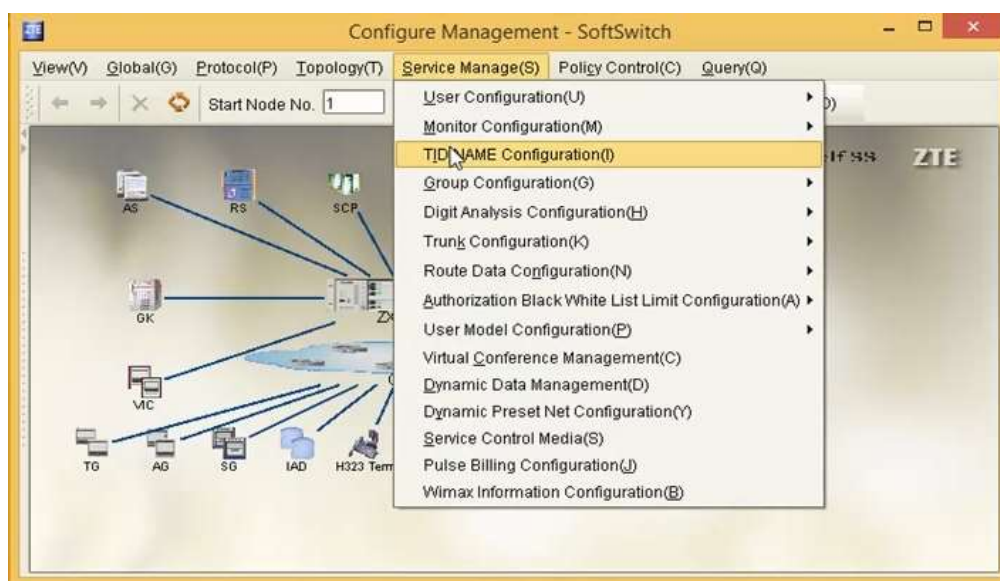


Рис.3.6 Окно Service Manage

Для начала проверим отсутствие номеров: Start Node – 1, затем Query. С номера 2210023 по 2210048 отсутствуют добавленные номера (рис.3.7):

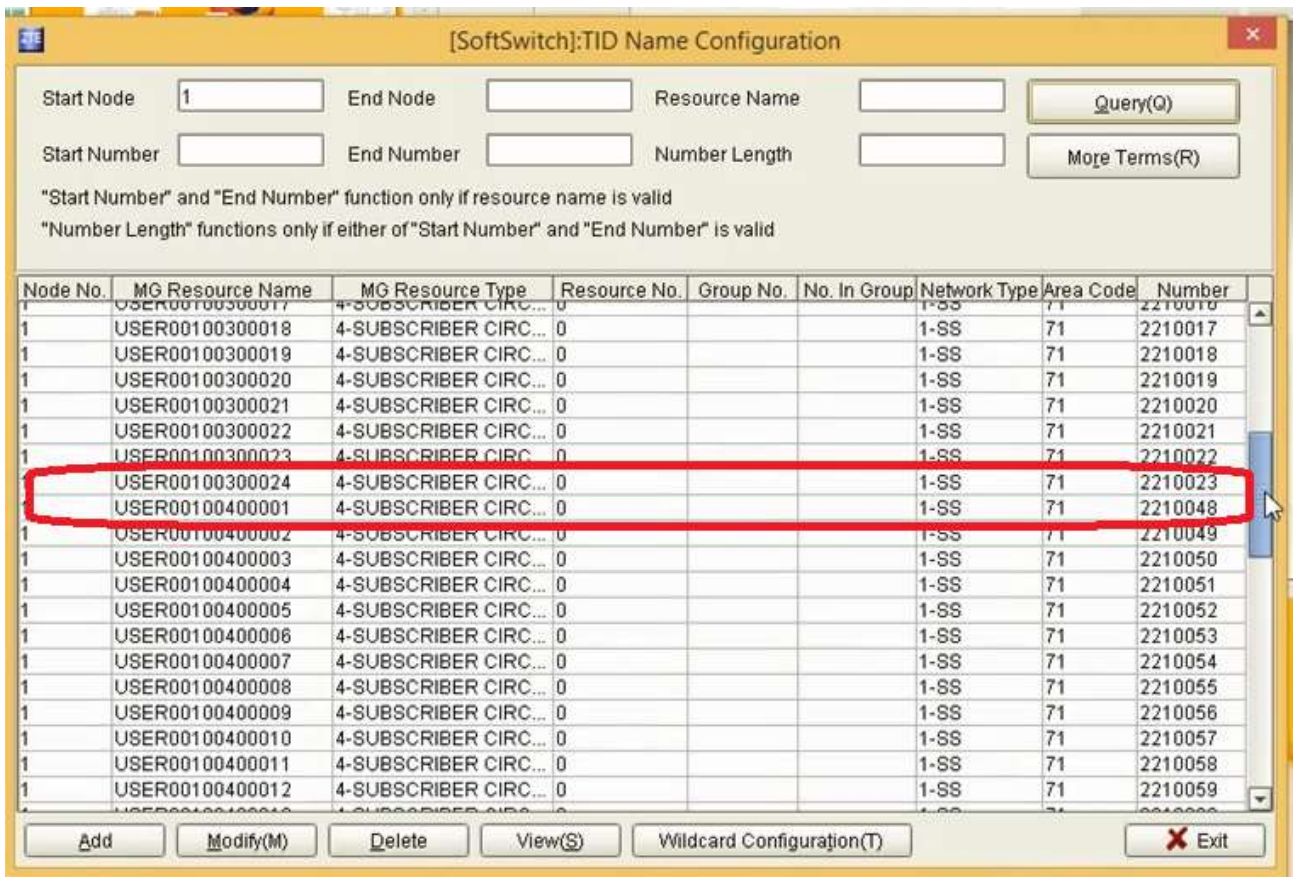


Рис.3.7. Проверка

Добавляем TID NAME, выполнив последовательно Add>>>Add TID Name (рис.3.8):

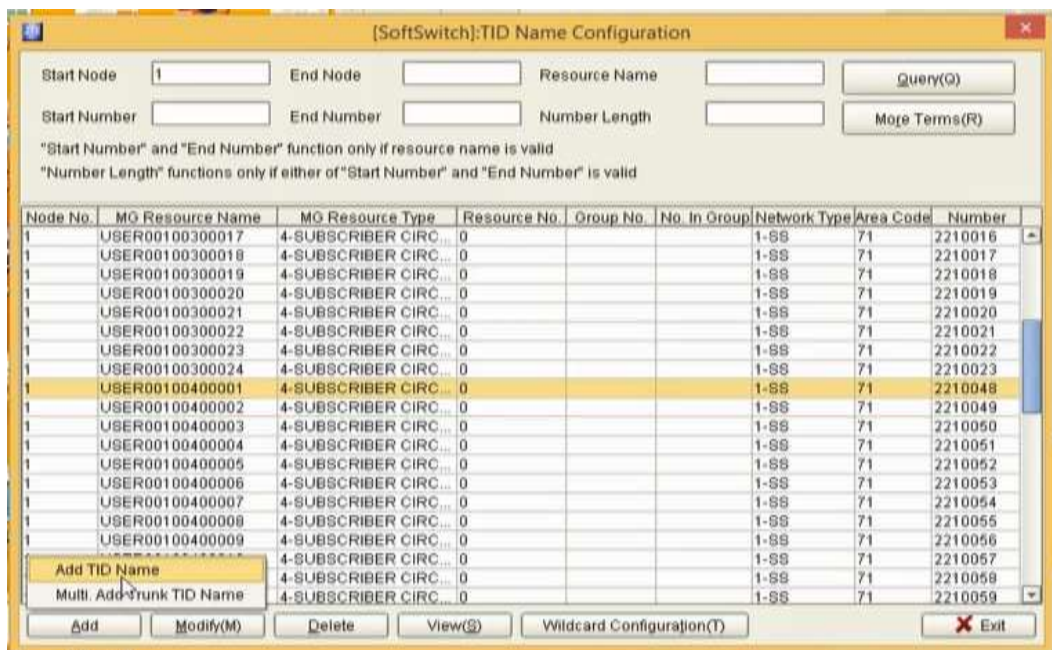


Рис.3.8. Добавление TID Name

В появившемся окне в поле MG Resource Name – USER00100300, Node No. – 1, MG Resource Type – 4-SUBSCRIBER CIRCUIT INDEXED BY NOC, Number – 2210024, Network Type: 1-SS, Area Code – 71, Start Number-25 (т.к. последний зарегистрированные номер USER00100300024), End Number – 29, Number Length – 3, затем ОК (рис.3.9):

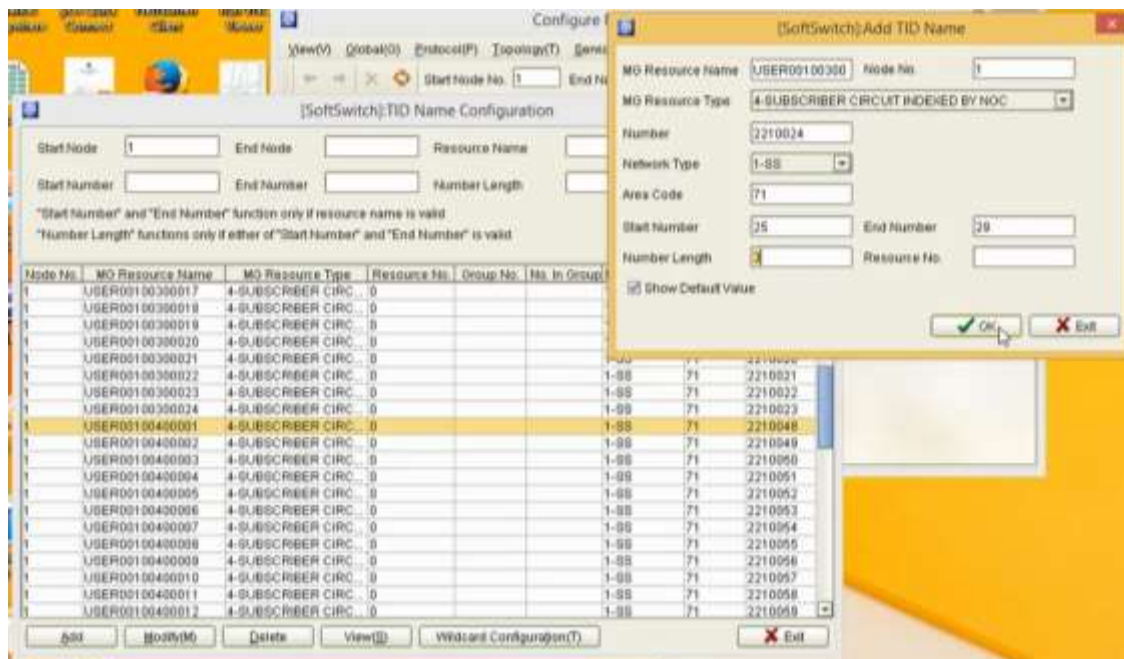


Рис.3.9. Окно добавления TID Name

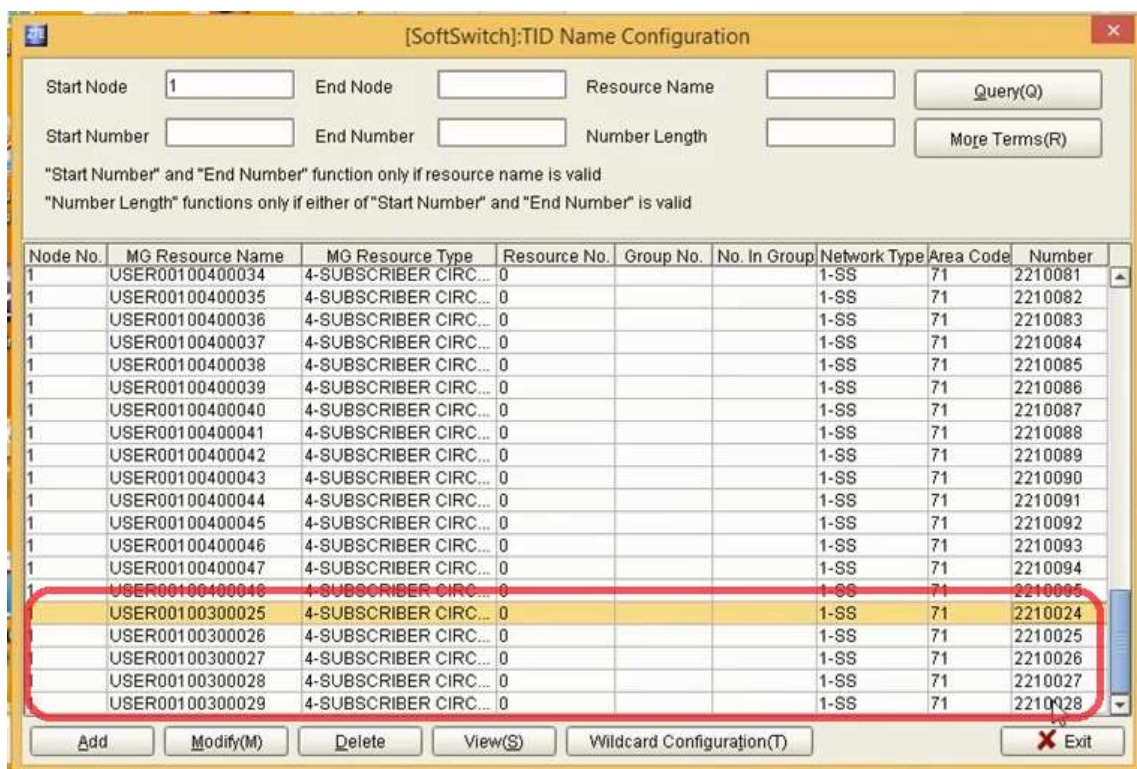


Рис.3.10. Окно с добавленными номерами

Тема 4: Добавление SIP абонентов на ZXSS10-SS1b с помощью программы NetNumen U31 (2 часа)

План:

1. Интегрированная система управления сетью NetNumen U31
2. Программный коммутатор ZXSS10 SS1b (Softswitch)
3. Добавление SIP абонентов на Softswitch
4. Настройка SIP терминала

Цель практического занятия

Изучение программы интегрированной системы управления сетью NetNumen U31 и выполняемых ею задач.

Задание к практическому занятию

В данной работе необходимо:

1. Открыть программу NetNumen U31;
2. В соответствии с вариантом (см. Таблица 1) добавить пользователя:

Таблица 1

Вариант	LATA	User Num
1	71	2210011-15
2	71	2210015-20
3	71	2210020-25
4	71	2210025-30
5	71	2210030-35

3. Перечислить услуги, которые будут предоставляться сетью, указать транспортные технологии, которые будут использоваться для связи.

Техническое обеспечение практического занятия

Для выполнения работы имеются:

Программный коммутатор Softswitch ZXSS10 SS1b

1. Программа NetNumen U31
2. Слайды презентации
3. Обучающее видео

Порядок выполнения практического занятия

При выполнении задания рекомендуется соблюдать следующую последовательность:

1. Изучить методические указания к данному практическому занятию.
2. Получить у преподавателя задание
3. Выполнить практическую часть
4. Ответить на контрольные вопросы.

Содержание отчета

Отчет о данной работе должен содержать:

- номер и тему лабораторной работы;
- задание;
- модель сети, в программе NetNumen U31;
- скриншот настроек пользователя;

Контрольные вопросы

1. Что такое NetNumen U31?
2. Каково назначение NetNumen U31?
3. Какова функциональность NetNumen U31?
4. Какими сетевыми элементами предоставляет централизованное управление программа NetNumen U31?
5. Какие протоколы поддерживает NetNumen U31?
6. Перечислите характеристики NetNumen U31.
7. Какова производительность по обработке аварий у NetNumen U31?
8. Что такое SoftSwitch?
9. Каково назначение SoftSwitch?
10. Какие функции выполняет SoftSwitch?
11. Какова емкость ZXSS10 SS1 SoftSwitch?
12. Какие протоколы поддерживает ZXSS10 SS1 SoftSwitch?
13. Какова производительность обработки ZXSS10 SS1 SoftSwitch?
14. Какова надежность ZXSS10 SS1 SoftSwitch?
15. Назовите достоинства ZXSS10 SS1 SoftSwitch.
16. Назовите преимущества ZXSS10 SS1 SoftSwitch.

Методические указания к практическому занятию

3. Программный коммутатор ZXSS10 SS1b

ZXSS10 SS1b является основным опорным устройством NGN архитектуры Корпорации ZTE. Он реализует такие функции, как контроль

вызовов, доступ к медиашлюзам, маршрутизация, аутентификация, обработка протоколов, учет длительности, и т.д.

Взаимодействуя с сервером приложений SCP на уровне услуг, ZXSS10 SS1b предоставляет не только базовые услуги ТфОП, но и мультимедийные услуги, традиционные услуги IN, индивидуальные IP-услуги и услуги с дополнительной стоимостью.

4. Руководство по добавлению SIP абонентов

Для настройки терминала SIP, первоначально запускается системный менеджер NetNumen U31. После, с устройства Softswitch переходим к окну “Configuration Management” (рис.4.1)

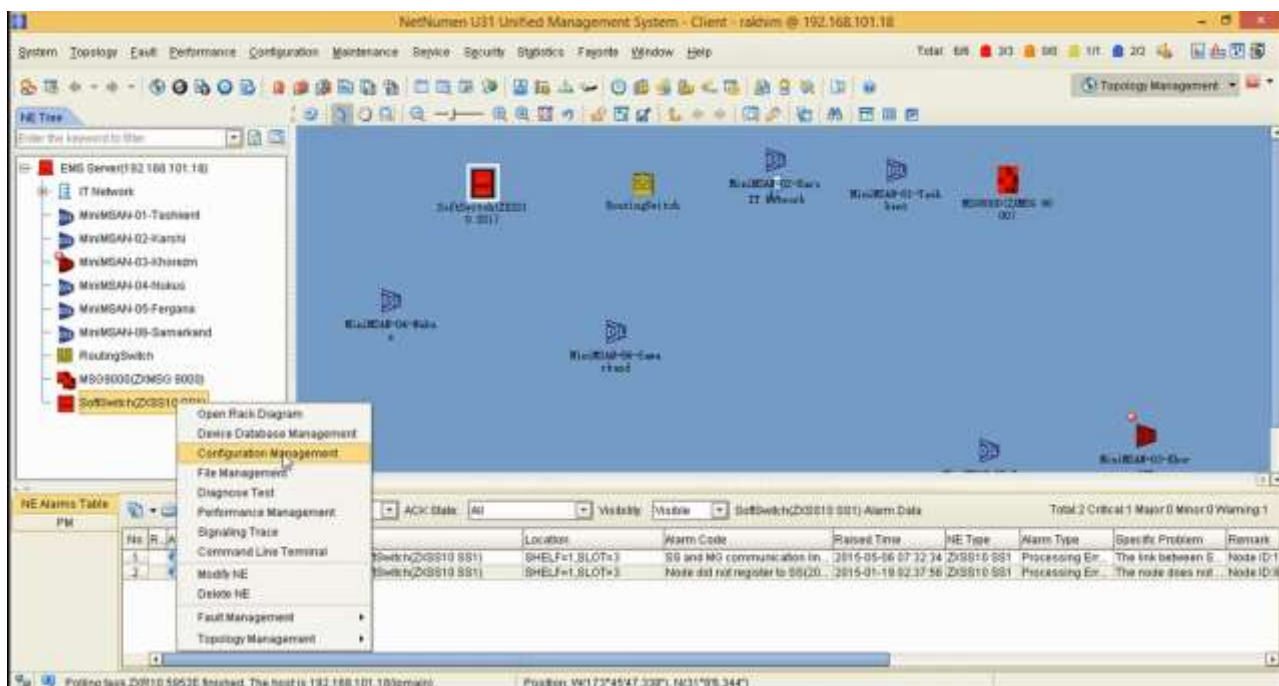


Рис.4.1. Окно настраиваемого оборудования

Далее с этого окна переходим к окну Service Manage>>>Local User Configuration (рис.4.2)



Рис.4.2. Окно Service Manage

В открывшемся окне через кнопку Add начинаем процесс регистрации терминала пользователя (рис.4.3)

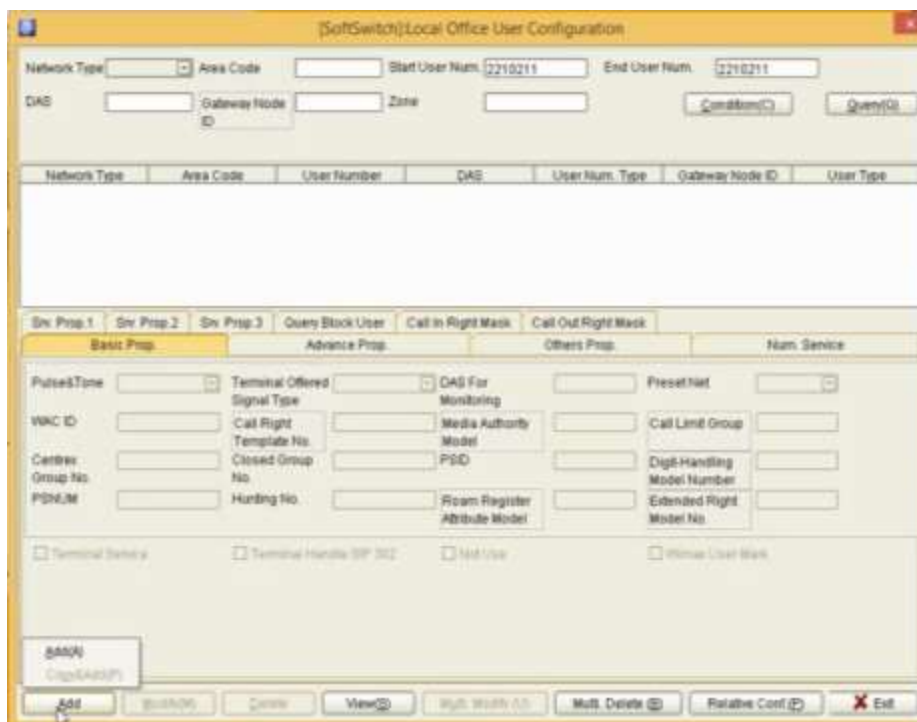


Рис.4.3. Окно Local User Configuration

В этом окне указывается Network Type: 1-SS, Area Code-71, User Number: 2210211 по 2210215, DAS-3, User Num. Type- 1-SIP NUMBER, Gateway Node ID-15, Call Right Template No.-1 (рис.4.4):

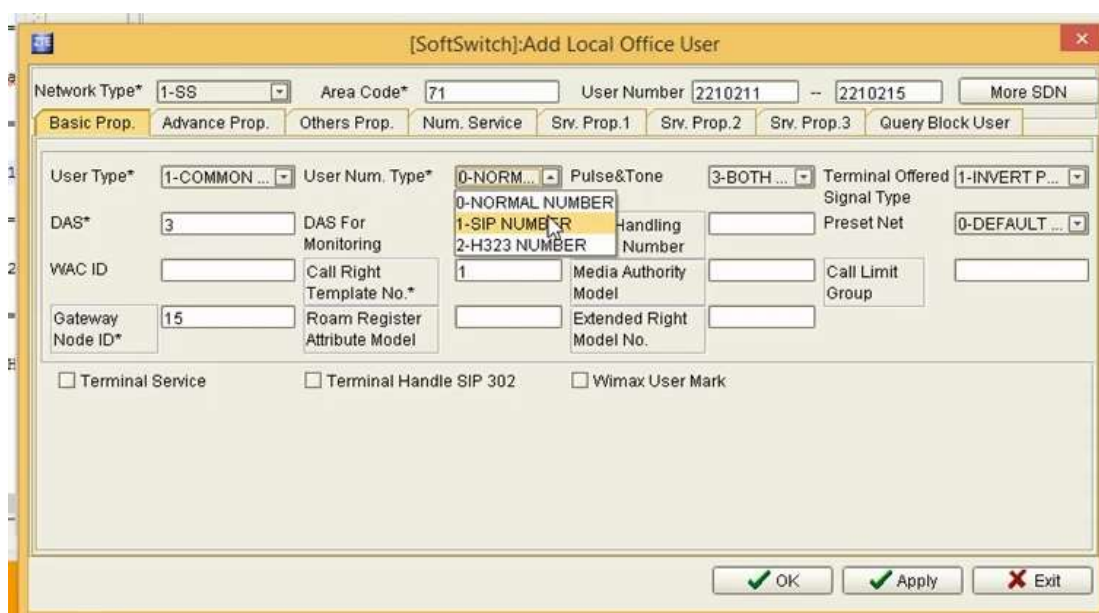


Рис.4.4 Процесс регистрации SIP номеров

В итоге, появляется добавленный номер терминала SIP и его справочные данные в списке зарегистрированных пользователей (рис.3.5).

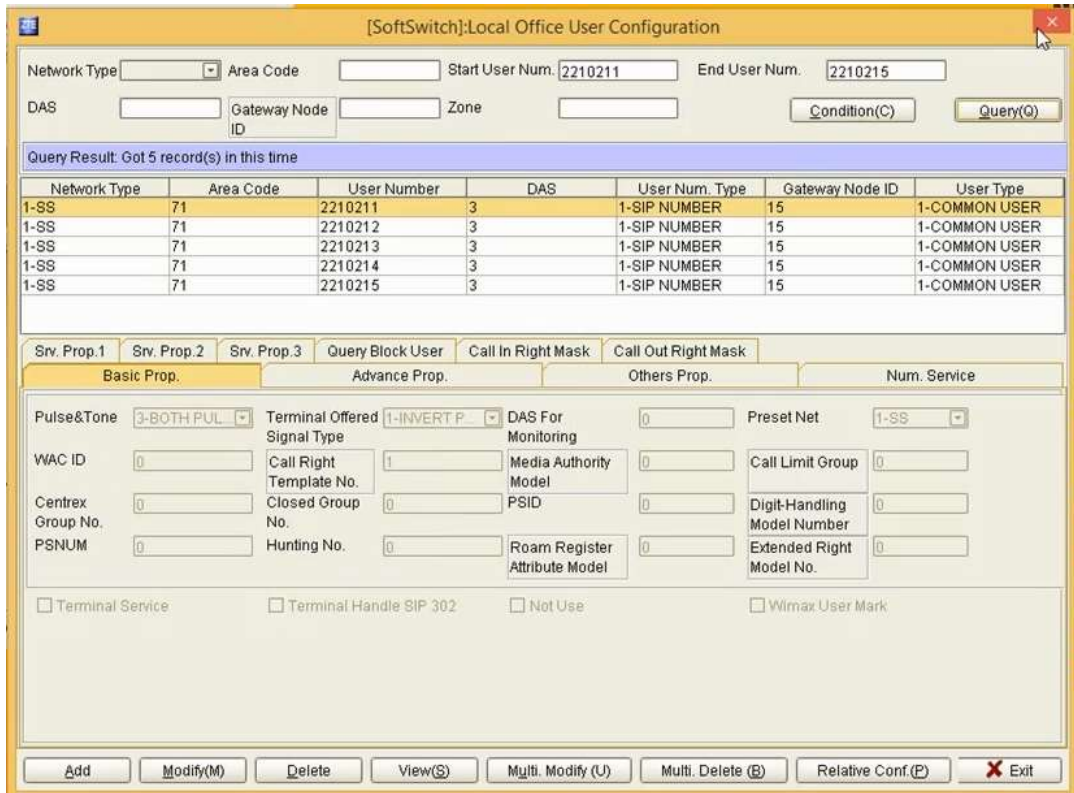


Рис.4.5 Окно с подключенными SIP-терминалами

После добавления SIP номеров переходим Protocol>>>SIP Configuration>>>SIP Register User Configuration (рис.4.6):

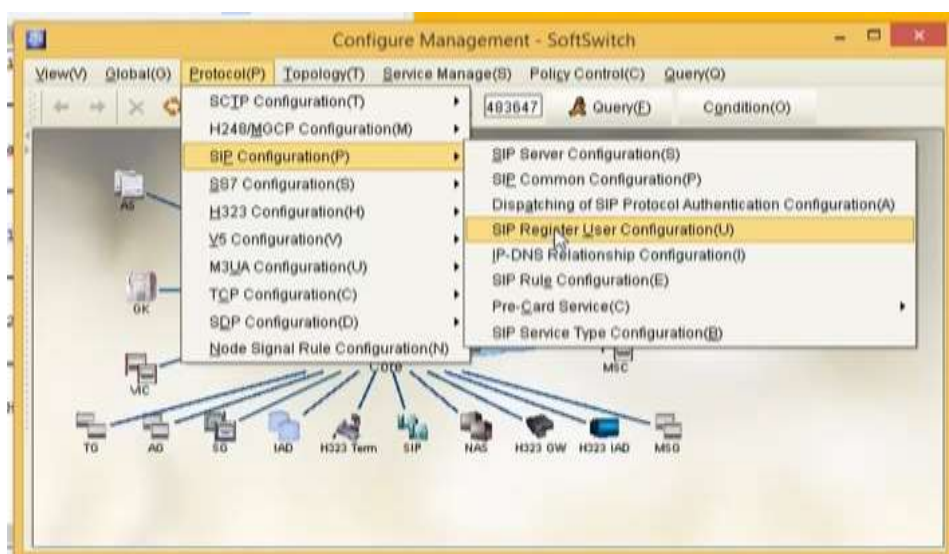


Рис.4.6. Protocol>>>SIP Configuration>>>SIP Register User Configuration

Network Type: 1-SS, LATA – 71, Query (рис.4.7):

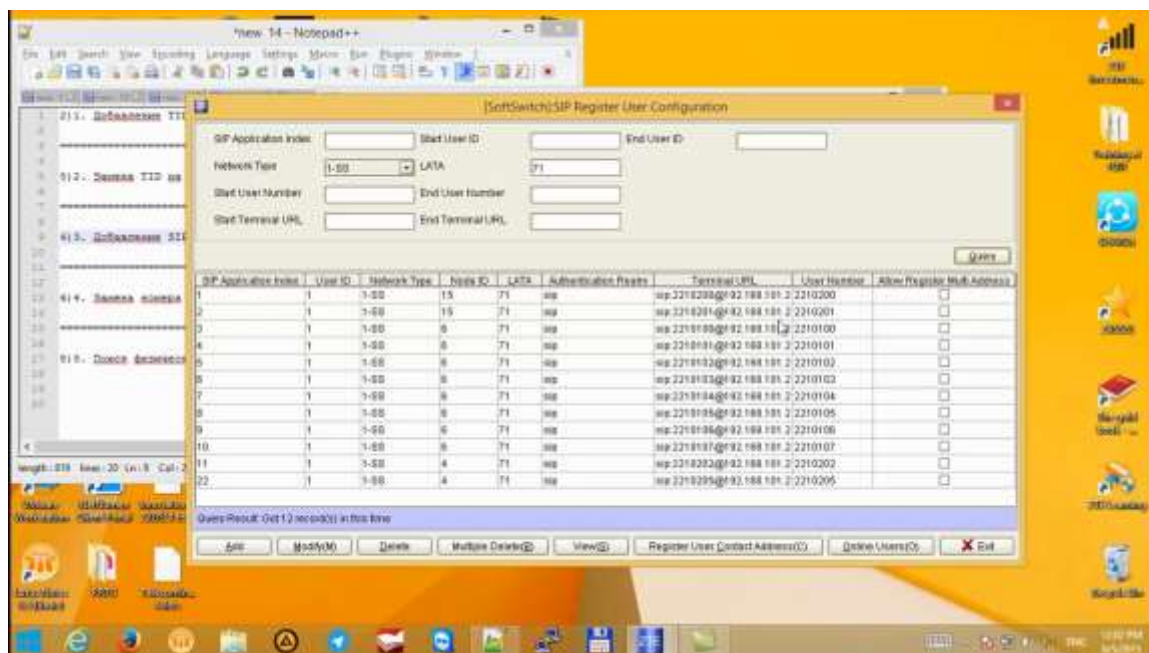


Рис.4.7. Подключенные ранее SIP номера

Затем Add, sip:2110200@192.168.101.2 (где 192.168.101.2 – IP адрес SoftSwitch), Authentication Realm- sip, Authentication Password (любое значение, но при условии что, пароль должен быть на SoftSwitch и SIP телефоне одинаков), Password Node ID-15, LATA-71, Network Type: 1-SS, User Number – 2210211, User Count – 5, (т.к. 5 номеров с 11 по 15), (рис.3.8):



Рис.4.8. Регистрация SIP пользователей

[SoftSwitch]:SIP Register User Configuration

SIP Application Index: Start User ID: End User ID:

Network Type: 1-SS (dropdown) LATA:

Start User Number: End User Number:

Start Terminal URL: End Terminal URL:

Query

SIP Application Index	User ID	Network Type	Node ID	LATA	Authentication Realm	Terminal URL	User Number	Allow Register M...
5	1	1-SS	6	71	sip	sip:2210102@192.168.101.2	2210102	<input type="checkbox"/>
6	1	1-SS	6	71	sip	sip:2210103@192.168.101.2	2210103	<input type="checkbox"/>
7	1	1-SS	6	71	sip	sip:2210104@192.168.101.2	2210104	<input type="checkbox"/>
8	1	1-SS	6	71	sip	sip:2210105@192.168.101.2	2210105	<input type="checkbox"/>
9	1	1-SS	6	71	sip	sip:2210106@192.168.101.2	2210106	<input type="checkbox"/>
10	1	1-SS	6	71	sip	sip:2210107@192.168.101.2	2210107	<input type="checkbox"/>
11	1	1-SS	4	71	sip	sip:2210202@192.168.101.2	2210202	<input type="checkbox"/>
22	1	1-SS	4	71	sip	sip:2210205@192.168.101.2	2210205	<input type="checkbox"/>
23	1	1-SS	15	71	sip	sip:2210211@192.168.101.2	2210211	<input type="checkbox"/>
24	1	1-SS	15	71	sip	sip:2210212@192.168.101.2	2210212	<input type="checkbox"/>
25	1	1-SS	15	71	sip	sip:2210213@192.168.101.2	2210213	<input type="checkbox"/>
26	1	1-SS	15	71	sip	sip:2210214@192.168.101.2	2210214	<input type="checkbox"/>
27	1	1-SS	15	71	sip	sip:2210215@192.168.101.2	2210215	<input type="checkbox"/>

Query Result: Got 17 record(s) in this time

Add Modify(M) Delete Multiple Delete(E) View(S) Register User Contact Address(C) Online Users(O) Exit

Рис.9.9. Зарегистрированные SIP пользователи

Тема 5: Настройка ДВО услуг для абонентов ZXSS10-SS1b с помощью программы NetNumen (2 часа)

План:

1. Услуга ДВО. Типы дополнительных видов обслуживания
2. Интегрированная система управления сетью NetNumen U31
3. Программный коммутатор ZXSS10 SS1b (Softswitch)
4. Настройка ДВО различным абонентам

Цель практического занятия

Изучение программы интегрированной системы управления сетью NetNumen U31 и выполняемых ею задач.

Задание к практическому занятию

В данной работе необходимо:

1. Открыть программу NetNumen U31;
2. В соответствии с вариантом (см. Таблица 1) настроить ДВО пользователю двумя способами:

Таблица 1

Вариант	Тип ДВО
1	Hotline Service
2	Delayed Hotline
3	Call Forwarding Unconditional
4	Alarm-Call Service
5	Call Forwarding On Busy
6	Call Forwarding No Answer
7	Abbreviated Dialing

3. Пояснить виды дополнительных видов обслуживания

Техническое обеспечение практического занятия

Для выполнения лабораторной работы имеются:

Программный коммутатор Softswitch ZXSS10 SS1b

1. Программа NetNumen U31
2. Слайды презентации
3. Обучающее видео

Порядок выполнения практического занятия

При выполнении задания рекомендуется соблюдать следующую последовательность:

1. Изучить методические указания к данному практическому

занятию.

2. Получить у преподавателя задание
3. Выполнить практическую часть
4. Ответить на контрольные вопросы.

Содержание отчета

Отчет о данной лабораторной работе должен содержать:

- номер и тему лабораторной работы;
- задание;
- модель сети, в программе NetNumen U31;
- скриншот настроек пользователя;

Контрольные вопросы

1. Что такое NetNumen U31?
2. Каково назначение NetNumen U31?
3. Какова функциональность NetNumen U31?
4. Какими сетевыми элементами предоставляет централизованное управление программа NetNumen U31?
5. Какие протоколы поддерживает NetNumen U31?
6. Перечислите характеристики NetNumen U31.
7. Какова производительность по обработке аварий у NetNumen U31?
8. Перечислите услуги ДВО, дать их характеристику.

Методические указания к практическому занятию

1. Интегрированная система управления сетью NetNumen U31

Интегрированная система управления сетью NGN предоставляет централизованное управление всеми сетевыми элементами ZTE NGN включая Softswitch, TG, SG, AG, IAD и устройства передачи данных.

Кроме этого, система обеспечивает клиентов унифицированным интерфейсом управления для управления продуктами других производителей.

2. Виды дополнительных видов обслуживания (ДВО)

ABD (Abbreviated Dialing) - Сокращенный набор номера.

Этот вид дополнительного вида обслуживания позволяет абоненту делать вызов путем набора сокращенного набора вместо полного номера вызываемого абонента. Станция обеспечивает абоненту возможность записать ее в память несколько номеров вместе с соответствующими им сокращенными номерами. Абоненты, использующие этот вид

обслуживания, могут производить запись сокращенных номеров самостоятельно при помощи специальных кодов, посылаемых с их оконечной установки. Сокращенный номер содержит 2 цифры в диапазоне от 00 до 99 (допускается также использование сокращенных номеров, состоящих из одной цифры от 0 до 9). Это позволяет каждому абоненту использовать до 100 сокращенных номеров, (номер может быть местным, междугородним, международным). Этой услугой может пользоваться только абонент, имеющий двухтоновый многочастотный ТА.

FDC (Fixed Destination Call) – Прямой вызов.

Этот вид ДВО называется «горячая линия». Оно позволяет абоненту установить соединение с заранее определенным абонентом без набора номера, т.е. после снятия телефонной трубки в течение 5 секунд происходит немедленное установление соединения с фиксированным абонентом. Заранее записанный номер может быть местным, междугородним, международным.

OCB (Outgoing Call Barred) – Временный запрет исходящей связи.

Эта служба подразумевает, что абонент хочет избежать определенных типов исходящего вызова со своего аппарата по своему собственному желанию. При этом абонент полностью сохраняет возможность принимать входящие вызовы. Каждый тип услуг, необходимый абоненту, обозначается при регистрации знаком «К».

Существует несколько вариантов этой службы:

если $K=1$, то все исходящие вызовы запрещены (включая местные вызовы),
если $K=2$, запрещена междугородняя и международная связь,
если $K=3$, запрещены международные исходящие вызова.

AC (Alarm Call Service) – Служба будильника.

ТА звонит в назначенное время, напоминая абоненту о планах.

DND (Do Not Disturb) – Служба «Не беспокоить».

Эта служба подразумевает, что входящие вызовы временно не должны приниматься. Абонент, пользующийся этой службой, надеется на то, что входящие вызовы не будут беспокоить его в течение какого-то периода.

После регистрации этой службы, на входящие звонки будет отвечать телефонная станция, но исходящие звонки будут действовать в обычном режиме.

CW (Call Waiting) – Ожидание вызова.

Когда абонент А разговаривает с абонентом Б, а абонент С желает дозвониться абоненту А, то ТА абонента А будет производить определенный сигнал, означающий, что абоненту А звонят.

MAL (Macilious Call) – Прослеживание злонамеренного вызова.

Этот ДВО позволяет абоненту сделать запрос на станцию об определении и регистрации номера вызвавшего его абонента. ДВО «Прослеживание злонамеренного вызова» дает возможность по соответствующему запросу определить и зарегистрировать на станции следующие данные: время и дату запроса, номер вызываемого абонента, номер вызывающего абонента.

ADDCONF(Conference Call) – Конференц-связь.

Этот вид ДВО позволяет абоненту устанавливать многостороннее соединение, т.е. одновременное соединение с несколькими абонентами.

CFOB(Call Completion Meeting Busy) – Вызов занятого абонента.

Этот вид ДВО позволяет вызывающему абоненту А, встретившему занятость вызываемого абонента В, получить соединение с абонентом В, когда последний освободится, без осуществления повторной попытки вызова. Если абонент А встречает занятость вызываемого абонента, то он может активизировать данный ДВО. ДВО будет контролировать вызываемого абонента с целью определения момента времени, когда он освободится. Когда абонент В освободится и не будет делать повторной попытки вызова в течении определенного промежутка времени, станция подготовит коммутационный тракт между абонентами А и В, и пошлет вызов абоненту А.. Когда абонент А ответит на вызов, посылается сигнал вызова абоненту В и далее соединение устанавливается обычным порядком.

CFU (Call Forwarding Unconditional) – Безусловная переадресация вызова.

Имеется несколько вариантов.

CFONA / Call Forward On No Answer/ - Перенаправление вызова при не ответе.

Этот вид ДВО позволяет обслуживаемому абоненту послать запрос на станцию о направлении всех входящих к нему вызовов на другой номер, указанный абонентом, если вызываемый абонент не отвечает.

CFOB / Call Forward On Busy/ - Перенаправление вызова при занятости.

Этот вид ДВО позволяет обслуживаемому абоненту послать запрос на станцию о направлении всех входящих к нему вызовов на другой номер, если его оконечная установка занята.

3. Руководство по выполнению настройки ДВО для абонентов

В системе NGN имеются несколько дополнительных видов обслуживания (переадресация звонков на другой номер, конференцсвязь, набор коротких номеров и т.п). Для настройки ДВО пользователям, первоначально запускается системный менеджер NetNumen U31.

После, с устройства Softswitch переходим к окну “Configuration Management” (рис.5.1)

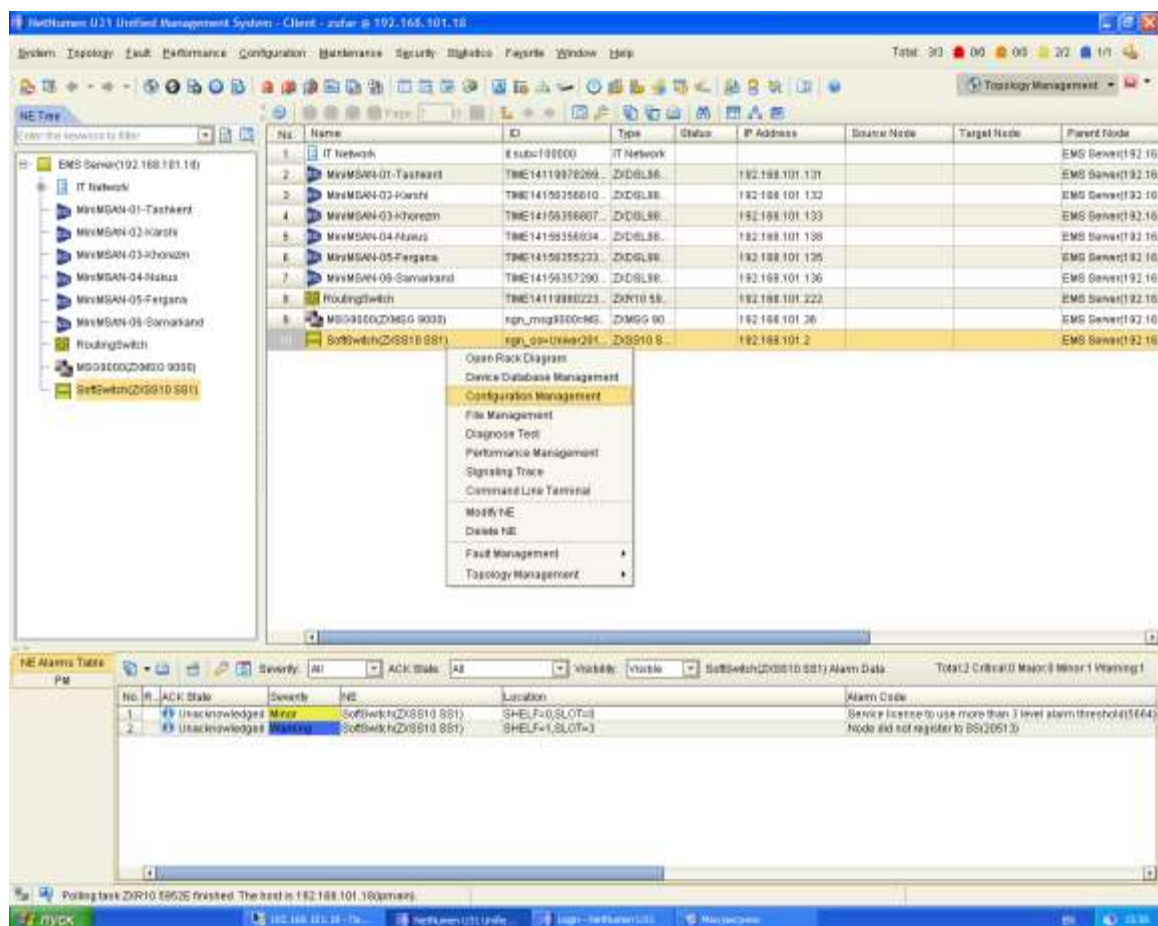


Рис.5.1. Окно настраиваемого оборудования

Выполняются последовательность действий Softswitch>>Service Management>>User Configuration>>Local Office User Configuration (рис.5.2).

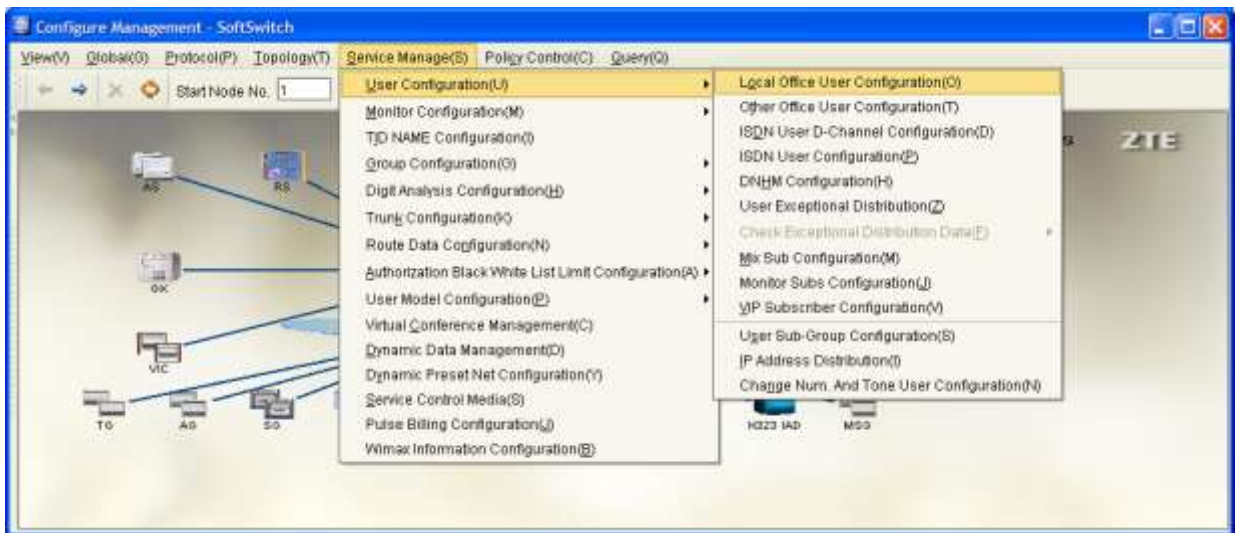


Рис.5.2. Окно Configure Management

В открывшемся окне поле Network Type: пустой, Area Code: 71, Start User Number: 2210501, остальные поля оставляем пустыми и нажимаем кнопку Query (рис.5.3)

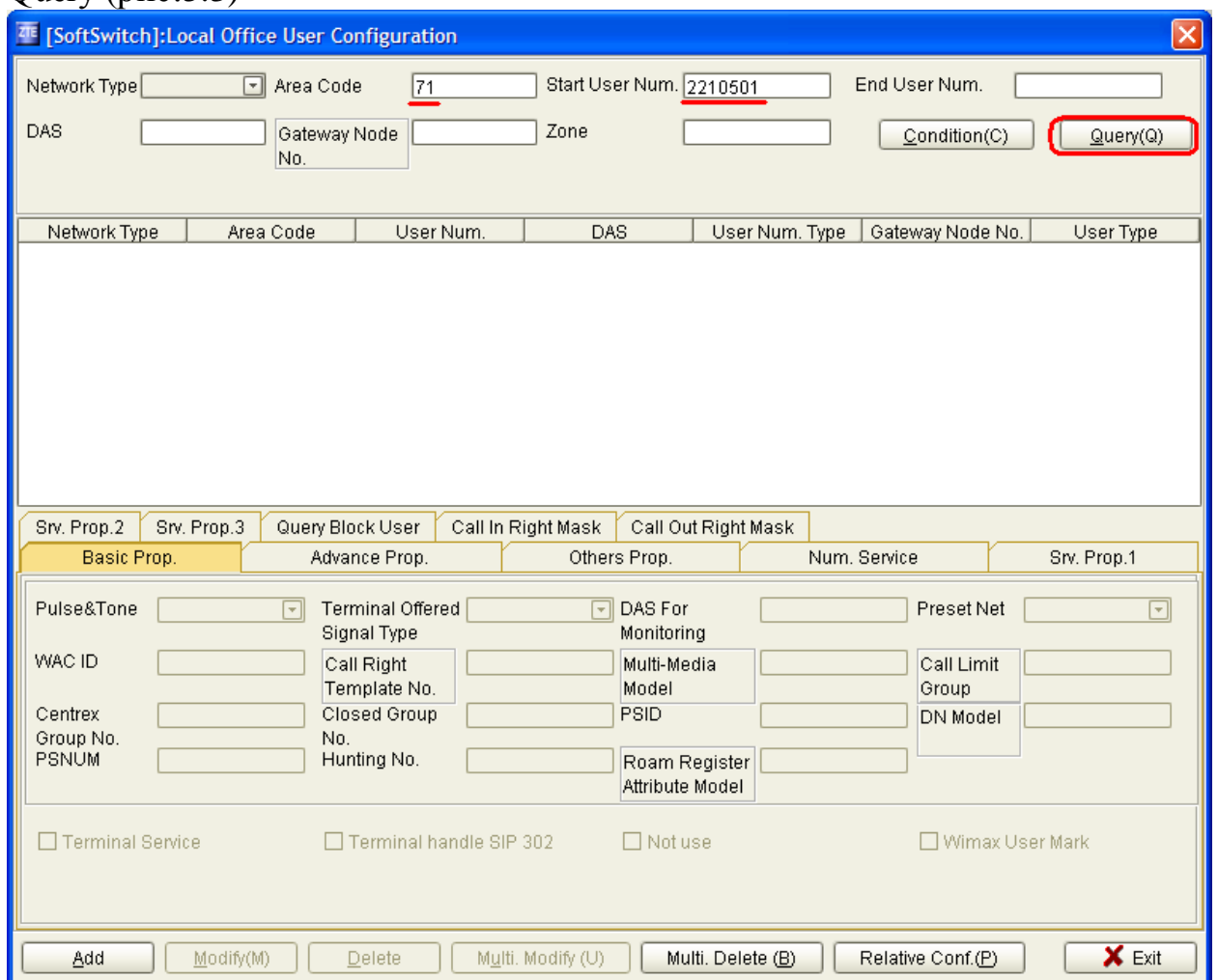


Рис.5.3. Окно конфигурации пользователя

Затем в окне конфигурации пользователя нажимаем кнопку Modify (рис.5.4)

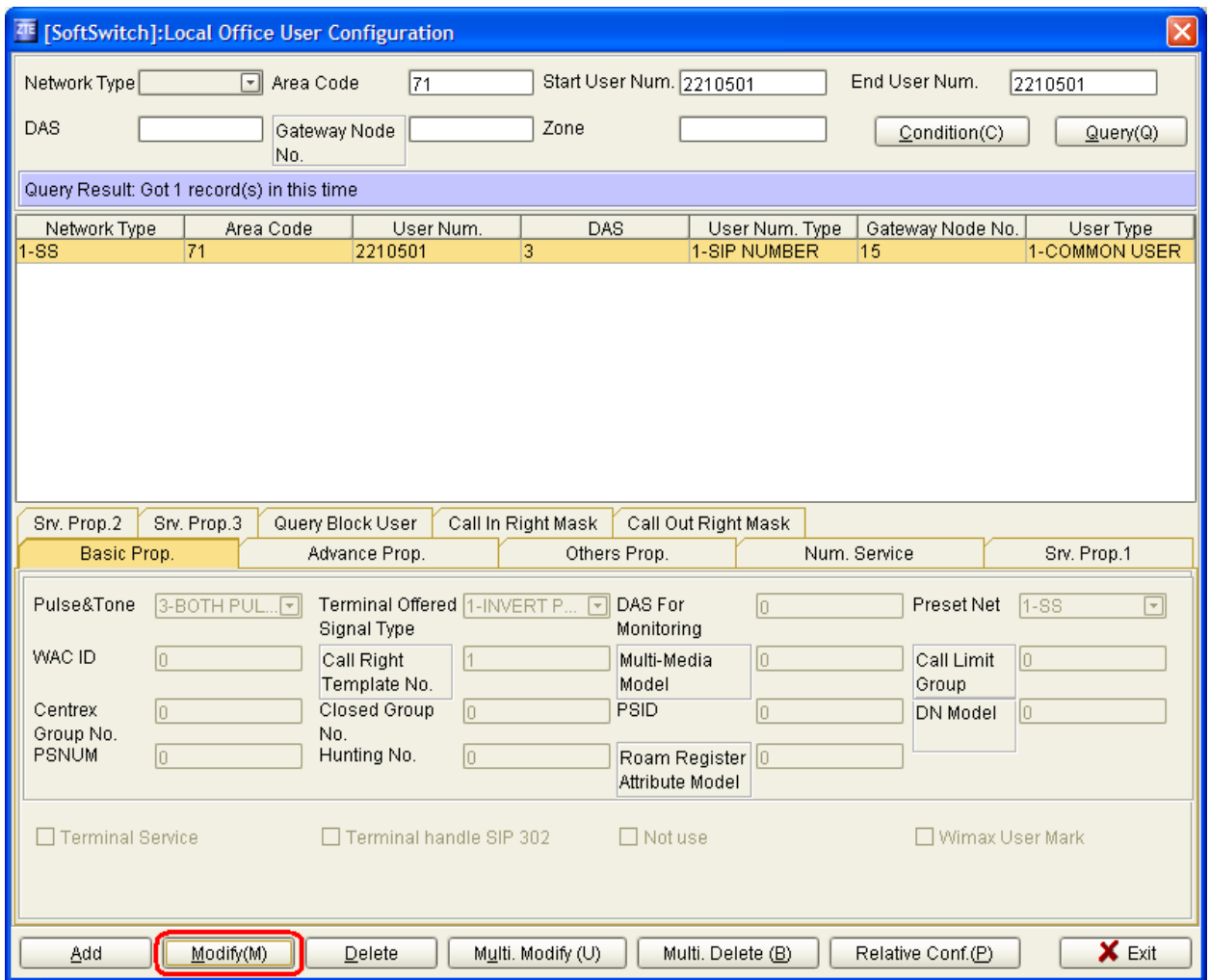


Рис.5.4. Окно конфигурации пользователя с добавленным пользователем

В итоге появляется окно со списками дополнительных услуг. Из этого окна переходим в раздел Srv.Prop.(маркер 1, рис.5.5) и можем подключить (маркер 2, рис.5.5)или отключить услуги, указанные в списке.

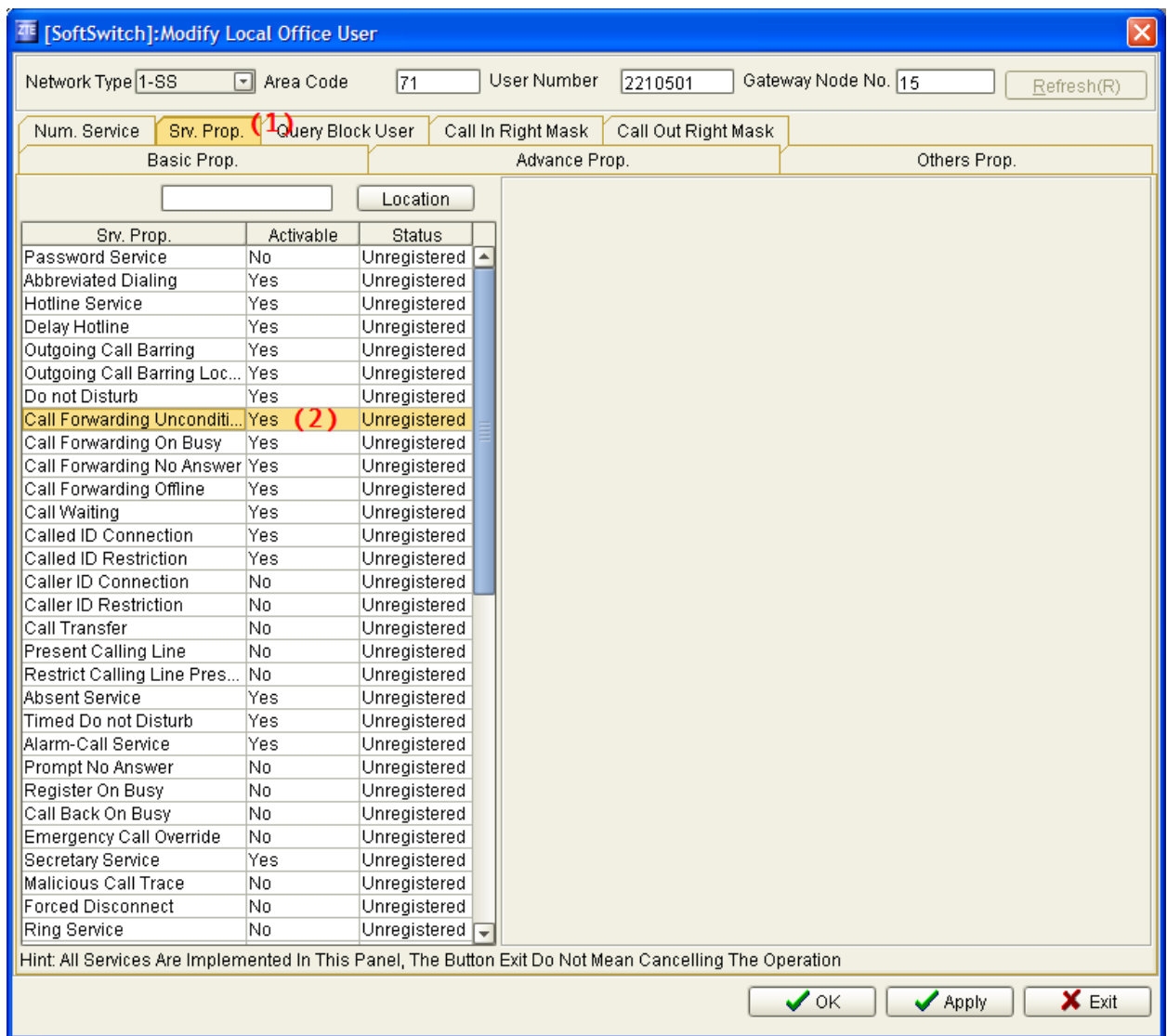


Рис.5.5 Окно модификации пользователя

Подключенные услуги отображаются в следующем виде
изображенном на рис.5.6

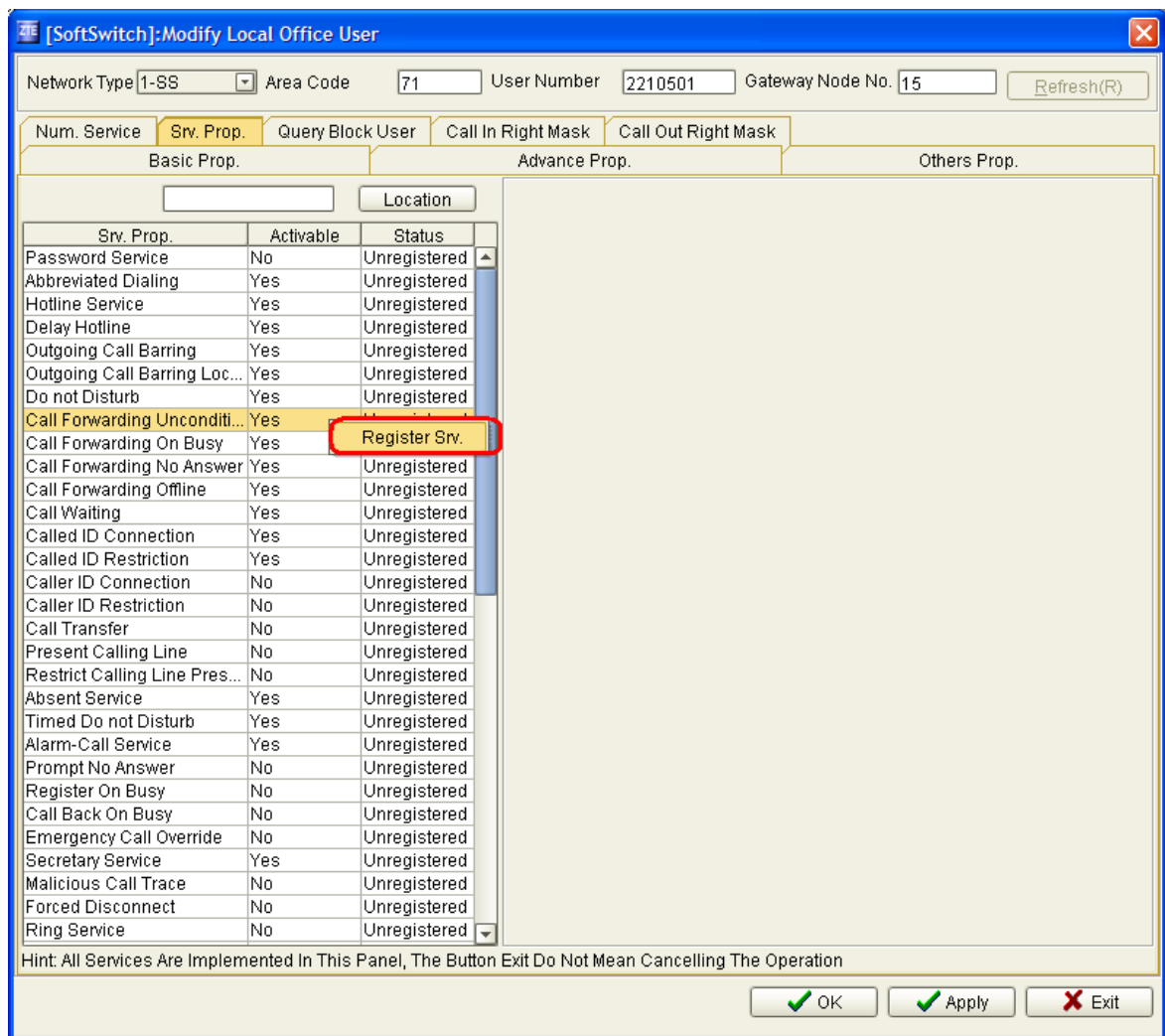


Рис.5.6 Окно с подключенными услугами ДВО

Если в системе подключены дополнительные услуги, но со стороны пользователя не активизированы, то в окне отображается в следующем виде (рис.5.7)

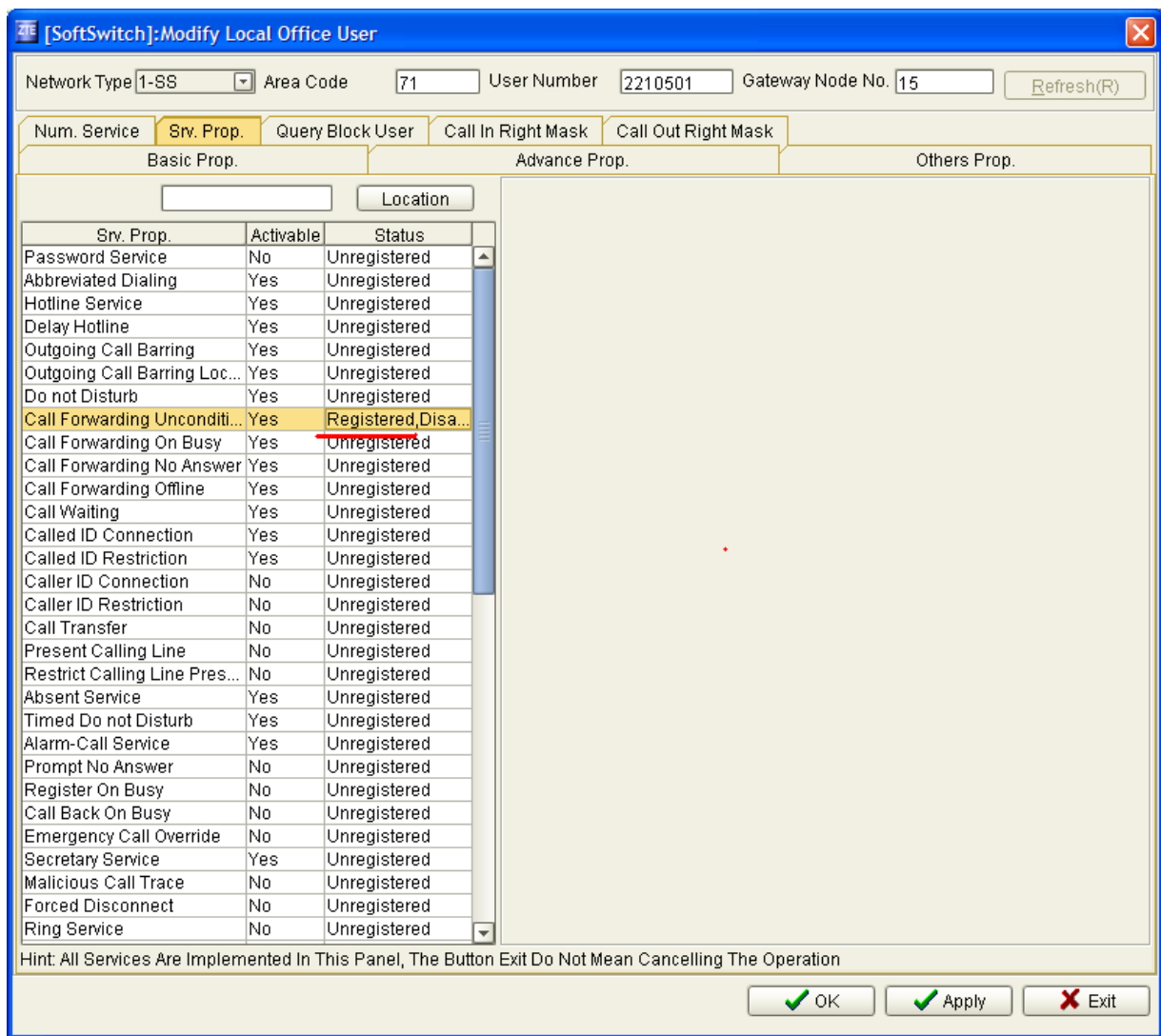


Рис.5.7. Окно с подключенными но не активированными со стороны пользователя ДВО
Настройка ДВО может быть произведена с телефона пользователя.

Безусловная переадресация/ Call forwarding unconditional

Процедура настройки ДВО	<p>1. Регистрация Зарегистрировать абоненту Б услугу CFU.</p> <p>2. Активация В набирает *57*С#, и слышит автоответчик, уведомляющий о том, что услуга установлена успешно. В кладет трубку.</p> <p>3. Попытка вызова А звонит Б. С получает звонок. А и С разговаривают.</p> <p>4. Снятие (1)В набирает #57# и получает уведомление о том, что услуга успешно снята.</p>
-------------------------------	---

Переадресация при занятости/Call forwarding on busy

Процедура настройки ДВО	<p>1. Регистрация (1) Зарегистрировать абоненту Б услугу CFB.</p> <p>2. Активация В набирает *40*С#, и слышит автоответчик, уведомляющий о том, что услуга установлена успешно. В кладет трубку.</p> <p>3. Попытка вызова (1) В звонит Д. Д получает звонок; В и Д разговаривают. (2) А звонит Б, С получает звонок, затем поднимает трубку, А и С разговаривают. (3) В кладет трубку и, происходит отбой, А кладет трубку, происходит отбой. (4) А звонит В, В получает звонок, затем поднимает трубку, А и В разговаривают.</p> <p>4. Снятие (1) В набирает #40# и получает уведомление о том, что услуга успешно снята. (2) А звонит В. В получает звонок и поднимает трубку. А и В разговаривают. (3) Б звонит С, С получает звонок, затем поднимает трубку, В и С разговаривают. (4) А звонит Б. А слышит зумер занято.</p>
-------------------------------	--

Переадресация при не ответе/Call forwarding no answer

Процедура настройки ДВО	<ol style="list-style-type: none">1. Регистрация Зарегистрировать абоненту Б услугу CFNR.2. Активация В набирает *41*С#, и слышит автоответчик, уведомляющий о том, что услуга установлена успешно. В кладет трубку.3. Попытка вызова (1) А звонит В. В получает звонок и не отвечает. (2) После определенного времени, С получает звонок и отвечает. (3) А и С разговаривают.4. Снятие (1) В набирает #41# и получает уведомление о том, что услуга успешно снята. (2) А звонит В. В получает звонок, но не отвечает. После определенного времени, А слышит зумер занято.
-------------------------	---

Сокращенный набор/Abbreviated dialing

Процедура тестирования	<ol style="list-style-type: none">1. Регистрация Зарегистрировать абоненту А услугу сокращенного набора.2. Активация А набирает *51*MN*TN#, чтобы зарегистрировать сокращенный набор к абоненту Б. А слышит автоответчик, уведомляющий о том, что услуга установлена успешно. (MN это сокращенный номер. TN это текущий номер абонента Б.)3. Попытка вызова А набирает “**MN” для вызова абонента Б. Б получает звонок и поднимает трубку. А и В разговаривают.4. Снятие Снятие услуги сокращенного набора абонента А. А набирает #51*MN# и слышит автоответчик, уведомляющий о том, что услуга успешно снята. Примечание: в качестве значения MN можно использовать значения в следующем диапазоне от 10 до 99.
------------------------	---

Горячая линия/Hotline service

Процедура настройки ДВО	<ol style="list-style-type: none">1. Регистрация Зарегистрировать абоненту А услугу горячая линия.2. Активация Активировать услугу горячая линия через O&M терминал. Добавить номер горячей линии абонента Б для А.3. Попытка вызова А поднимает трубку, Б получает звонок и поднимает трубку. А и В разговаривают.4. Снятие Снять услугу горячая линия через O&M терминал.
-------------------------------	--

Горячая линия с задержкой/Delayed hotline

Процедура настройки ДВО	<ol style="list-style-type: none">1. Регистрация Зарегистрировать абоненту Б услугу Горячая линия с задержкой.2. Активация Б набирает *52*А# для активации услуги, и слышит автоответчик, уведомляющий о том, что услуга установлена успешно. Б кладет трубку.3. Вызов Б поднимает трубку и слышит ответ станции. Б не набирает номер в течении некоторого времени. Б получает КПВ. А получает звонок и поднимает трубку. А и В разговаривают. Б звонит С. С получает звонок и поднимает трубку. Б и С разговаривают.4. Снятие Б набирает #52*А# и получает уведомление о том, что услуга успешно снята Б поднимает трубку, но не набирает в течении некоторого времени. Б получает зумер занято.
-------------------------------	--

Будильник/Alarm-call service

Процедура тестирования	<p>1. Регистрация У абонента А зарегистрирована услуга Будильник.</p> <p>2. Активация А набирает *55*Н1Н2М1М2# для активации услуги, и слышит автоответчик, уведомляющий о том, что услуга установлена успешно.</p> <p>3. Вызов (1) Во время Н1Н2М1М2 А получает звонок и поднимает трубку, А слышит уведомление о времени будильника. (2) Во время Н1Н2М1М2 А получает звонок, но не поднимает трубку, через 5 мин посылает повторный звонок.</p> <p>4. Снятие А набирает #55# и слышит уведомление о снятии услуги. Во время Н1Н2М1М2, А не получает звонок.</p> <p>*55*Н1Н2М1М2# - одноразовый будильник</p> <p>Где Н1Н2 - часы от 00 до 23 Где М1М2 - часы от 00 до 59</p> <p>*55*Н1Н2М1М2*D1D2# - многоразовый будильник Где Н1Н2 - часы от 00 до 23 Где М1М2 - часы от 00 до 59</p> <p>D1D2 – количество повторов (например D1D2= 12, в этом случае звонок «будильник» будет срабатывать в указанное время следующие 12 дней) Если D1D2= 00 , в этом случае звонок «будильник» будет срабатывать в указанное время , до тех пор пока услуга не будет отключена.</p>
------------------------	---

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что означает термин «широкополосность»?
2. Какая сеть называется широкополосной?
3. В чём отличие широкополосной и узкополосной сетей?
4. Что такое сеть доступа?
5. Для чего необходима модернизации сети доступа? Какие варианты модернизации сети доступа предлагаются?
6. Что такое транспортная сеть?
7. Что такое интерфейс BRI?
8. Что такое интерфейс PRI?
9. Каково назначение технологии PON?
10. Каково назначение технологии FTTH ?
11. Какие существуют типы технологий FTTH ?
12. Поясните, в каких случаях применяются технологии xDSL, PON, FTTH.
13. Каково назначение технологии xDSL?
14. Какие существуют типы технологий xDSL?
15. Что такое DSLAM?
16. Какова зависимость скорости передачи ADSL модема от параметров линии?
17. Каково назначение технологии PON?
18. Каково назначение технологии FTTH ?
19. Какие существуют типы технологий FTTH ?
20. В чем заключаются особенности построения перспективных телекоммуникационных сетей?
21. Какие требования предъявляются к современному оборудованию на телекоммуникационных сетях?
22. В чем преимущества использования пакетных способов передачи информации на сети доступа?
23. Какое оборудование применяют на сетях доступа с пакетной коммутацией?
24. В чем заключаются принципы взаимодействия абонентов телефонной и пакетной сети?
25. Каково назначение Softswitch?
26. Чем можно объяснить различную производительность Softswitch при обслуживании вызовов от различных источников?
27. Что реализует оборудование шлюзов?
28. Как называется оборудование, используемое для предоставления голосовых и мультимедийных услуг в пакетных сетях?
29. Какое оборудование выполняет функции уровня услуг?
30. Что представляет собой IAD? Для чего он предназначен?
31. Каково назначение MSAN?
32. Каково назначение протокола RTP?
33. Каково назначение протокола RTCP?
34. На какие группы можно разделить речевые кодеки?
35. Какие основные кодеки используются в шлюзах IP-телефонии?
36. Что такое DSP?
37. Что такое MIPS?

38. Что такое VAD?
39. Что такое генератор комфортного шума?
40. Перечислите основные характеристики кодеков, используемых в IP-телефонии
41. Что такое оценка MOS?
42. Что означает величина 1 QDU?
43. Что такое клиент SIP?
44. В каком режиме работает протокол SIP?
45. Какую функцию выполняет прокси-сервер?
46. Для чего предназначен сервер переадресации?
47. К какому уровню модели OSI можно отнести протокол SIP?
48. Какая технология используется протоколом SIP в качестве транспортной?
49. Какой тип адресации используется в протоколе SIP?
50. Какой формат сообщений и структуру имеют сообщения протокола SIP?
51. Какие существуют виды сообщений?
52. Каково назначение запросов протокола SIP?
53. Каково назначение ответов протокола SIP?
54. В какие моменты времени терминалы пользователей посылают информацию о своих функциональных возможностях? В каких сообщениях эта информация располагается?
55. Какое минимальное число сообщений необходимо для установления соединения по протоколу SIP?
56. Какие из протоколов являются сигнальными протоколами сети NGN?
57. Какие из протоколов являются протоколами услуг сети NGN?
58. Что должен осуществлять программный коммутатор (Softswitch)?
59. Какой протокол является основным транспортным протоколом для мультимедийных приложений?
60. Что обеспечивают протоколы сигнализации?
61. На какие фазы делится процедура установления соединения?
62. Каким образом стыкуется нумерация в ТфОП с адресацией в IP-сетях?
63. Что означает принцип декомпозиции шлюза?
64. Сколько шлюзов должно быть при протоколе H.248?
65. Какой протокол обеспечивает перенос сообщений протокола MGCP/ H.248?
66. Какие существуют виды команд H.248?
67. Каково назначение ответов протокола H.248?
68. Какие преимущества у сетей SDH?
69. Какой ряд скоростей используется в SDH?
70. Какие особенности сетей SDH?
71. Какие скорости используются на уровнях SDH?
72. Что принято в качестве основного сигнала в SDH?
73. Какие существуют методы объединения цифровых потоков?
74. Какие функциональные задачи сети SDH?

75. Что представляет собой терминальный мультиплексор?
76. Какое назначение концентратора?
77. Какие виды коммутации могут быть осуществлены в мультиплексоре?
78. Как передаются сигналы в системах DWDM?
79. Как используется DWDM в условиях городской сети телекоммуникации?
80. Почему необходимо переходить на DWDM системы?
81. Преимущества систем CWDM.
82. В каких целях можно использовать CWDM?
83. В каких топологиях сетей можно использовать технологию CWDM?

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

1. Broadband Network Architectures designing and deploying Triple-play services. Chris Hellberg, Dylan Greene, Truman Boyes. Pearson Education 2007.
2. Packet Broadband Network Handbook. The McGraw-Hill Companies. 2004
3. Broadband optical access networks. Leonid g. Kazovsky. A John Wiley & Sons, Inc., publication. 2011
4. Broadband Access Networks. Technologies and Deployments. Abdallah Shami, Martin Maier. Springer Science 2009.
5. Садчикова С.А. IP-ТЕЛЕФОНИЯ. Учебное пособие для студентов специальностей 5А522202, 5А522203, 5А522205, 5А522216. Ташкент. ТУИТ. 2008
6. Крук Б.И. и др. Телекоммуникационные системы и сети. - М.: Горячая линия – Телеком, 2004
7. Гулевич Д. С. Сети связи следующего поколения. БИНОМ. Лаборатория знаний, Интернет-университет информационных технологий - ИНТУИТ.ру, 2007.
8. Росляков А.В. Сети следующего поколения NGN. - Эко-Трендз, 2008. - 424с.
9. Гольдштейн Б.С., Гольдштейн А.Б. SoftSwitch. СПб.: БХВ - Санкт-Петербург, 2006.
10. Ершов В.А., Кузнецов Н.А., Мультисервисные сети. МГГУ Н.Е Баумана 2003 г.

Сайты Internet и Ziyonet

1. «Программное обеспечение узлов коммутации (ПОУК)» масофавий ўқитиш курсининг материаллари (<http://www.teic.uz/dlnet>)
2. «IP-телефония» масофавий ўқитиш курсининг материаллари <http://www.teic.uz/dlnet>

3. «Сети связи следующего поколения» масофавий ўқитиш курсининг материаллари <http://www.INTUIT.ru>
4. «Высокоскоростные сети связи» масофавий ўқитиш курсининг материаллари <http://www.INTUIT.ru>
5. elibrary.tuit.uz
6. www.ziyonet.uz

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ХУЗУРИДАГИ ПЕДАГОГ КАДРЛАРНИ ҚАЙТА ТАЙЁРЛАШ ВА
УЛАРНИНГ МАЛАКАСИНИ ОШИРИШ ТАРМОҚ МАРКАЗИДА “КЕНГ
ПОЛОСАЛИ ТАРМОҚЛАР” МОДУЛИ БЎЙИЧА ДОЦЕНТ
С.А.САДЧИКОВА ТОМОНИДАН ЯРАТИЛГАН ЎҚУВ–УСЛУБИЙ
МАЖМУАГА**

ТАҚРИЗ

Ушбу ўқув–услубий мажмуа тармоқ марказида малака оширувчиларга мўлжалланган бўлиб, кенг полосали тармоқлар бўйича аниқ назарий ва амалий билимлар кўрсатиб ўтилган

Ўқув–услубий мажмуанинг назарий қисмида, замонавий юқори тезликли кенг полосали тармоқларни архитектураси ва дизайни, кенг полосали тармоқларда фойдаланиладиган xDSL, FTTx, PON, SDH, DWDM технологиялари, тақдим этиладиган хизматлар сифатини ва хизмат протоколлари RTP, RTCP, SIP, H.248 орқали таъминлаш, SIP сервер дастурий коммутатори тамонидан алоқани ташкил этишда сигналларни бошқариш услублари тўғрисидаги назарий маълумотлар келтириб ўтилган

Ўқув–услубий мажмуанинг амалий қисмида эса кенг полосали тармоқларда SIP протоколи бўйича улаш ўрнатиш жараёнини, H.248 протоколи бўйича улаш ўрнатиш жараёнини, NetNumen U31 дастури асосида H.248 протоколи бўйича абонентларни дастурий коммутатор ZXSS10-SS1b га қўшиш, NetNumen U31 дастури асосида SIP протоколи бўйича абонентларни дастурий коммутатор ZXSS10-SS1b га қўшиш, NetNumen U31 дастури асосида ZXSS10-SS1b абонентлари учун қўшимча хизмат турларини қўшиш ва созлаш ишлари бажарилади.

Ўқув–услубий мажмуадаги амалий машғулотларига бағишланган қатор мавзулар кўриб чиқилганки, улар тингловчиларни маърузада тингланган матнларни мустаҳкамлашга йўналтирилган. Шунингдек, муаллифлар тамонидан тест саволлари, назорат саволлари ҳам келтириб ўтилган.

Ўқув–услубий мажмуа ўз қамрови билан тингловчиларга ушбу модул бўйича тўлақонли билим бериш даражасида тузилган бўлиб, шу дастур микёсида дарсларни ташкил қилиш мақсадга мувофиқдир деб ҳисоблайман.

Умуман олганда, С.А.Садчикова тамонидан “Кенг полосали тармоқлар” модули бўйича яратилган ушбу мажмуа тармоқ тингловчилари учун фойдали бўлиб, ўқув жараёнида қўллаш учун тавсия этилади.

ТАТУ, “Телекоммуникация инженерияси” кафедраси мудири, т.ф.н., доцент



А.Эшмурадов

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ХУЗУРИДАГИ ПЕДАГОГ КАДРЛАРНИ ҚАЙТА ТАЙЁРЛАШ ВА
УЛАРНИНГ МАЛАКАСИНИ ОШИРИШ ТАРМОҚ МАРКАЗИДА
“КЕНГ ПОЛОСАЛИ ТАРМОҚЛАР” МОДУЛИ БЎЙИЧА ДОЦЕНТ
С.А.САДЧИКОВА ТОМОНИДАН ЯРАТИЛГАН ЎҚУВ-УСЛУБИЙ
МАЖМУАГА**

ТАҚРИЗ

Ҳозирги пайтда кўпгина алоқа операторлари томонидан аҳолига телекоммуникация хизматларини тақдим қилиш деганда—бу аҳоли учун ягона мультисервиси муҳитни яратиш тушунилади. Шу жиҳатдан олганда кенг полосали тармоқларнинг технологик базасини кўриб чиқиш ва унинг сифат кўрсаткичларини тадқиқ этиш ҳозирги куннинг долзарб масалаларидан ҳисобланади.

Яратилган ўқув-услубий мажмуанинг назарий қисмида, замонавий юқори тезликли кенг полосали тармоқларни архитектураси ва дизайни, кенг полосали тармоқларда фойдаланиладиган xDSL, FTTx, PON, SDH, DWDM технологиялари, тақдим этиладиган хизматлар сифатини протоколлар RTP, RTCP, SIP, H.248 орқали таъминлаш ҳамда SIP сервер дастурий коммутатори томонидан алоқани ташкил этишда сигналларни бошқариш услублари тўғрисидаги назарий маълумотлар келтириб ўтилган

Ўқув-услубий мажмуанинг амалий қисмида эса, кенг полосали тармоқларда SIP протоколи бўйича улаш ўрнатиш жараёнини, H.248 протоколи бўйича улаш ўрнатиш жараёнини, NetNumen U31 дастури асосида H.248 протоколи бўйича абонентларни дастурий коммутатор ZXSS10-SS1b га қўшиш, NetNumen U31 дастури асосида SIP протоколи бўйича абонентларни дастурий коммутатор ZXSS10-SS1b га қўшиш, NetNumen U31 дастури асосида ZXSS10-SS1b абонентлари учун қўшимча хизмат турларини қўшиш ва созлаш ишлари бажарилади.

Ўқув-услубий мажмуадаги қайд этилган амалий машғулотлар мавзулари телекоммуникация тармоқларида учрайдиган жараёнларни ўз ичига олган. Ўқув-услубий мажмуада шунингдек, муаллиф томонидан тест саволлари, назорат саволлари ҳам келтириб ўтилган.

Ўқув-услубий мажмуа ўз қамрови билан тингловчиларга ушбу модул бўйича тўлақонли билим бериш даражасида тузилган бўлиб, шу дастур миқёсида дарсларни ташкил қилиш мақсадга мувофиқ деб ҳисоблайман.

Ўқув-услубий мажмуадаги маълумотларни инобатга олган ҳолда, С.А.Садчикова томонидан “Кенг полосали тармоқлар” модули бўйича яратилган ушбу мажмуа тармоқ тингловчилари учун фойдали бўлиб, ўқув жараёнида қўллаш учун тавсия этилади.

“UNICON.UZ” –Фан-техника ва маркетинг маркази ДУК
Ахборот хавфсизлиги ва криптология илмий-тадқиқот департаменти, Ахборот
муҳофазаси воситалари илмий-тадқиқот бўлими бошқаруви тарафидан.



Мукимов Ж.Д.