Битнер В.И.

Лекции
по дисциплине

СЕТИ СЛЕДУЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ

(магистерская программа “Телекоммуникационная информатика» по направлению 210400.68 Телекоммуникации)

2008

Введение

Переход к пакетным технологиям при модернизации и построении новых сетей связи общего пользования (ССОП) стал настоятельно необходим. Традиционные операторы связи приступили к перестройке своих сетей с ориентацией на пакетную коммутацию и придание им свойств мультисервисности.

Операторы заинтересованы в построении такой сети связи, которая бы поддерживала непрерывный контроль процессов обработки вызовов клиента и предоставления услуг по одним и тем же правилам, гарантирующим запрошенный уровень качества обслуживания, независимо от способов транспортировки данных и видов используемого оборудования.

Несмотря на то, что опубликовано большое количество рекомендаций ITU-T (серия Y.xxxx), посвященных глобальной информационной инфраструктуре (GII) и NGN, согласованная концепция сети следующего поколения пока не разработана. Ряд авторов рассматривает NGN как инструмент для модернизации сетей связи.

Структура учебного пособия

Содержание пособия моет быть разделено на три части:

- первая часть, в которую входят главы 1-3;
- вторая часть, в которую входят главы 4-8;
- третья часть, состоящая из глав 9, 10 и 11.

Первая часть учебного пособия посвящена тенденциям в развитии современных сетей и трафику мультисервисных сетей.

В первой главе пособия рассматриваются направления развития сетей (конвергенция телекоммуникационных технологий), глобальная информационная инфраструктура и инфокоммуникационные услуги.

Вторая глава посвящена рассмотрению атрибутов трафика, самоподобного трафика мультисервисных сетей.

В третьей главе рассматривается история развития сетей связи, структура Единой сети электросвязи (ЕСЭ) Российской Федерации, концептуальные положения по построению мультисервисных сетей на ЕСЭ России, методам коммутации и их сравнительному анализу.

Во второй части пособия содержатся учебные материалы, посвященные принципам построения NGN.

Четвертая глава посвящена проблемам перехода к сети следующего поколения и модели NGN.

В пятой главе рассматриваются: функциональная структура NGN, принципы построения транспортных пакетных сетей, сетей доступа и протоколы NGN.

Шестая глава посвящена методам и средствам обеспечения качества обслуживания в NGN, общим требованиям к качеству доставки

информации в сетях с разными технологиями, механизмам обеспечения качества обслуживания пользователей, соглашению об уровне качества услуги, защите от перегрузок.

В седьмой главе рассматриваются подходы к выбору технологии транспортной сети нового поколения, технология асинхронного метода переноса, технология многопротокольной коммутации с помощью меток (MPLS), технологии физического уровня, поддержка качества услуг в сетях с пакетной коммутацией.

Восьмая глава посвящена основным сценариям перехода к NGN, принципам модернизации ГТС и СТС.

Третья часть пособия посвящена вопросам проектирования мультисервисных сетей, управления сетью, трафиком.

В девятой главе рассматриваются принципы управления сетями следующего поколения.

Десятая глава посвящена методологии проектирования телекоммуникационных сетей: организации сетей доступа, расчету нагрузки сетей доступа и транспортной.

В одиннадцатой главе рассматриваются примеры построения мультисервисных сетей.

В каждой главе учебного пособия имеются контрольные вопросы, предназначенные для самоконтроля усвоения учебного материала студентами, и библиография.

Глава 1. Пути перехода к сетям следующего поколения

1.1 Основные тенденции в развитии современных сетей

В стратегии развития информационного общества в Российской Федерации, принятой Министерством информатизации и связи в 2005 г. [1], приведены контрольные значения показателей развития на период до 2015 года (таблица 1.1).

Таблица 1.1. **Контрольные значения показателей развития информационного общества в Российской Федерации на период до 2015 года**

Наименование показателя	Значение показателя
Место Российской Федерации в международных рейтингах в области развития *информационного общества*	в числе двадцати ведущих стран мира
Рост объема инвестиций в использование информационных и телекоммуникационных технологий в национальной экономике по сравнению с 2007 годом	не менее чем в 2,5 раза
Уровень использования *линий широкополосного доступа* на 100 человек населения за счет всех технологий	к 2010 году -15 линий; 2015 году - 35 линий
Наличие персональных компьютеров, в том числе подключенных к Internet	не менее чем в 75% домашних хозяйств

Важно отметить, что среди других показателей развития информационного общества используется показатель (международный рейтинг), значение которого определяется не министерством, а международным сообществом.

В [1] приведены также основные индикаторы связи и информатизации за 2005-2006 гг. (таблица 1.2).

В таблице 1.3 приведены показатели развития рынка информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) в 2005-2006 гг.

Анализируя данные таблицы 1.2, можно отметить, что еще низки такие показатели как телефонная плотность (особенно на сельских телефонных сетях), уровень цифровизации местных сетей связи общего пользования (ССОП), количество постоянных пользователей Internet, доля оптического кабеля на первичной сети.

Таблица 1.2. **Основные индикаторы связи и информатизации за 2005-2006 гг.**

Наименование показателей	Ед. изм.	2005 г.	2006 г.	Темпы роста
Телефонная плотность (всего)	ТА на 100 чел.	30,0	31,1	3,7 %
по городской сети	ТА на 100 чел.	36,3	37,5	3,3 %
по сельской сети	ТА на 100 чел.	13,3	13,8	3,7 %
Проникновение подвижной электросвязи (всего)	АТ на100 чел.	87,0	108,7	25 %
в т.ч. сотовых сетей	АТ на100 чел.	86,5	108,6	25,5 %
Пользователи Интернет (всего)	млн. единиц	21,80	25,10	15,1 %
Постоянные пользователи Интернет	Ед. на 100 чел.	15,1	17,6	16,5 %
Количество компьютеров (всего)	млн. штук	17,4	23,0	32,2 %
Количество компьютеров – на 100 человек населения	ед/на 100 чел.	12,1	16,1	33 %
Уровень цифровизации на местной телефонной сети (всего)	%	60,9	65,7	7,8 %
на городской сети	%	64,2	69,0	7,4 %
на сельской сети	%	35,8	40,9	14,2 %
Уровень применения цифровых систем передачи на первичной сети	%	98,9	99,3	0,4 %
Доля оптического кабеля на первичной сети	%	49,1	55,4	12,8 %
Уровень применения систем передачи с оптическим кабелем на первичной сети	%	91,0	98,6	+ 8,35 %

Таблица 1.3. **Показатели развития рынка информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) в 2005-2006 гг.**

Наименование показателя	млрд. руб. в текущих ценах		темп роста, %
	2005	2006	
Общий объем сектора ИКТ	968,2	1196,6	123,6
Доходы от основной деятельности операторов связи (всего)	659,9	835,1	126,5
в т. ч. электросвязь	617,2	781,4	126,6
почтовая связь (с учетом специальной связи)	42,7	53,7	125,8
Объем рынка информационных технологий, в том числе:	308,3	361,5	117,3
рынок аппаратных средств	187,0	212,7	113,7
рынок программных средств	42,1	57,0	135,4
рынок услуг	79,2	91,8	115,9
Платежи отрасли связи в консолидированный бюджет	110,0	145,0	131,8

На сегодняшний день только 26% оборудования, используемого на сетях местной телефонной связи в Российской Федерации, соответствует мировому уровню. За период до 2010 года предусматривается модернизировать около трех четвертей номерной емкости существующих сетей связи общего пользования, что составляет свыше 20 млн. номеров. Кроме модернизации морально и физически устаревшей техники, планируется увеличение общего количества телефонов в стране на 16,5 млн. номеров. Таким образом, за период до 2010 года с целью модернизации и расширения местных телефонных сетей необходима закупка примерно 36 млн. номерной емкости, что в ценовом выражении может составить до 7,9 млрд. долларов США. Годовая потребность в стоимостном выражении составит свыше 1 млрд. долларов США в 2010 году.

Крайне острыми продолжают оставаться проблемы сельской связи и проблемы связи на труднодоступных территориях. Причины существующих проблем в нашей стране объясняются, прежде всего, высокой себестоимостью этих услуг связи и крайне низкой покупательной способностью населения.

В настоящее время около 50 тысяч населенных пунктов не имеют телефонной связи. Телефонная плотность на селе составляет примерно 14 телефонов на 100 жителей. В рассматриваемый период необходимо ввести номерную емкость телефонной сети 2700 - 2800 тысяч номеров, из которых 600 тысяч номеров идут на замену выводимого из эксплуатации оборудования.

Существующая система правового регулирования рынка телекоммуникационных услуг имеет ряд серьезных недостатков. К их числу следует отнести:

- ограничение рыночного потенциала традиционных операторов связи и создание неравных условий на рынке для традиционных и новых операторов;
- отсутствие эффективных механизмов, регулирующих деятельность по оказанию услуг присоединения;
- отсутствие последовательности в реализации принципов тарифного регулирования, установленных государством;
- отсутствие гарантий и механизма реализации права граждан Российской Федерации на доступ к сети связи общего пользования (ССОП) независимо от их местонахождения и уровня доходов;
- недостаточная защита национальных интересов при решении вопросов участия иностранных инвесторов в развитии национальной телекоммуникационной инфраструктуры.

Мобильная связь

Сегмент рынка услуг мобильной связи полностью либерализован и переживает период динамичного роста. Количество абонентов увеличивается не менее чем на 25% ежегодно. Потенциал роста рынка мобильной связи оценивается как высокий. В этом сегменте рынка развернулась наиболее острая конкурентная борьба компаний-операторов, при этом первая пятерка компаний обслуживает 3/4 всех абонентов.

Ежегодный прирост пользователей Интернет составляет 15-16 процентов. Сегмент рынка оборудования для развития сети передачи данных, телематических услуг и Интернет является потенциально наиболее динамично растущим.

1.2 Направление развития сетей (конвергенция телекоммуникационных технологий)

В настоящее время при построении мультисервисных сетей используются технологии IP/ATM, IP/MPLS, IP/GigabitEthernet. Основное преимущество технологии IP/MPLS перед IP/ATM в долгосрочной перспективе состоит в более высокой степени масштабирования (*scalability, extensibility) – расширяемости, возможности функционального наращивания системы путем добавления новых элементов или замены устаревших на более совершенные, без изменения архитектуры*. Таким свойством должна обладать, прежде всего,

транспортная сеть. Предпочтительная область применения технологии IP/MPLS – ядро транспортной сети.

Масштабируемость означает также экономичную поддержку большого количества пользовательских потоков. Экономичность подразумевает возможность передачи через магистраль многочисленных потоков без слежения за каждым из них, а совокупно за множеством (путем агрегирования). Агрегирование потоков реализуется как в технологии ATM, так и MPLS: в ATM – это агрегирование отдельных виртуальных соединений (VCC) в общий виртуальный путь VPC, а в MPLS – агрегирование разных пользовательских потоков в общий класс доставки (Forwarding Equivalence Class, FEC) и передача их по общему пути (Label Switching Path, LSP).

При этом механизмы агрегирования в технологии MPLS более гибки и поддаются автоматизации. Если коммутатор ATM пользуется только таблицей коммутации второго уровня с идентификаторами виртуального канала (VCI) и тракта (VPI), то маршрутизатор MPLS, коммутирующий с помощью меток (Label Switched Router, LSR), имеет доступ к информации того же второго уровня, третьего (IP-адрес), четвертого (порты TCP/UDP), а часто – и прикладного.

Поэтому администратор может не конфигурировать отображение соединений виртуальных каналов (VCC) на соединения виртуальных трактов (VPC) вручную, а написать несколько правил агрегирования с учетом разных признаков трафика, в том числе и высокоуровневого, и предоставить дальнейшую работу LSR. Еще одним отличительным свойством MPLS, повышающим её масштабируемость, является неограниченное число уровней иерархии меток и, соответственно, агрегирования путей – вместо двух уровней (VPC/VCC) в технологии ATM [2].

Технологии ATM и MPLS выполняют в современных транспортных сетях одни и те же функции: создание виртуальных соединений на звеньевом уровне. Создание виртуальных соединений обеспечивает:

- дифференцированное обслуживание различных типов пользовательских потоков данных (поддержка соглашения об уровне качества услуг доставки информации – Service Level Agreement, SLA);
- оптимальное использование ресурсов на основе рационального выбора маршрутов следования потоков данных через сеть (с помощью методов управления трафиком – Traffic Engineering, TE).

В технологии ATM имеется несколько ограничителей, из-за которых ее масштабируемость не может выходить за определенные рамки. Самым принципиальным ограничителем является фиксированный

и очень небольшой размер ячейки – 53 байта, 48 из которых переносят пользовательские данные. Малый размер ячейки был выбран с целью создания предсказуемых условий переноса через магистральную сеть чувствительной к задержкам голосовой информации со скоростью 155 Мбит/с (скорость 155 Мбит/с была наиболее распространенной в сетях ATM в начале 90-х годов 20-го века). За прошедшие 15 лет масштабы скоростей транспортных сетей изменились, в настоящее время технологии доставки информации работают уже со скоростью 10 Гбит/с (10GigabitEthernet, 10GE) и более.

Затраты вычислительной мощности любого пакетного коммуникационного устройства, независимо от поддерживаемой им технологии, пропорциональны количеству обрабатываемых пакетов (кадров, ячеек), а не их размеру. Поэтому производительность коммутатора ATM должна быть примерно в 100 раз больше, чем производительность маршрутизатора IP, работающего с пакетами размером 4500—5500 октетов. При этом разница задержки при доставке на физическом уровне вследствие различий размера ячеек и пакетов не превышает наносекундных величин и не ощущается пользователями сети.

Преимущество ATM – тонкая и разнообразная поддержка дифференцированного обслуживания потоков разных типов, которая всегда рассматривалась как наиболее сильная сторона ATM. Действительно, разработчики технологии всесторонне проанализировали все типы существующих потоков данных, разделили их на классы, для каждого создали отдельную службу (CBR, rtVBR, nrtVBR, ABR и UBR), призванную наилучшим образом поддерживать доставку соответствующего вида информации.

При этом узлы сети ATM обеспечивают контроль параметров качества доставки информации по способу «из конца в конец» *для каждого отдельного виртуального соединения*, обеспечивая высокую степень гранулированности соглашений пользователя с администрацией сети (Service Level Agreement, SLA).

Неспособность сети с технологией MPLS поддерживать качество доставки информации подобным образом очень многие считают ее слабостью и главной причиной сохранения технологии ATM в магистральных сетях. Безусловно, проблемы с поддержкой качества доставки информации в сетях с технологией IP/MPLS существуют, но дело не в том, что MPLS не может поддерживать качество доставки информации пользователя на таком же уровне, что и ATM. Сегодня еще отсутствует стандарт ITU-T и других международных органов, устанавливающий для MPLS способы поддержки качества доставки информации в соответствии с особой ролью этой технологии, предназначенной для ядра сети, а не для ее периферии.

Нужно отметить, что поддержка качества доставки информации вообще не встроена жестко в MPLS (если не считать зарезервированных 3 бит поля Exp в заголовке, которые используются для переноса признака приоритетности кадра). Подобное упрощение сделано сознательно, чтобы предоставить изготовителям и сетевым интеграторам свободу действий и возможность применять те из имеющихся механизмов поддержки качества доставки информации, которые наилучшим образом отвечают потребностям операторов сетей связи. Сегодня таким рекомендуемым механизмом является *дифференцированное обслуживание* (DiffServ), он разработан для сетей IP и *ориентирован на работу с несколькими агрегированными классами сетевого трафика*, а не с отдельными пользовательскими соединениями, как в ATM. Именно такая технология подходит для работы в ядре (core) транспортной сети.

В начале 21-го века наметилась тенденция применения связки технологий IP/MPLS в магистральной сети. При этом за технологией ATM остаются сети доступа, где применение ее вполне уместно. Большинство операторов связи экономически развитых стран мира поддерживают такое решение, считая сочетание «ATM в сети доступа» и «IP/MPLS в ядре транспортной сети» рациональным и стратегически верным. Технология ATM обладает преимуществами в случае использования приложений, которым нужна гарантированная полоса пропускания, например, для приложений реального времени.

В России технология ATM не применяется в сети доступа из-за высокой стоимости программно-аппаратных средств.

При взаимодействии сети доступа с магистральной сетью на втором протокольном уровне цифровые потоки, генерируемые объектами *первого или второго уровней*, инкапсулируются непосредственно в кадры или ячейки второго уровня, что, соответственно, уменьшает накладные расходы. В таблице 1.4 приведены примеры вынужденной протокольной избыточности (накладных расходов) при применении различных технологий доставки информации. Протокольная избыточность определяется отношением объема протокольного заголовка и, возможно, хвостовика (L_{prot}) к общему объему протокольного блока данных (L_{total}).

Для доставки потока кадров второго уровня через магистраль используются таблицы отображения адресов второго уровня на пути, коммутируемые с помощью меток (LSP).

Таблица 1.4. **Протокольная избыточность разных телекоммуникационных технологий**

Протокольная избыточность	ATM	***IP***	Ethernet

L_{prot}/L_{total}, %	10	**0,1**	1,0

При этом адрес кадра второго уровня не отбрасывается, а запоминается и помещается в поле внутренней метки заголовка MPLS, то есть используется свойство MPLS, состоящее в поддержке иерархических путей за счет иерархии меток в заголовке кадра. При выходе кадра или ячейки из магистрали IP/MPLS эта адресная информация восстанавливается, и данные доставляются к узлу назначения в соответствии с технологией, используемой в сети доступа.

Таким образом, реализуется туннелирование потока кадров второго уровня, при котором в качестве туннелей используются пути (LSP), созданные в магистральной сети. Если в сети доступа применяется технология ATM, то виртуальное соединение не заканчивается на входном устройстве магистрали, а прозрачным образом проходит через туннель MPLS и продолжается при выходе из магистрали в сети доступа к узлу назначения.

Описанные схемы взаимодействия ATM и MPLS дополняют друг друга. Применяя их вместе, оператор получает возможность доставлять через магистраль IP/MPLS как потоки IP-пакетов, так и потоки данных с другими форматами.

Одним из достоинств технологии MPLS, по сравнению с ATM, является ее способность использовать практически любой формат кадров существующих технологий второго уровня — ATM, Frame Relay, PPP, Ethernet или любой иной. Поэтому технология MPLS имеет несколько разновидностей (A-MPLS, F-MPLS, P-MPLS и E-MPLS), использующих ячейки ATM, кадры Frame Relay, PPP или Ethernet соответственно.

Такая протокольная независимость MPLS обеспечивает высокую степень гибкости и масштабируемости (возможности модификации характеристик без замены оборудования), необходимые в транспортной сети.

После изучения характера трафика мультимедиа и накопления опыта использования технологии MPLS, Оператор может начать перевод потоков, отнесенных к другим классам, на пути, коммутируемые с помощью меток (LSP), в том числе и потоков данных, чувствительных к задержке, доставка которых обеспечивается сегодня с помощью служб CBR и rt-VBR ATM.

На рисунке 1.1 приведены стеки протоколов профиля взаимосвязи IP/MPLS и ATM. Для обеспечения доступа к ресурсам Internet (Intranet) пользователь может применять одну из разновидностей протокола второго уровня LLC и MAC подключенной ЛВС.

Пограничный маршрутизатор LER1 (Label Edge Router) домена MPLS присваивает кадрам протокола LLC метку и направляет поток помеченных кадров по пути LSP (Label Switched Path), выбранному с помощью протоколов маршрутизации (например, OSPF) и распределения меток LDP (Label Distribution Protocol). Путь LSP проходит через сетевые объекты: LER1, LSR1, коммутатор сети с технологией ATM, LSR2, LER2.

Коммутатор ATM использует собственные метки (VPI, VCI) для присвоения их пакетам IP в интерфейсах LSR1 – коммутатор ATM и LSR2 – коммутатор ATM. Пакеты потока от терминала TE **A** к терминалу TE **B** проходят в пределах домена MPLS по пути LSP. В объектах домена MPLS (в коммутирующих маршрутизаторах LER, LSR и коммутаторах ATM) пакеты коммутируются с помощью меток L1, L2, L3, L4, L5. В качестве меток L2, L3, L4 используются идентификаторы виртуальных трактов VPI, применяемые в технологии ATM.

Схема сети с технологиями IP/MPLS и ATM приведена на рисунке 1.2.

Вопрос о том, должен ли в ядре сеть следующего поколения использовать режим с коммутацией каналов или с коммутацией пакетов, в наше время решен почти однозначно. В ядре сети будет использоваться режим с коммутацией пакетов. Причинами такого выбора являются:

- во-первых, интенсивность трафика данных, который по своей природе является пакетным, будет большей, чем трафика телефонии;
- во-вторых, сети с коммутацией каналов неэффективно используют имеющиеся ресурсы, занимая канал связи на все время с момента установления соединения и до его полного разъединения (даже в том случае, когда пользователь не передает информацию).

Более того, это будет сеть с коммутацией пакетов, основанная на стеке протоколов TCP/IP. Успех стека TCP/IP объясняется его способностью согласования почти с любой из базовых коммуникационных технологий (PPP, Ethernet, Token Ring, Frame Relay, ATM, IP/MPLS, SDH).

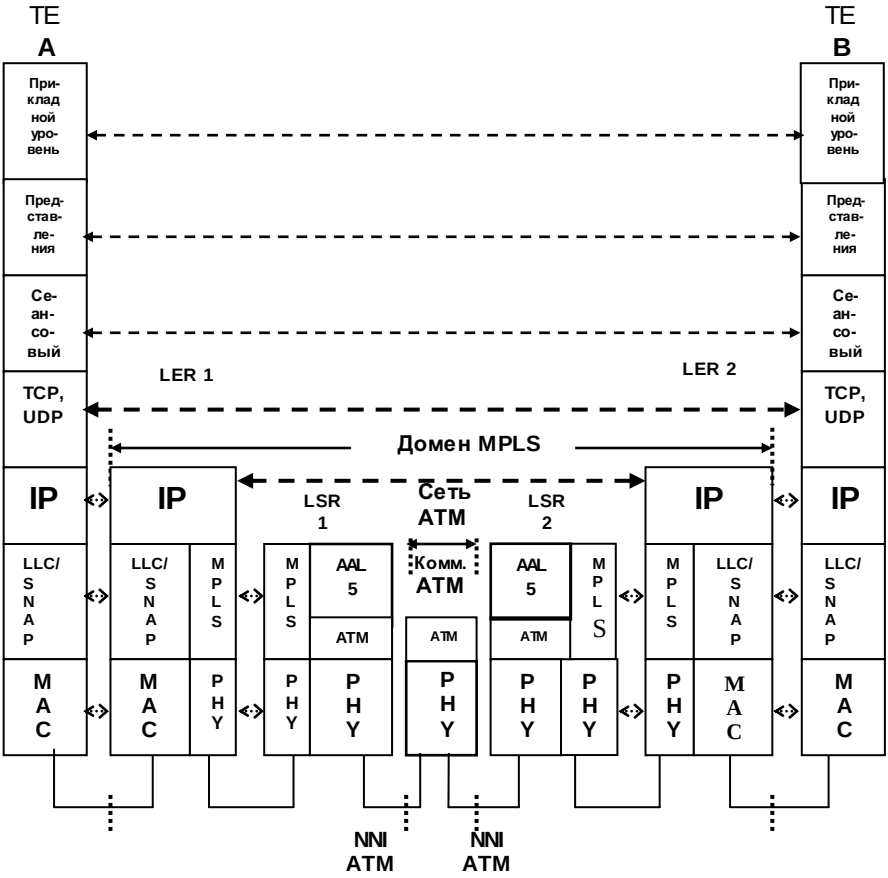


Рисунок 1.1. Профиль взаимосвязи IP/MPLS и ATM

Наличие на рынке огромного количества программ и приложений, использующих протоколы TCP/IP, также способствует предпочтению TCP/IP другим сетевым протоколам. Наконец, использование TCP/IP в Internet, самой быстро развивающейся компьютерной сети нашего времени, позволяет предположить с большой степенью уверенности, что сеть следующего поколения будет использовать стек TCP/IP.

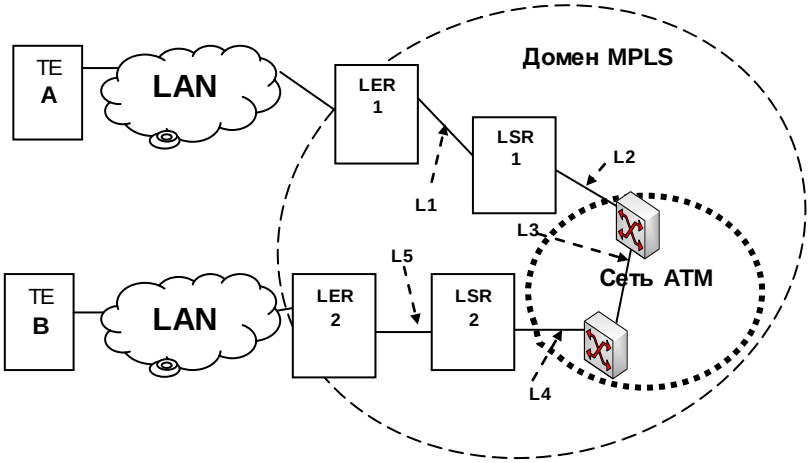


Рисунок 1.2. Схема сети с технологиями IP/MPLS и ATM

Технология GigabitEthernet

За долгие годы использования в корпоративных и частных сетях технология Ethernet по экономическим показателям превзошла практически все остальные технологии широкополосного доступа.

Стандарт 10 GigabitEthernet (10GE), ориентированный для использования в сетях общего пользования, позволяет повысить экономичность сетей.

Сегодня стоимость оборудования, использующего связку IP/Ethernet, составляет примерно десятую часть стоимости оборудования IP/ATM или IP/SDH.

В 10GE применяется та же технология, что и в GE, Fast Ethernet, сохранены протокол многостанционного доступа с контролем несущей и обнаружением конфликтов (CSMA/CD) и формат кадра, но в качестве среды передачи используется ВОЛС. Эта технология доставки информации используется при построении магистралей корпоративных мультисервисных сетей и транспортных сетей NGN. Преимущество 10GE по сравнению с ATM состоит в том, что объемы IP-пакетов и кадров Ethernet соизмеримы, поэтому не требуется преобразование пакетов в кадры (ячейки ATM) и обратное преобразование при доставке информации в транспортной сети.

Важнейшая проблема состоит в том, как обеспечить требуемое качество доставки информации всех известных служб, базирующихся как на способе КК, так и на способе КП.

Чтобы предоставлять пользователям любые виды услуг набора, имеющегося у оператора, необходимо создать распределенную систему, в которой функции организации и предоставления интеллектуальных услуг были бы отделены от функций управления транспортом и коммутацией. Этот принцип использован при построении интеллектуальных сетей, вернее – интеллектуальных надстроек над телекоммуникационными сетями.

В сети следующего поколения делается попытка полностью отделить функции создания и управления предоставлением услуг и приложений от функций управления вызовом и ресурсами коммутации, а также попытка создания стандартизированных интерфейсов между уровнями, выполняющими эти функции [4, 5, 6, 8].

Таким образом, у сетевых операторов должна появиться возможность развития этих уровней независимо друг от друга, а у фирм, разрабатывающих программное обеспечение и имеющих высокопрофессиональный штат программистов – значительно пополнить рынок услугами и приложениями, которые могут быть востребованы пользователями сети следующего поколения (рисунок 1.3).

В свою очередь, *конкуренция*, которая возникнет на рынке предоставления услуг, призвана способствовать *снижению цен*, уменьшению срока ввода новых и повышению разнообразия предлагаемых услуг.

Средства обработки вызова и контроля будут сконцентрированы в одном месте, а средства коммутации и транспорта могут быть распределены по всей территории сети. Более того, увеличение объема ресурсов тех объектов, которые реализуют эти две функции, будет обеспечиваться независимо друг от друга.

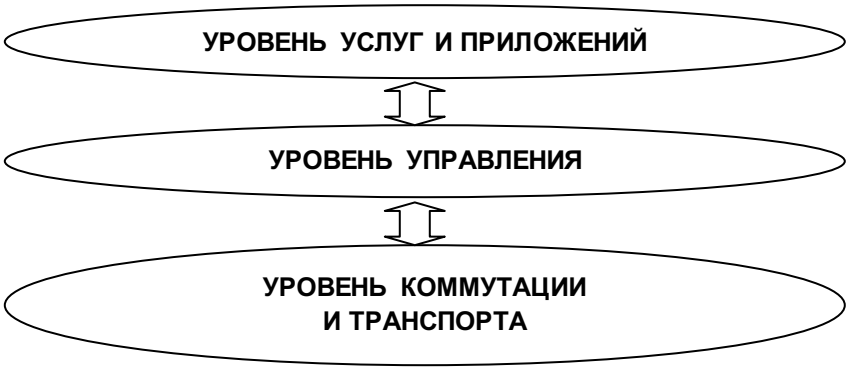


Рисунок 1.3. Уровневая архитектура сети следующего поколения

Современный этап развития мировой цивилизации характеризуется переходом от *индустриального к информационному обществу*. Такой переход предполагает наличие новых форм социальной и экономической деятельности, базирующихся на массовом использовании информационных и телекоммуникационных технологий.

Технологической основой информационного общества является *Глобальная Информационная Инфраструктура* (Global Information Infrastructure, *GII*) [2, 3], которая должна обеспечить возможность доступа к информационным ресурсам каждого жителя планеты без дискриминации. *Информационную инфраструктуру составляет совокупность баз данных, средств обработки информации, взаимодействующих сетей связи и терминалов пользователя.*

Доступ к информационным ресурсам *GII* реализуется посредством услуг связи нового типа, получивших название услуг Информационного общества или *инфокоммуникационных услуг*. *Инфокоммуникационной услугой* называется услуга электросвязи, предполагающая *автоматизированную обработку, хранение или предоставление информации по запросу* с использованием средств вычислительной техники, как на входящем, так и на исходящем конце соединения [3].

Наблюдаемые в настоящее время высокие темпы роста объемов предоставления инфокоммуникационных услуг позволяют прогнозировать их преобладание на сетях связи в ближайшем будущем.

На сегодняшний день развитие инфокоммуникационных услуг осуществляется, в основном, в рамках Internet, доступ к услугам которой обеспечивается через традиционные сети связи. В то же время, в ряде случаев услуги Internet, ввиду ограниченных возможностей её транспортной инфраструктуры, не отвечают современным требованиям, предъявляемым к услугам информационного общества. В связи с этим, развитие инфокоммуникационных услуг требует решения задач эффективного управлении информационными ресурсами с одновременным расширением функциональности сетей связи. В свою очередь, это стимулирует процесс интеграции Internet и традиционных сетей связи.

Бизнес-модель, определяющая участников процесса предоставления инфокоммуникационных услуг и их взаимоотношение, также отличается от модели традиционных услуг электросвязи, в которой было представлено всего лишь три основных участника: оператор, абонент и пользователь. Новая деловая модель предполагает наличие *поставщика услуг*, который предоставляет инфокоммуникационные услуги абонентам и пользователям. При этом сам поставщик является потребителем услуг переноса, предоставляемых оператором сети связи. На рынке могут также присутствовать дополнительные виды

поставщиков услуг: поставщики информации, брокеры, ретейлеры и так далее.

Поставщик информации предоставляет информацию поставщику услуг для распространения.

Брокер предоставляет информацию о поставщиках услуг и их потенциальных абонентах, содействует пользователям при поиске поставщиков услуг, оказывающих требуемые им услуги.

Ретейлер (retailer - розничный торговец) выступает как посредник между абонентом и поставщиком услуг с целью адаптации услуги к индивидуальным требованиям пользователя.

К инфокоммуникационным услугам предъявляются требования [4]:

- *мобильности*;
- *возможности гибкого и быстрого создания новых услуг*;
- *гарантии качества*.

Большое влияние на требования, предъявляемые к инфокоммуникационным услугам, оказывает *процесс конвергенции*, приводящий к тому, что эти услуги становятся доступными пользователям вне зависимости от способов доступа.

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

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

разделение их ответственности в соответствии с их областью деятельности.

Существующие сети связи общего пользования с коммутацией каналов и коммутацией пакетов (СПД) в настоящее время не отвечают перечисленным выше требованиям. Ограниченные возможности традиционных сетей являются сдерживающим фактором на пути внедрения новых инфокоммуникационных услуг. С другой стороны, наращивание объёмов предоставляемых инфокоммуникационных услуг может негативно сказаться на качестве обслуживания базовых служб существующих сетей связи.

Все это вынуждает учитывать наличие инфокоммуникационных услуг при планировании способов развития традиционных сетей связи в направлении создания мультисервисных сетей.

В рекомендации ITU-T Y.100 приводятся данные о взаимовлиянии телекоммуникационных технологий, наблюдаемом в наше время. В процессе анализа свойств, которыми должна характеризоваться глобальная информационная инфраструктура, были учтены характеристики всех существующих телекоммуникационных технологий и видов служб и услуг.

Стандарты глобальной информационной инфраструктуры должны обеспечить возможность взаимодействия и взаимосвязи (как с ориентацией на соединение (Connection-oriented, CO), так и без ориентации на соединение – Connectionless Oriented, CL) между большим разнообразием приложений и различных платформ (как на основе программных средств, так и аппаратных).

Телекоммуникационные сети (PSTN, DSN, ISDN, MN, IN, CN, OSN), использующие разные технологии (SC, PS, ATM, MPLS, SDH, WDM и др.), в настоящее время обеспечивают передачу данных и речи с высоким качеством и взаимодействуют друг с другом.

Сети с протоколами TCP/IP создают платформу, которая позволяет пользователям, связанным с различными сетевыми инфраструктурами, иметь общий набор приложений и обмениваться потоками данных, качество доставки которых не гарантируется. Стек протоколов TCP/IP совершенствуется (например, IPv6) с целью поддержки приложений голоса, видео, мультимедиа повышенного качества. Эти тенденции конвергенции сетевых технологий иллюстрируются рисунком 1.4 [2].

Наметившиеся тенденции конвергенции таковы:

- технологии с коммутацией пакетов (ранее не ориентированные на установление соединений - Connectionless operation), например, использующие протокол IP, совершенствуются с целью повышения качества доставки информации (Guaranteed bearer

services), благодаря предварительному установлению виртуальных соединений (Connection-oriented);

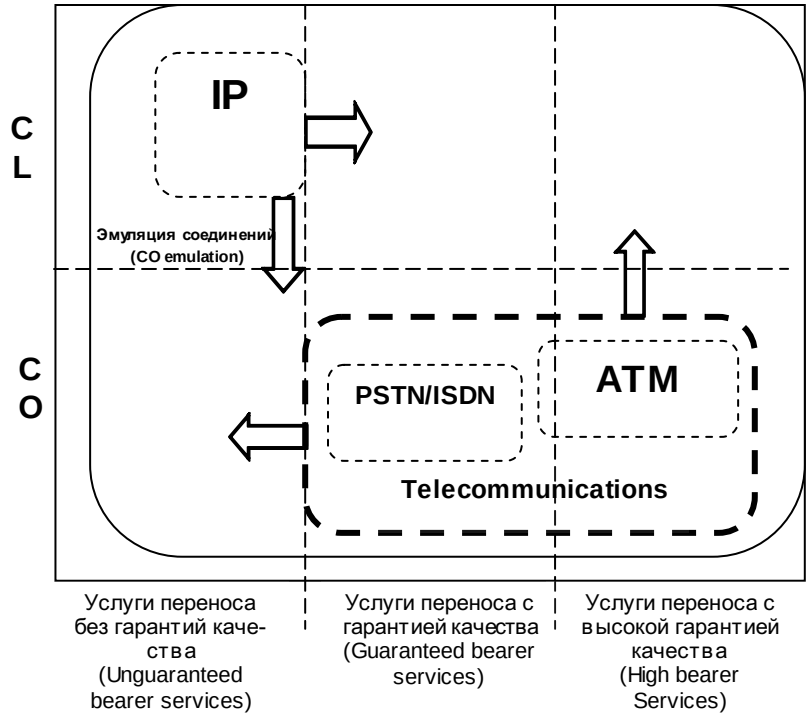
- узлы сетей с коммутацией каналов (PSTN и ISDN) будут обмениваться информацией через транспортные сети нового поколения с КП (IP/MPLS), что приведет к понижению качества доставки информации (Unguaranteed bearer service), чувствительной к задержке, джиттеру (jitter) и потерям пакетов;
- сети с технологией ATM, обеспечивающие доставку информации любых приложений с высоким качеством (Guaranteed bearer service), предоставляют услуги доставки как с ориентацией на соединение, так и без ориентации на соединение (например, LANE ATM).

На рисунке 1.5 [3] приведен пример конфигурации инфраструктурных ролей в GII. Под инфраструктурной ролью понимают поддержку услуги с помощью набора ресурсов многократного использования.

Глобальная информационная инфраструктура претендует на создание такой телекоммуникационной инфраструктуры, которая смогла бы объединить в себе все возможные виды информации (речь, данные, мультимедиа) и удовлетворяла бы требованиям каждого из них к качеству обслуживания (Quality of Service, QoS).

Так как структурная роль определена деловой деятельностью, которая является частью процесса производства, это имеет отношение к приложениям GII. Приложения также имеют подобное определение деловой деятельности или «виртуального взаимодействия» между конечными пользователями. Поэтому *приложение составлено из действий и отношений между действиями*. Примеры типичных приложений: «новости по требованию», «кинофильм по требованию», «библиотека по требованию» и т.д. В приложении «новости по требованию» пользователи способны отыскать электронные газеты, которые они могут просмотреть и читать. Этот пример показывает, что имеются конечные пользователи, чья деятельность состоит в просмотре и чтении новостей. Конечные пользователи отыскивают средства доступа к информационной службе новостей, чья деятельность обеспечивает конечных пользователей доступом к различным электронным газетам.

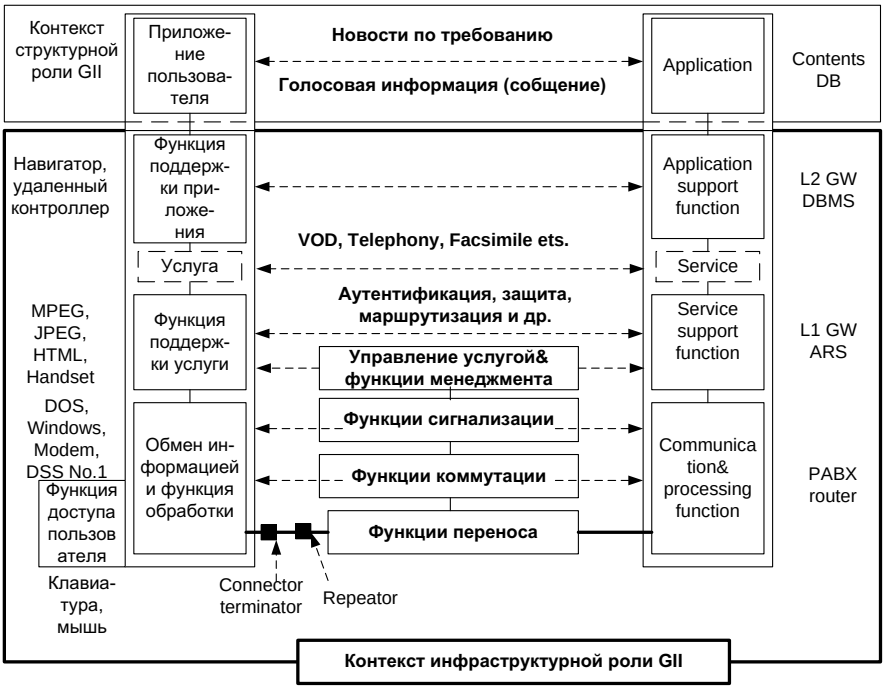
Все эти структурные роли используют различные инфраструктурные услуги. Таким образом, структурные роли – это пользователи GII.



CO (Connection-oriented operation) – доставка в режиме «с установлением соединения»;
CL (Connectionless operation) – доставка в режиме «без установления соединения»;
⇨ направления (directions) развития сетевых технологий.

Рисунок 1.4. Направление развития сетей (конвергенция технологий)

Шлюзы второго уровня (L2 GW) выполняют функции поддержки приложений, а шлюзы первого уровня (L1 GW) – функции выбора маршрута. Передачу новостей и голосовые сообщения поддерживают базы данных (DB), аккумулирующие разнообразное содержание (*контент*).



DBMS - DataBase Management System
HTML - HyperText Markur Language
JPEG - Joint Photographic Experts Group
GW - Gateway
MPEG - Motion Picture Experts Group
ARS - Automatic Route Selection

Рисунок 1.5. Пример конфигурации инфраструктурных ролей в глобальной информационной инфраструктуре

Структурная модель идентифицирует *услуги* и определяет *приложения*. Структурная модель (рисунок 1.6) определяет путь, по которому *роли* могут быть организованы, чтобы предоставить приложения и услуги. Чтобы предлагать услуги или предоставлять приложения, *роль* должна объединить множество ресурсов и интегрировать их в службу, необходимую для его клиентов. Каждый ресурс в составе *роли* может требовать ресурса в составе другой *роли*. Поскольку *роль* добавляет набор ресурсов, то в службу могут быть упакованы новые услуги и приложения. Например, служба электронных платежей будет использовать множество услуг доставки и обработки информации, хранения. *Роль клиента* запрашивает службу, каждый из ресурсов которой имеет определенное значение.

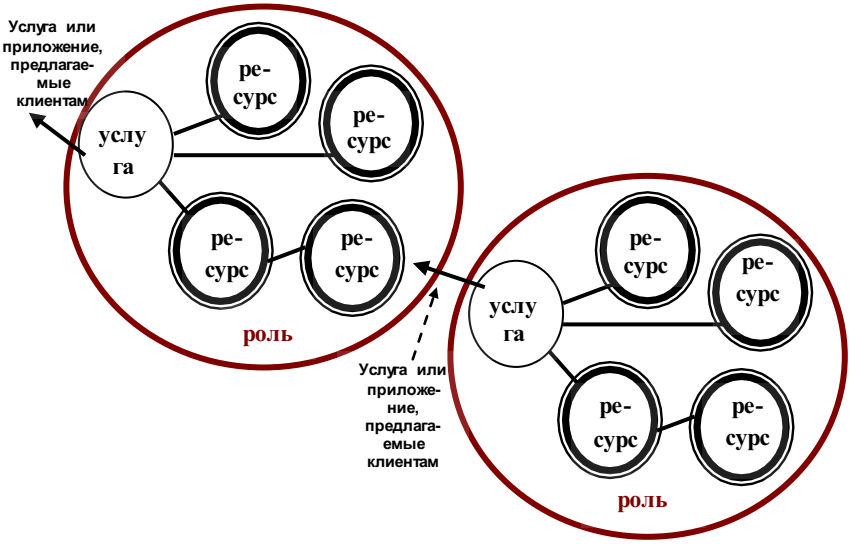


Рисунок 1.6. Структурная модель

Термины:

- *услуга* – характеризуется отношениями, которые существуют между *ролями*, а роль клиента состоит в запросе службы с указанием всех атрибутов требуемой услуги. Передача данных является примером услуги, а не приложения;
- *приложение* – с приложением клиент покупает полные права на его использование и так, что его свойства могут многократно использоваться клиентом. Покупка видео фильма – пример покупки приложения. В соответствии с этим определением, *поставка и поддержка приложения* определяется *инфраструктурной ролью*, в то время как *операция приложения* определяется *структурной ролью*;
- *прикладной компонент* – часть приложения. Когда функции приложения рассредоточены по нескольким географически разделенным информационным объектам, то говорят о множестве *прикладных компонентов*, входящих в его состав (они взаимодействуют друг с другом, используя услуги GII);

- *домен* – совокупность долей, которые принадлежат собственнику и могут включать больше чем одну роль;
- *платформа предоставления услуг* – является базой для предоставления услуг, она сформирована из множества долей, которые могут принадлежать разным собственникам (доли могут объединять множество ролей и поэтому они могут быть составлены из нескольких сотрудничающих доменов);
- *сервисный интерфейс* – средства, с помощью которых служба используется владельцем. Сервисный интерфейс может иметь несколько аспектов, включая отношения между ролями, информационные и вычислительные аспекты, аспекты реализации и контракта между собственниками;
- *сервисные компоненты* – сервисные интерфейсы могут быть сложными и составленными из множества сервисных компонентов.

Структура услуг и приложений

Если услуга предоставляется между ролями, взятыми на себя различными участниками рынка услуг (рисунок 1.6), обслуживание будет предлагаться в контексте контракта и должно содержать достаточный набор параметров, чтобы гарантировать, что контракт может быть выполнен и проверен.

Пользователи могут использовать услуги GII непосредственно или использовать собственные приложения и затем использовать услуги GII для поддержки этих приложений. Кроме того, компоненты приложений пользователя могут быть предоставлены и поддержаны GII. Услуги и приложения, предоставляемые GII, создаются в форме сервисных и прикладных компонентов.

Глобальная информационная архитектура объединяет ресурсы (рисунок 1.7):

- инфраструктурные;
- сетевые (network resources);
- обработки и хранения информации (processing and storage resources);
- телекоммуникационного ПО (middleware resources).

В конвергентной GII различие между *услугами* и *приложениями* важно потому, что оно соответствует двум различным коммерческим схемам (бизнес схемам). Это отличие отражает также тот факт, что операторы телекоммуникационных сетей традиционно предлагали *услуги*, в то время как информационные технологии (ИТ) традиционно предлагали *приложения*. Под термином «конвергентная GII» понимают информационную инфраструктуру, в которой интегрируются раз-

личные типы трафика на единой технологической платформе и предоставляются разнообразные услуги и приложения.

Типичными приложениями, используемыми GII, являются:

- дистанционное обучение/электронные библиотеки;
- телемедицина;
- распределенная обработка информации;
- электронная торговля;
- электронная публикация;
- игры.

На рисунке 1.7 термин «Middleware» обозначает программное обеспечение, обеспечивающее прозрачную работу программ в неоднородной сетевой среде.

В GII заложено три основных принципа, следование которым позволит строить сети следующего поколения:

- сеть с пакетной коммутацией для всех видов трафика;
- единая коммуникационная и транспортная сеть для различных сетей доступа;
- сеть с распределенной архитектурой, где каждый уровень независим от других.

Службы и услуги NGN

Общие принципы формирования услуг мультисервисной сети следующего поколения (NGN):

1. AnyPoP – услуга не зависит от точки доступа пользователя к ней;
2. AnyISP – услуга не зависит от конкретного сервис-провайдера;
3. AnySwitch – услуга не зависит от конкретной АТС;
4. AnyVendor – услуга не зависит от конкретного изготовителя оборудования;
5. AnyBilling – услуга должна интегрироваться в существующие биллинговые и административные концепции Оператора;
6. Standards – услуга должна использовать стандартизированные интерфейсы;
7. Safety – защита услуг от попыток вторжения через Интернет и/или ССОП;
8. Openness – услуга должна быть открытой для новых провайдеров.

Перечисленные восемь обобщенных принципов определяют проектирование новых услуг в условиях совместной работы ССОП, сетей подвижной связи и IP-сетей на сервисном уровне, возможность заказывать, поддерживать, тарифицировать и эксплуатировать новые услуги мультисервисных сетей.

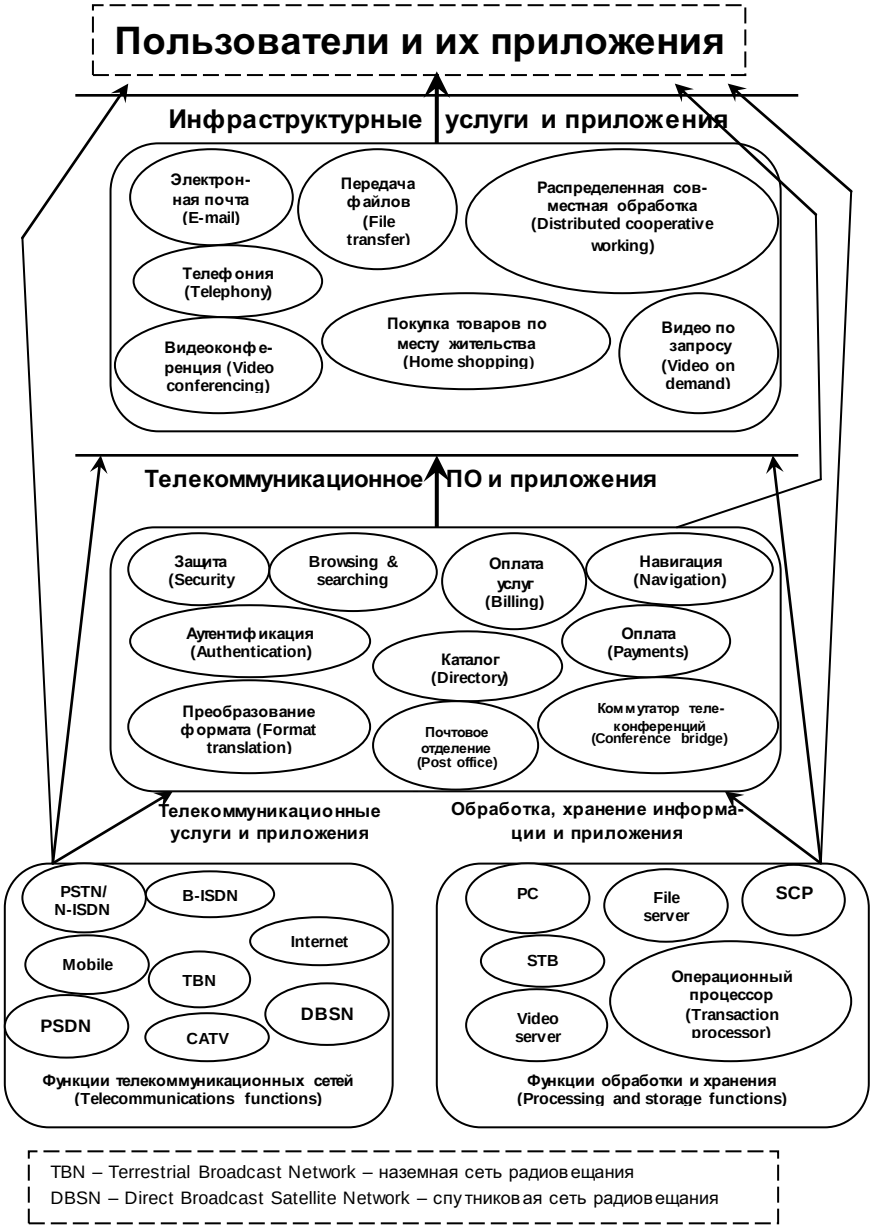


Рисунок 1.7. Услуги и приложения, предоставляемые GII

Услуги, предоставляемые мультисервисными сетями, разделяются на услуги *переноса (bearer services)* и *инфокоммуникационные* услуги.

Инфокоммуникационной услугой называется услуга электросвязи, предполагающая *автоматизированную обработку, хранение или предоставление информации по запросу* с использованием средств вычислительной техники, как на входящем, так и на исходящем конце соединения.

Услуги переноса (доставки) информации характеризуются**:**

- типами соединений (Connection Type, CT);
- классом качества услуги (Class of Service, CoS);
- параметрами трафика (Traffic Parameters, TP).

Услуги переноса предоставляются многопротокольной транспортной сетью и заключаются в прозрачной передаче информации пользователя между сетевыми окончаниями (Network Terminator, NT) без какого-либо анализа или обработки её содержания.

Услуга переноса, ориентированная на соединение, предназначена для передачи информации с помощью протоколов, требующих предварительного установления соединения (ATM, Frame Relay, X.25 и т.д.), или для передачи информации в режиме эмуляции синхронных цифровых каналов.

Услуга переноса, не ориентированная на соединение, предназначена для передачи информации с применением технологий, не требующих установления соединения, например, IP, Ethernet, Token Ring. Данная услуга предполагает реализацию в транспортной сети функций сервера CLS (Connectionless Server), основная задача которого заключается в обработке адресов получателей (включая групповые адреса) и управлении доставкой информации пользователя через многопротокольную транспортную сеть.

Применение услуг переноса для сетей с технологией ATM определено в РД 45.123-99 «Порядок применения технологии асинхронного режима переноса на Взаимоувязанной сети связи России».

К основным особенностям, отличающим инфокоммуникационные услуги от услуг электросвязи, относятся:

- в комплекс входят услуги всех уровней модели взаимосвязи открытых систем (ВОС), в то время как услуги электросвязи предоставляются на третьем, сетевом, уровне;
- большинство инфокоммуникационных услуг функционирует по принципу «клиент-сервер», клиентская часть реализуется в

оборудовании пользователя, а серверная – в специальном сетевом узле, называемым узлом служб (Service Node, SN);

- инфокоммуникационные услуги предполагают передачу мультимедиа информации, при этом приложения, создающие нагрузку, предъявляют высокие требования к скорости передачи и характеризуются несимметричностью объемов входящего и исходящего информационных потоков;
- инфокоммуникационные услуги предполагают преобразование информации из одного вида в другой, например, факс–текст, голос–текст и т.п.;
- для эффективного предоставления инфокоммуникационных услуг могут требоваться сложные многоточечные конфигурации соединений;
- для инфокоммуникационных услуг характерно широкое разнообразие прикладных протоколов и возможности по управлению услугами со стороны пользователя;
- при предоставлении инфокоммуникационных услуг требуется преобразование логического номера, присваиваемого абоненту мультисервисной сети, в физический номер для маршрутизации вызова по многопротокольной транспортной сети;
- при предоставлении доступа к инфокоммуникационным услугам должна осуществляться аутентификация пользователя.

Важным для инфокоммуникационных услуг является понятие «*приложение*». *Приложение* определяется как услуга, функциональность которой распределена между оборудованием поставщика услуги и оконечным оборудованием пользователя. Как следствие – оконечное оборудование участвует в предоставлении инфокоммуникационных услуг.

Инфокоммуникационные услуги, функционирующие по принципу «клиент-сервер», относятся к категории *приложений*. *К инфокоммуникационным услугам, прежде всего, следует отнести услуги мультимедиа*.

В соответствии с Рекомендациями ITU-T, услуги мультимедиа делятся на:

- мультимедиа конференции (Multimedia Conference services);
- сбора и накопления информации мультимедиа (Multimedia collection services);
- диалоговые (Conversational services);
- передачи сообщений (Message services);
- выборки информации (Retrieval services);

- распределения (Distribution services) – с индивидуальным управлением процессом предоставления информации со стороны пользователя и без такого управления.

На начальном этапе создания и эксплуатации мультисервисной сети основной услугой, предоставляемой пользователям, будет широкополосный доступ к Internet и связанные с ним услуги Web и FTP хостинга. Вместе с тем, по мере развития мультисервисной сети, получат распространение и другие услуги, такие как организация виртуальных частных сетей (VPN), IP-телефония, электронная коммерция, услуги службы универсальных сообщений (Unified messaging), дополнительные телефонные линии поверх ADSL, видео/аудио по запросу, интерактивные игры, видеоконференцсвязь, телемедицина, телеобучение.

Например, на начальном этапе оператор сети может предоставлять следующий набор мультимедийных услуг:

- трансляция программ ТВ и радио;
- услуги по запросу;
- услуги доступа к Internet;
- информационные услуги.

Абонентским устройством для доступа к мультимедийным услугам является Set-top Box (STB) – шлюз между IP сетью и телевизором абонента. Шлюз обеспечивает отображение на экране видео с разрешением (Video resolution): 720x576 (576 SD); 1280x720 (720 HD), 1920x1088 (1080 HD), соотношением размера кадра (Aspect Ratio): 4x3, 16x9.

Платформа предоставления мультимедийных услуг обеспечивает:

- защиту содержания информации пользователя (content) от несанкционированного доступа/копирования, соблюдения авторских прав;
- интерфейс пользователя для осуществления доступа к мультимедиа услугам;
- поддержку абонентских декодеров, персональных компьютеров (ПК) и других абонентских устройств;
- подготовку, хранение и распределение контента, управление потоками мультимедийных данных;
- *сбор и анализ статистики потребления мультимедиа услуг:*
  - передача информации об объемах потребления услуг пользователем;
  - передача информации о количестве операций, совершенных пользователем;
  - передача информации об операциях с *контентом* во внешнюю автоматизированную систему расчетов;

- обеспечение возможности тарификации мультимедиа услуг;
- обслуживание пользователей мультимедиа услуг;
- контроль качества предоставляемых услуг на всех этапах формирования услуг, а также транспортной инфраструктуры.

Трансляция программ ТВ и радио

Услуга представляет собой трансляцию набора телевизионных и радиопрограмм в цифровой *форме.* В качестве транслируемых телеканалов могут выступать эфирные ТВ и радио каналы, коммерческие каналы российского производства, а также общенациональные и коммерческие каналы иностранного производства, имеющие лицензию на вещание на территории РФ. В качестве транслируемых радио каналов могут выступать радио каналы московского FM диапазона, коммерческие радио пакеты, коммерческие и общенациональные радио каналы иностранного производства, имеющие лицензию на вещание на территории РФ.

Услуга трансляции программ ТВ и радио должна обладать следующими характеристиками:

- высокое и стабильное качество изображения, не зависящее от условий приема;
- многоканальное (моно, стерео, цифровая техника) звуковое сопровождение (зависит от вещателя канала). Пользователь должен иметь возможность выбирать конфигурацию звуковых каналов (моно, стерео) по собственному усмотрению;
- многоязыковое звуковое сопровождение (зависит от вещателя канала). Пользователь должен иметь возможность выбирать интересующий его язык по собственному усмотрению.

Для предоставления услуги потребителю необходимы телепорт и головная станция приема и подготовки теле- и радиопрограмм, обеспечивающих: прием, дешифрацию (дескремблирование), кодирование, разделение каналов и адаптацию к сетям доступа эфирных, спутниковых и т.п. телевизионных и радио каналов с требуемыми параметрами качества.

Для разграничения доступа абонентов к услугам трансляции ТВ и радиоканалов необходимо наличие системы условного доступа, обеспечивающей:

- кодирование потоков видео и аудио с головной станции по способу «на лету»;
- аутентификация абонентских устройств;
- интеграция с другими компонентами платформы предоставления мультимедийных услуг (ПП-МУ), а также обмен данными с информационными системами (OSS/BSS).

Услуга по запросу

Услуга предоставляет пользователю возможность осуществлять выбор из заданного количества видеопрограмм с последующим их просмотром. В качестве видеопрограмм могут выступать фильмы, телевизионные программы, спортивные трансляции, телешоу и т.п. Главным отличием от других услуг является возможность *индивидуального выбора видеопрограммы* для просмотра и *индивидуального управления просмотром*. Оплата услуги может производиться как на основе факта просмотра, так и на основе времени просмотра. Возможна оплата услуги по подписке с ограничением количества возможных просмотров.

Услуга должна предоставляться на базе технологии «Видео по запросу» и обеспечивать следующую функциональность:

- «Видеотека»/«Аудиотека» – доступ к видеоконтенту/аудиоконтенту, выбранная видео/аудио программа транслируется персонально для пользователя, и он может управлять трансляцией в режиме, аналогичном стандартному управлению видеомагнитофоном/музыкальным центром (Play, Stop, Rev, Frw, Pause). Выбор программы может осуществляться по различным параметрам (по жанру, по артисту, по режиссеру, по названию и т.п.). Доступ к услуге может быть как постоянным (оплата за факт просмотра), так и ограниченным по времени («Видео по запросу» по подписке);
- «Сетевой видеомагнитофон» (nPVR) – пользователь получает возможность заранее указать, просмотр какой телевизионной передачи он хочет перенести, и система автоматически запишет эту программу. В дальнейшем абонент может просмотреть эту телевизионную передачу в любое удобное для себя время. В процессе просмотра пользователь может управлять просмотром в режиме, аналогичном стандартному управлению видеомагнитофоном (Play, Stop, Rev, Frw, Pause).

Система предоставления услуг «по запросу» должна поддерживать работу с *контентом* в следующих форматах:

- Видео:
  - MPEG-2 (ISO-13818) с разрешением кадра SD и HD (1280x720 (720HD), 1920x1088 1080HD);
  - MPEG-4.10 (H.264, ISO-14496-10) SD и HD (1280x720 (720HD), 1920x1088 1080HD);
- Аудио:
  - MPEG-1 Layer 2 и AC-3;
  - AAC (ISO-14496-3).

Доступ к Internet и информационные услуги

Данный тип услуг позволяет пользователю получить доступ к Internet, электронной почте, телеконференциям (чат, форум), локальным информационно-справочным ресурсам (Walled garden), используя в качестве терминала домашний телевизор.

Информационные услуги и услуги Internet должны обеспечивать:

- возможность доступа к ресурсам Internet без использования персонального компьютера. В качестве терминала используется телевизионная приставка (Set-top Box, STB). При использовании данной услуги на экране STB отображает выбранный пользователем ресурс Internet. Пользователь имеет возможность перемещаться по Internet от одного ресурса к другому и осуществлять его просмотр;
- прием, редактирование и передачу обычных электронных сообщений (e-mail). Подписавшись на данную услугу, пользователь активизирует индивидуальный электронный почтовый ящик. Используя STB вместо компьютера и инфракрасную (беспроводную) клавиатуру, пользователь осуществляет все операции со своим электронным ящиком. Существует единственное ограничение - *на использование вложений* в электронные письма;
- возможность обмениваться в реальном режиме времени текстовыми сообщениями в рамках тематических объединений пользователей. Такие тематические объединения пользователей могут создаваться, как для обсуждения конкретных телевизионных передач во время их трансляции, так и для обсуждения постоянных тем (автомобили, увлечения, воспитание детей, взаимоотношения с административными органами и т.п.);
- доступ к набору локальных информационных ресурсов. Данные ресурсы адаптированы для просмотра на телевизионном экране и позволяют абоненту получать необходимую ему информацию без поиска ее в Internet;
- доступ к электронной программе передач (EPG), позволяя получать информацию о расписании вещания телепрограмм;
- получение справочной информации (адресно-телефонный справочник, расписание работы организаций, расписание автобусов, поездов, аэропортов, афиши театров, кинотеатров и других развлекательных мероприятий, курсы валют, погода и т.д.);
- доступ абоненту к системе управления услугами пользователя.

Игры

Данный тип услуг предоставляет пользователю доступ к набору игр, используя только STB и телевизор. Управление может осуществляться, как при помощи пульта ДУ, так и при помощи инфракрасной клавиатуры или джойстика, подключаемого по интерфейсу USB.

Служба игр должна предоставлять пользователю возможность доступа к играм не интерактивным и интерактивным (многопользовательским), реализованным с помощью технологий Macromedia Flash и Java.

Доступ к играм обеспечивается путем выхода на адаптированный для просмотра на STB игровой портал через интерфейс middleware.

Телематические услуги

Телематические услуги (услуги службы дистанционной обработки данных) предоставляются с помощью интегрированных средств передачи и обработки информации (таблица 1.5).

Таблица 1.5. **Телематические услуги NGN**

Предоставление доступа к Internet	Доступ к Internet со скоростью передачи данных, зависящей от выбранного клиентом тарифного плана, варьируется до 10 Мбит/с. Основной показатель услуги - непрерывность доступа.
Доступ к локальной сети	Услуга подразумевает предоставление доступа к группе пользователей на скорости до 100 Мбит/с в рамках протокола IP. Входящий и исходящий потоки могут быть ограничены с шагом 1 Мбит/с. Клиент получает доступ к персональным ресурсам (серверам) локальной сети компании, содержащим разнообразный сетевой контент, создаваемый и поддерживаемый силами абонентов компании.
Почтовый ящик	Услуга подразумевает предоставление Абоненту электронного почтового ящика в легко запоминаемых доменах второго уровня. Основным требованием является сохранность данных персональных почтовых ящиков, что обеспечивается зеркалированием носителей, содержащих указанные данные. Объем почтового ящика согласовывается при заключении договора. В качестве дополнительных услуг выделяется: • защита почтового ящика от вирусов; • защита почтового ящика от спама (spam); • удачный домен для регистрации почтового ящика; • дополнительный объем почтового ящика; • возможность переадресации; • возможность регистрации доп. адресов электронной почты.
Индивидуальное дисковое пространство	Основным требованием к услуге является высокая степень защиты информации и ее сохранность.
Регулируемая публичная зона	Регулируемая публичная зона представляет собой файловые серверы, расположенные на различных сегментах сети, на которых пользователи могут размещать для других пользователей общедоступную информацию по определенным правилам. Ответственность за содержание возлагается на Абонента.
Файлообмен в локальной сети	Услуга предоставляется в одном пакете с доступом к центральной зоне VIP-контента и представляет собой поисковую систему внутренних ресурсов сети (ftp-серверы и открытые ресурсы пользователей) с удобным web-интерфейсом; дает возможность легко

	найти интересующую пользователя информацию.

Таблица 1.5. **Телематические услуги NGN (продолжение)**

Виртуальный хостинг	Услуга обеспечивает доступ любого компьютера, подключенного к Интернет, к следующим функциям отдельно для каждого пользователя: • Веб-функции (Apache, ASP, Perl, Python, SSI, SSL, CGI, MS Frontpage, suexec); • Почтовые функции (SpamAssassin, Drweb, списки рассылки (Mailman), альтернативное имя (alias), автоответчик, группы, система разграничения доступа) • Функции СУБД (MySQL, PostgreSQL, phpMyAdmin, phpPgAdmin, режим нескольких пользователей/БД) • FTP доступ (анонимный FTP, upload-каталог) • DNS сервис (ведение первичной/вторичной зоны, организация и поддержка зоны на других серверах, поддержка load balancing). Различные виды статистики: webalizer, статистика о трафике и ограничения трафика, ограничение полосы пропускания в реальном времени. Услуга обеспечивает многоязыковую поддержку, firewall, java, шаблоны для сайтов, резервное копирование.
Домашняя страничка абонента (персональный сайт абонента)	Услуга, являющаяся частью услуги виртуального хостинга, обеспечивает: • доступ любому компьютеру, подключенному к Интернет; • минимальный набор функциональных возможностей, поддержку php, MySql; • предоставление доступа к персональной странице по ftp.
Услуги безопасности предоставления доступа к Internet	Подписчику предоставляется: • защита «Почтового ящика» от вирусов и спама; • страница информационной безопасности; • удаленная диагностика компьютера на наличие вирусов и уязвимостей; • доступ к внутрисетевым серверам обновлений безопасности (MS Windows); • размещение серверов обновления безопасности в центральной зоне VIP-контента; • доступ к серверу контентной фильтрации для установления ограничений посещаемости ресурсов сети компании и Интернет.

Таблица 1.5. **Телематические услуги NGN (продолжение)**

Услуги персональных коммуникаций	Услуга обеспечивает многоязыковой интерфейс и характеризуется следующим набором функций: • обмен короткими (мгновенными) сообщениями между пользователями сети, обмен текстовыми, голосовыми сообщениями, обмен видеосообщениями, обмен ссылками на телевизионный контент (канал, видео-файл), доступный на платформе предоставления мультимедийных услуг, на Интернет контент (URL), обмен файлами; • конференцсвязь между более чем 2-мя собеседниками. Управляется владельцем конференции (лицом, инициировавшим конференцию). • хранение контактной информации; • возможность устанавливать собственные статусы, обуславливающие доступность пользователя для приема входящих сообщений и вызовов от других пользователей (аналог ICQ [I see you] – «я вижу Вас») – «доступен», «отошел», «недоступен, с возможностью оставить сообщение»; • возможность проведения видео-чата между двумя абонентами в режиме On-line. Необходима веб-камера; • видеочат более чем двух собеседников; • встроенный оперативный (on-line) автоответчик.
Медиапортал (каталог ресурсов)	Данная услуга предполагает наличие каталога ссылок для пользователей, позволяющих им легче ориентироваться в ресурсах Интернет. Характеризуется наличием тематического рубрикатора с возможностью поиска ресурсов.
IP VPN	Услуга позволяет объединить несколько офисов, подключенных к сети Компании, в единую защищенную корпоративную сеть с собственной внутренней IP-адресацией. Обеспечивает минимум три класса услуг (стандартный, дополнительный (premium), реального времени).
L2 VPN	Услуга предоставляет возможность объединения нескольких офисов, подключенных к сети Компании, в единую защищенную корпоративную сеть по технологии Ethernet.

Многообразие услуг NGN, полученных благодаря сочетанию свойств основной тройки (голос, данные, видео), показано на рисунке 1.8.

Под *iTV* (Interactive Television) понимают интерактивное телевидение, обеспечивающее интерактивны режим выбора канала или программы. Для ее реализации между абонентом и телевизионной станцией организуется двусторонний канал.

VideoComm (Video Communication) – это видеотелефонная связь во время прямой трансляции телевизионной программы, совместное

видео и фото, видеоконференция во время прямой трансляции программы.

VoIP – это компьютерная телефония (PC telephony), видеотелефония (TV telephony), дополнительные линии (Additional lines (teen line)).

Triple Experience – тройной опыт, обмен информацией поверх TV-программ, многотерминальные игры, внесение в список пропущенного вызова во время телевизионного сеанса.

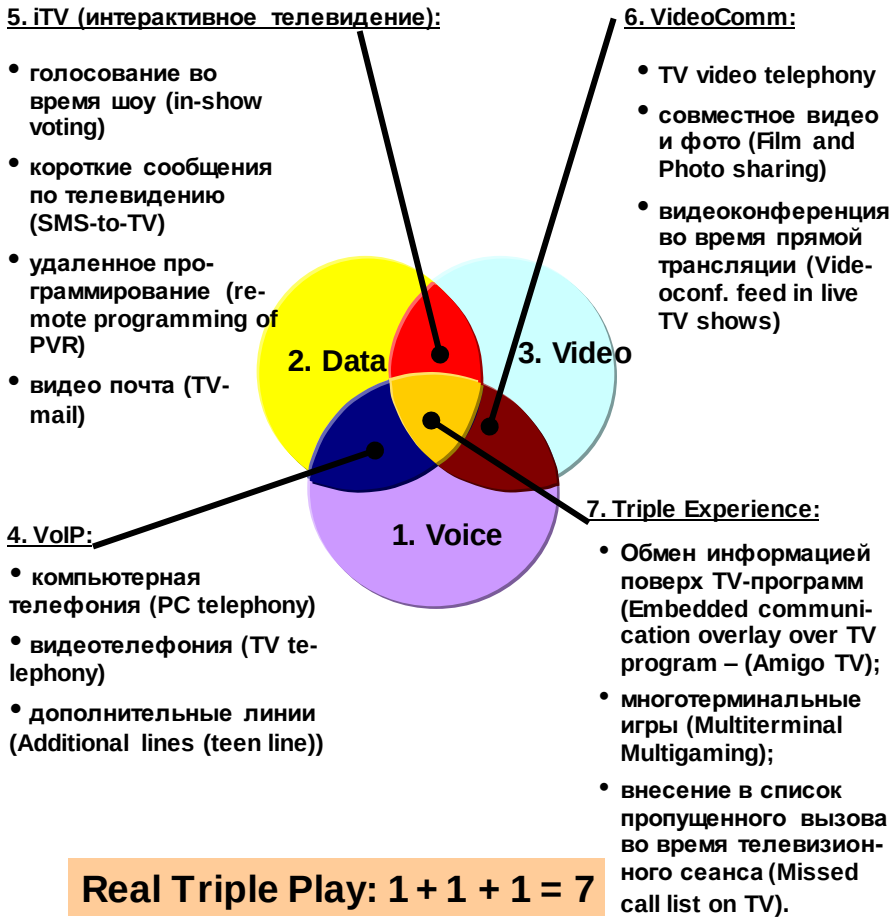


Рисунок 1.8. Многообразие услуг, полученных благодаря сочетанию свойств основной тройки (голос, данные, видео)

Контрольные вопросы

1. Что означает термин «*масштабирование телекоммуникационной технологии*»?
2. Что означает термин «*агрегирование*», применяемый по отношению к информационным потокам в сети?
3. Укажите возможности, которые реализуются благодаря установлению виртуальных соединений в сетях с технологиями ATM и MPLS.
4. Что является наиболее сильной стороной технологии ATM, по сравнению с другими технологиями доставки информации в мультисервисной сети.
5. Является ли механизм *дифференцированного обслуживания* (DiffServ) ориентированным на работу с несколькими агрегированными классами сетевого трафика или с отдельными пользовательскими соединениями?
6. Является ли достоинством технологии MPLS способность использовать практически любой формат кадров существующих технологий второго уровня – ATM, Frame Relay, PPP, Ethernet?
7. Укажите тип сети, в которой функции создания и управления предоставлением услуг и приложений отделены от функций управления вызовом и ресурсами коммутации и транспортировки данных.
8. Что понимают под термином *Глобальная Информационная Инфраструктура* (Global Information Infrastructure, *GII*)?
9. Дайте определение *инфокоммуникационных услуг.*
10. Какие требования предъявляются к инфокоммуникационным услугам?
11. Какие требования предъявляются к перспективным сетям связи?
12. Сформулируйте определение термина *услуга* в терминологии *Глобальной Информационной Инфраструктуры.*
13. Приведите примеры типичных приложений, используемых в *Глобальной Информационной Инфраструктуре.*
14. Сформулируйте три основных принципа, следование которым позволит строить сети следующего поколения (NGN).
15. Какими атрибутами характеризуются услуги переноса (доставки) информации?
16. Каковы особенности, отличающие инфокоммуникационные услуги от услуг электросвязи?

Библиография

1. www.minsvjaz.ru
2. ITU-T Recommendation Y.100 (06/98) General overview of the Global Information Infrastructure standards development
3. ITU-T Recommendation Y.110 (06/98) Global Information Infrastructure principles and framework architecture
4. Концептуальные положения по построению мультисервисных сетей на ВСС России. – Документ Министерства РФ по связи и информатизации. 2001 г.
5. Васильев А.Б., Соловьев С.П., Кучерявый А.Е. Системно-сетевые решения по внедрению технологии NGN на российских сетях связи/ Электросвязь. 2005. - № 3
6. Мардер Н.С. Некоторые «подводные камни» регулирования сетей NGN/ Электросвязь. 2005. - № 10
7. Мардер Н.С. Вопросы терминологии/ Электросвязь. 2006. - № 3
8. Пинчук А.В., Соколов Н.А. Прагматическая концепция перехода к NGN/ Электросвязь. 2006. - № 6
9. Кучерявый А.Е., Цуприков А.Л. Сети связи следующего поколения. – М.: ФГУП ЦНИИС. 2006. 278 с.
10. Филимонов А.Ю. Построение мультисервисніх сетей Ethernet. – С.-Петербург, БХВ-Петербург. 2007. 277 с.
11. РТМ «Системно-сетевые решения развития инфокоммуникационных сетей межрегиональных компаний связи и ОАО “Ростелеком” как составных частей ВСС России, на перспективу до 2007 г.»

Глава 2 Трафик мультисервисных сетей

2.1 Атрибуты трафика

Одно из основных понятий в описании широкополосных сетей – *скорость передачи службы*. В рекомендациях ITU-T она определяется как скорость переда информации, доступная пользователю данной службы. Все службы делятся на две группы:

- с постоянной скоростью передачи (ПСП);
- с изменяющейся скоростью передачи (ИСП).

Если источник генерирует информацию с ИСП, то скорость передачи может характеризоваться пиковой (Vп) и средней (Vс) величинами.

Источники, генерирующие информацию с изменяющейся скоростью, характеризуют коэффициентом пачечности Кп = Vп/Vс и средней длительностью пика Тп. Пиковая, средняя скорость и коэффициент пачечности источников характеризуют конкретную службу, хотя стохастические процессы от сеанса к сеансу могут отличаться.

Если канал использует источник некоторой службы, генерирующий информацию с изменяющейся скоростью, то в моменты, когда скорость источника V(t) превышает скорость канала V_{max}, качество обслуживания снижается.

Источник информации мультисервисной сети характеризуется двумя группами параметров трафика. К первой группе относятся:

- интенсивность поступающего от пользователя потока требований λ, выз/час;
- средняя длительность сеанса Тс, с;
- удельная нагрузка источника $a_{уд}$, Эрл .

Вторая группа параметров характеризует собственно терминал пользователя (Рекомендация I.311 Белой книги ITU-T):

- средняя (битовая) скорость передачи Vс;
- пиковая скорость передачи Vп;
- коэффициент пачечности Кп = Vп / Vс .

Конкретная система передачи (СП) всегда характеризуется максимально допустимой скоростью передачи информации V_{max}. Если эту СП использует источник некоторой службы, генерирующий информацию с изменяющейся скоростью, то в моменты превышения V(t) зна-

чения V_{max} качество обслуживания снижается. Если источник генерирует информацию с изменяющейся скоростью, как это показано на рисунке 2.1, то скорость передачи может характеризоваться пиковой ($V_п$) и средней (V_c) величинами.

Ряд известных служб относят к службам с ПСП (не используется статистическое мультиплексирование, паузы при передаче не обнаруживаются):

- обычная телефония,
- цветной факс,
- передача файлов.

Службы с ИСП делят на две группы:

- стартстопного типа;
- непрерывного типа.

Во время сеанса стартстопной службы наблюдаются периоды активности и паузы, что характерно для информационно-поисковых систем, например, поиск документов, поиск видео. Скорость передачи источников таких служб меняется скачком от нуля до $V_п$.

Во время сеанса службы с ИСП скорость передачи может меняться плавно (рисунок 2.2), что характерно, например, для цифровой телефонии с использованием статистического кодирования (АДИКМ).

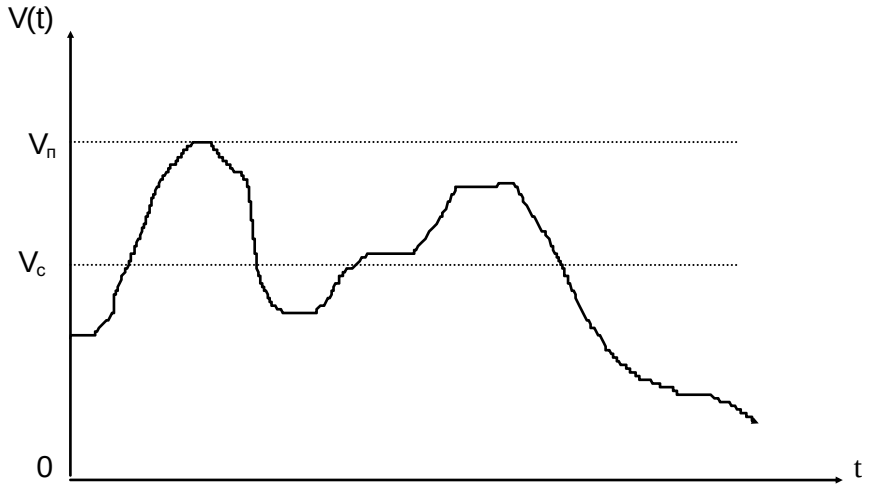


Рисунок 2.1. Характеристика скорости источника

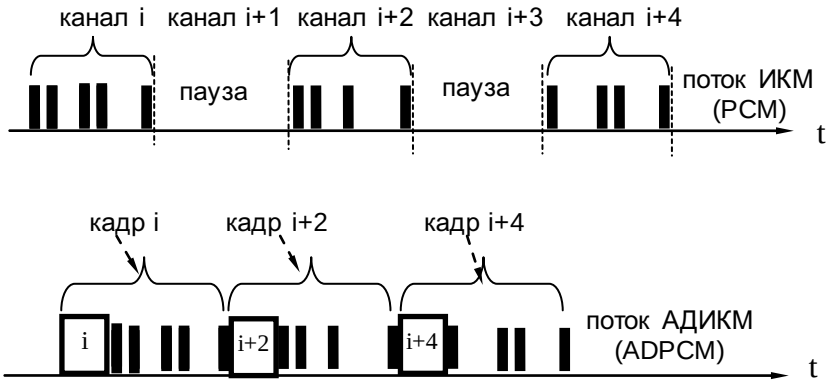


Рисунок 2.2. Плавное изменение скорости при использовании статистического кодирования

2.2 Фрактальный (самоподобный) трафик мультисервисных сетей

Понятие *фрактал* было впервые введено Бенуа Мандельбротом в 1975 году. Слово образовано от латинского слова *fractus* – состоящий из фрагментов. С математической точки зрения фрактальный объект, прежде всего, обладает дробной (нецелой) размерностью.

Известно, что точка имеет размерность, равную нулю. Отрезок прямой и окружность, характеризующиеся протяженностью (длиной), имеют размерность, равную единице. Круг и сфера, характеризующиеся площадью, имеют размерность два. Для описания множества с размерностью 1.5 требуется нечто среднее между длиной и площадью.

Другое важное свойство, которым обладают почти все фракталы – свойство *самоподобия* (масштабная инвариантность). Фрактал можно разбить на сколь угодно малые части так, что каждая часть окажется просто уменьшенной частью целого. Другими словами, если посмотреть на фрактал в микроскоп, то мы увидим ту же самую картинку, что и без микроскопа. Природа создавала фракталы на протяжении миллионов лет. Фактически большинство объектов в природе – не круги, квадраты или линии. Природные объекты суть фракталы, и создание

этих фракталов обычно определяется уравнениями *хаоса*. Хаос и *фрактальная красота* представляют природу реальности.

Поэтому применение аппарата теории нелинейной динамики (теории хаоса) для исследования самоподобного телетрафика представляется также достаточно перспективным направлением и разумным развитием идей фрактальности трафика. Термин *хаос* подразумевает под собой словосочетание *детерминированный хаос*, однако в разговорной речи слово “детерминированный” часто опускается. В последнее время работ в данной области появляется все больше [1, 2].

В отличие от детерминированных фракталов, стохастические фрактальные процессы, как правило, описываются масштабной инвариантностью (*самоподобием*) статистических характеристик второго порядка (корреляционной функции, спектральной плотности, дисперсии) – *свойство неизменности коэффициента корреляции при масштабировании*. Как раз с такими стохастическими фракталами имеют дело при изучении характеристик сетевого трафика. В этой связи в литературе понятия фрактального и самоподобного телетрафика часто используются как синонимы.

Впервые о самоподобном телетрафике заговорили с момента его открытия в 1993 году группой ученых W. Leland, M. Taqqu, W. Willinger и D. Wilson [3], которые исследовали Ethernet-трафик в сети корпорации Bellcore и обнаружили, что на больших масштабах он обладает свойством самоподобия, то есть выглядит качественно одинаково при любых (достаточно больших) масштабах временной оси. При этом оказалось, что в условиях самоподобного трафика методы расчета компьютерной сети (пропускной способности каналов, емкости буферов и пр.), основанные на Марковских моделях и формулах Эрланга, которые с успехом используются при проектировании телефонных сетей, *дают неоправданно оптимистические решения и приводят к недооценке нагрузки* [4].

Самоподобный процесс выглядит менее сглаженным, более неравномерным (то есть обладает большей дисперсией), чем чисто случайный процесс. Неравномерность самоподобного процесса видна на рисунок 2.3.

Различие между компьютерной и телефонной сетями следует понимать в следующем смысле: исторически сложилось так, что телефонные сети изначально строились с использованием принципа коммутации каналов. Характеристики трафика в этих сетях были хорошо изучены, а также разработаны методики расчетов, позволявшие получать результаты, хорошо совпадавшие с реальными значениями пропускной способности пучков каналов.

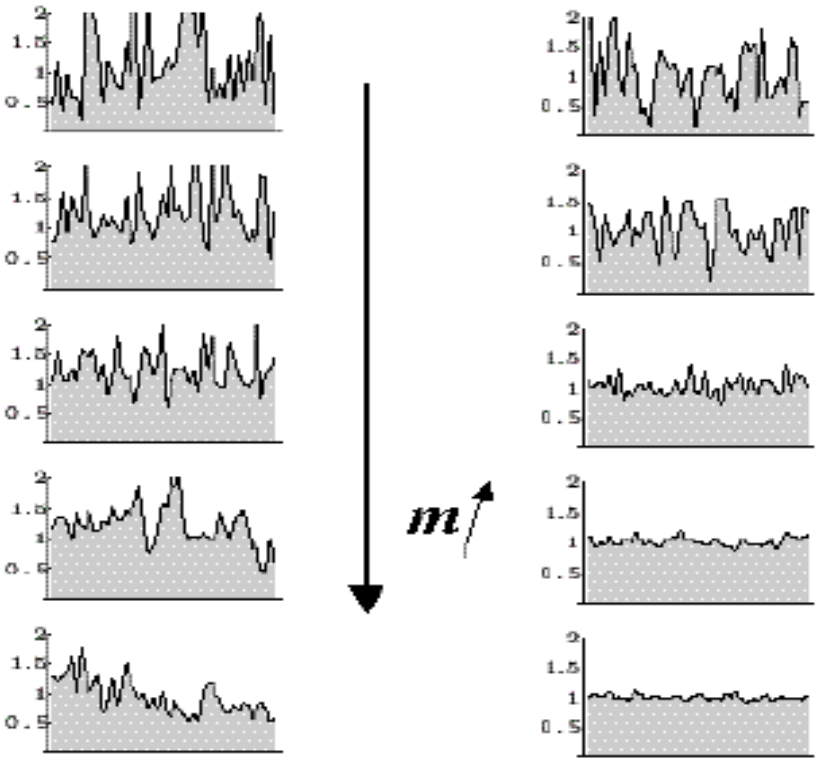


Рисунок 2.3. Временные реализации реального сетевого (самоподобного) трафика (слева) и традиционной "не самоподобной" (пуассоновской) модели телетрафика (справа) при различных масштабах временной оси [5]. Сверху вниз масштаб временной оси укрупняется

В основу компьютерных сетей, как правило, был положен принцип коммутации пакетов, а методики расчетов остались практически теми же, что и привело к возникновению проблемы, связанной с неадекватностью результатов расчета нагрузки и реальной нагрузки. В настоящее время все большее распространение получают способы передачи речевой, мультимедийной и сигнальной информации по сетям с коммутацией пакетов [1], трафик которых характеризуется свойством самоподобия.

Свойство самоподобия сетевого трафика

Для того чтобы представить себе особенности, возникающие в реальной сети вследствие эффекта самоподобия, рассмотрим *меха-*

низм статического мультиплексирования информационных потоков. Алгоритм статического мультиплексирования потоков широко используется в компьютерных сетях, поскольку позволяет относительно экономно использовать пропускную способность магистральных каналов. Рассмотрим простейший пример передачи информации многих источников по одному магистральному каналу. В принципе, можно закрепить за каждым из источников определенную часть ресурса магистрального канала (например, свою полосу частот). В этом случае каждый источник может использовать только ту часть ресурса, которая ему отведена (рисунок 2.4, слева).

Другой способ передачи, называемый *статистическим мультиплексированием*, состоит в том, что потоки отдельных источников складываются (агрегируются) в магистральном канале с экономией пропускной способности *dC* (рисунок 2.4, справа).

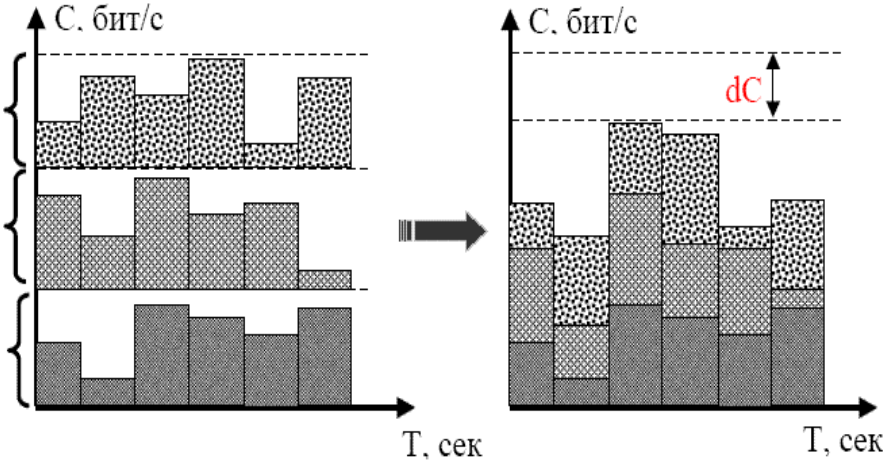


Рисунок 2.4. Сравнение использования сетевых ресурсов при статическом (слева) и статистическом (справа) мультиплексировании потоков

Слева на рисунке 2.4 показаны потоки трех отдельных источников при жестком разделении полосы магистрали (статическое мультиплексирование) между ними. Справа – потоки тех же источников в магистральном канале при работе алгоритма статистического мультиплексирования. При этом достигается выигрыш в полосе dC.

Рассмотрим вариант статистического мультиплексирования более подробно. Допустим, имеются *n* отдельных (парциальных) источников.

Пусть процессы (рисунок 2.5) $\xi_1(M[\xi_1], D[\xi_1]),\ldots,\xi_n(M[\xi_n], D[\xi_n])$ имеют одинаковые средние $M[\xi_i]=\mu$ и дисперсии $D[\xi_i]=\sigma^2$. Тогда, при условии независимости и одинаковом распределении ξ_1, ξ_2,..., ξ_n, коэффициент вариации результирующего процесса ξ_Σ в магистральном канале:

$$\mathrm{cov}(\xi_\Sigma)=\frac{\sqrt{D[\xi_\Sigma]}}{M[\xi_\Sigma]}=\frac{\sqrt{D[\xi_1+\xi_2+\ldots+\xi_n]}}{M[\xi_1+\xi_2+\ldots+\xi_n]}=\frac{\sqrt{n\cdot D[\xi_i]}}{n\cdot M[\xi_i]}=\frac{\sigma}{\mu\sqrt{n}} \qquad 2.1$$

Как видно из (2.1), коэффициент вариации представляет собой отношение среднеквадратического отклонения процесса (σ) к его среднему (*M*). В данном случае коэффициент вариации отражает степень сглаживания результирующего процесса ξ_Σ при увеличении количества мультиплексируемых парциальных процессов.

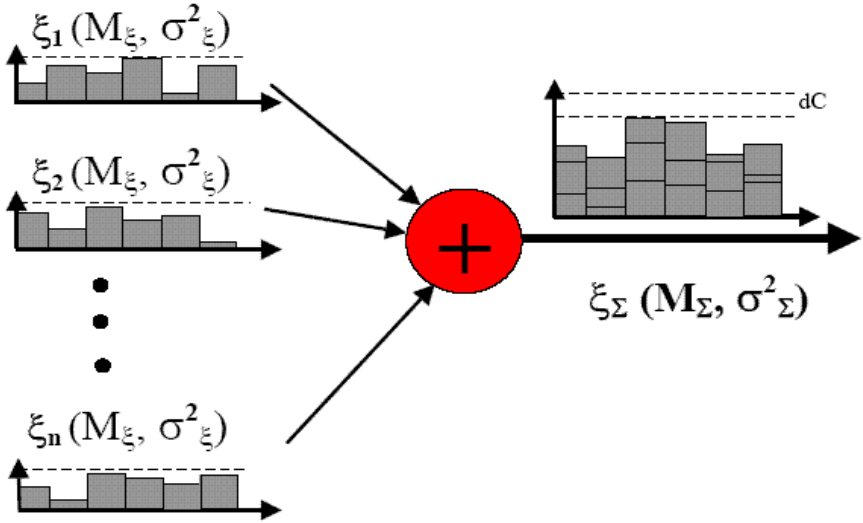


Рисунок 2.5. Схема статистического мультиплексирования $\xi_1(M[\xi_1], D[\xi_1]),\ldots,\xi_n(M[\xi_n], D[\xi_n])$ с получением в магистральном канале процесса ξ_Σ

Эффект сглаживания процесса ξ_Σ при росте *n* достигается благодаря более быстрому росту среднего (*M*) процесса ξ_Σ, по сравнению с его среднеквадратическим отклонением (σ). Принципиальным является то, что среднее (*M*) сравнивается с σ, а не с дисперсией. Это делается для получения безразмерной оценки степени сглаженности (*коэффициента вариации в данном случае*).

Более того, в соответствии с центральной предельной теоремой (ЦПТ) теории вероятностей при увеличении *n* должна также происходить нормализация процесса ξ_Σ.

Нужно отметить, что сглаживание происходит независимо от степени самоподобия парциальных потоков. Другими словами, процесс в магистральном канале настолько является самоподобным, насколько парциальные потоки обладают свойством самоподобия, но при этом он является более сглаженным.

Однако на практике чаще всего ресурсы магистрального канала (полоса, буферы коммутаторов, маршрутизаторов) много меньше, чем суммарная потенциальная интенсивность мультиплексируемых процессов, что определяет эффективность системы [7]. Как результат – парциальные потоки при сложении, например, в буфере ограниченного объема, теряют независимость.

Эксперименты показали, что при *n=60* (и при работе широко распространенной реализации протокола *TCP*) реально измеренное значение $cov(\xi_\Sigma)$ больше рассчитанного по формуле (2.1) на 300%.

Типичный вид агрегированного сетевого трафика показан на рисунке 2.6.

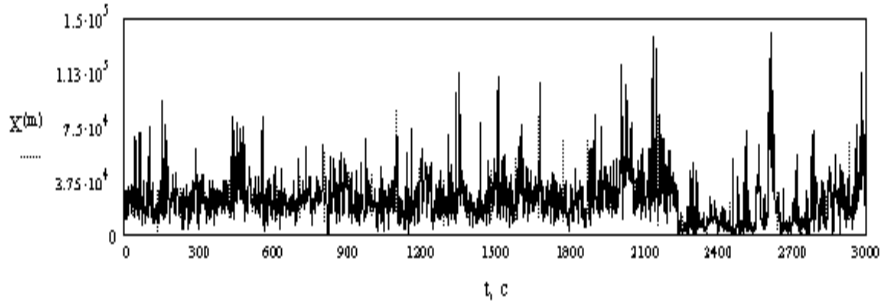


Рисунок 2.6 – Усредненная по блокам длины m = 1 с реализация lbl-pkt-5 [7]

Каждая точка на данном графике представляет собой количество октетов, переданных в магистральном канале за интервал времени в 1 секунду. Длительность реализации составляет 3000 точек или 50

минут. Коэффициент Хёрста соответствует примерно 0.8. Как видно из рисунка, процесс имеет высокую изменчивость (поскольку подчиняется распределению с тяжелым хвостом) и его вряд ли можно назвать сглаженным. Для того чтобы передать такой поток пакетов без потерь, пропускная способность канала должна соответствовать уровню пиковых выбросов, то есть в данном случае должна быть не менее $1{,}4 \bullet 10^5$ бит/с. Пропускная способность будет расходоваться неэффективно, поскольку средняя скорость потока весьма невелика. Для управления интенсивностью передаваемых по сети потоков данных компания Cisco Systems в настоящее время рекомендует использовать механизмы формирования трафика (Traffic Shaping, TS) и защиты трафика (Traffic Policing, TP) [8].

Суть этих алгоритмов, заключается в следующем:

- с помощью алгоритма TS обеспечивается сглаживание трафика и пересылка пакетов потока с постоянной интенсивностью (согласованной скоростью передачи) путем постановки в очередь (буферизации) пакетов, интенсивность приема которых превысила среднее значение;
- механизм TP, в свою очередь, просто отбрасывает пакеты, интенсивность которых выше согласованной скорости передачи.

С одной стороны, так как TS не допускает отбрасывания пакетов, это делает его привлекательным для управления передачей информации реального времени (голос, реальное видео). С другой стороны, TS вносит задержки, связанные с буферизацией, что отрицательно сказывается на характеристиках трафика реального времени.

С момента открытия свойства самоподобия сетевого трафика появилось много работ, посвященных предсказанию интенсивности трафика. Возможность прогнозов трафика обязана свойству длительной памяти процессов и теоретически должна обеспечить повышение коэффициента использования канала и общей эффективности телекоммуникационных систем (рисунок 2.7).

Прогнозирование телетрафика играет значительную роль при разработке алгоритмов работы сети, повышающих качество доставки информации. Операторы и провайдеры телекоммуникационных услуг, например, заинтересованы в возможностях долгосрочного прогнозирования загрузки собственной сети для планирования ее своевременного развития.

Дадим определения *строго* и *асимптотически самоподобных в широком смысле случайных процессов* дискретного аргумента и укажем их связь с *самоподобными процессами в узком смысле* и с *процессами с медленно убывающей зависимостью*. Следует заметить, что теория самоподобного телетрафика проходит относительно ран-

нюю стадию своего развития, по этой причине существуют некоторые различия в терминологии и даже в определениях.

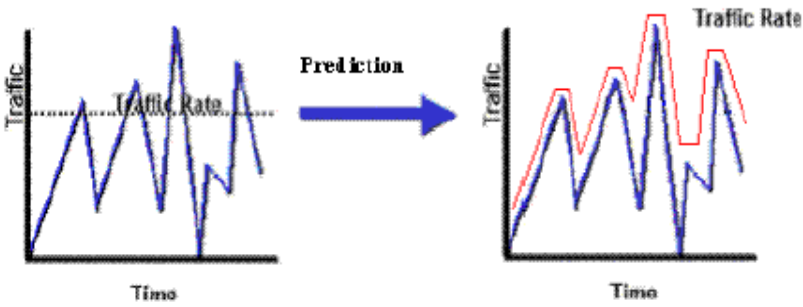


Рисунок 2.7. Возможный вариант работы алгоритма прогнозирования сетевого трафика (traffic-prediction)

Допустим, что процесс ***X*** имеет автокорреляционную функцию следующего вида:

$$r(k) \sim k^{-\beta} L_1(k), \qquad k \to \infty \tag{2.2}$$

где *0*<β<*1* и *L1* – медленно меняющаяся на бесконечности функция, то есть

$\lim_{t \to \infty} \frac{L_1(tx)}{L_1(t)} = 1$ для всех x > 0 (примерами медленно меняющейся функции могут служить *L1(t) = const*, *L1(t) = log(t)*).

Обозначим через $X^{(m)} = (X_1^{(m)}, X_2^{(m)}, \ldots)$ - усредненный по блокам длины *m* процесс ***X***, компоненты которого определяются равенством

$$X_t^{(m)} = (X_{tm-m+1} + \ldots + X_{tm})/m,\ m,\ t \in N \tag{2.3}$$

Будем называть такой ряд *агрегированным*.

Обозначим через $r_m(k)$, $b_m(k)$ и $V_m = b_m(0)$ коэффициент корреляции, автоковариацию и дисперсию процесса $X^{(m)}$ соответственно.

Приведем определение строго самоподобного в широком смысле процесса.

Определение: Процесс *X* называется *строго самоподобным в широком смысле* [ССШС] (exactly second-order self-similar) с параметром Хёрста $H=1-(\beta/2)$, $0<\beta<1$, если

$$r_m(k)=r(k),\ k \in Z,\ m \in \{2, 3\ldots\}, \qquad (2.4)$$

то есть процесс ССШС не меняет свой коэффициент корреляции после усреднения по блокам длины m.

Другими словами, процесс X является ССШС, если агрегированный процесс $X(m)$ неотличим от исходного процесса $\boldsymbol{X}$, как минимум в отношении статистических характеристик второго порядка.

Вместе с понятием ССШС существует понятие просто самоподобного процесса, которое для большего терминологического различия мы будем называть самоподобным в узком смысле процессом (СУС).

Определение: Процесс $\boldsymbol{X}$ называется *самоподобным в узком смысле* (СУС) [strictly self-similarity] с параметром $H=1-(\beta/2)$, $0<\beta<1$, если справедливо выражение

$$m^{1-H} X^m = X,\ m \in N, \qquad (2.5)$$

которое понимается в смысле равенства распределений.

Связь между процессами ССШС и СУС аналогична связи между процессами, стационарными в широком и узком смыслах.

Исследователи, изучая трафик сетей с КП (компьютерных, сигнальных), измерили параметр Хёрста (Hurst parameter, H), названный так в честь британского климатолога Хёрста, и обнаружили, что последний для сетевого трафика находится в интервале (0,5 – 1,0). На качественном уровне такой самоподобный трафик имеет *взрывной* (пульсирующий) характер (burstiness) на многих масштабах временной оси. В отличие от этого, при $0<H\leq 0.5$ отклонения процесса от среднего являются чисто случайными и не зависят от предыдущих значений, что соответствует случаю броуновского движения (БД).

Свойство длительной памяти (при $0.5<H<1.0$) характерно для половодий Нила, *сетевого трафика*, процессов, происходящих на финансовых рынках и пр.

Наиболее интересная черта самоподобных процессов – медленное убывание автокорреляционной функции агрегированного процесса X(m) при $m \to \infty$, в отличие от распространенных стохастических моделей, для которых выполняется условие (2.6):

$$r_m(k) \to 0,\ m \to \infty,\ k \in N, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.6)$$

На качественном уровне, в соответствии со свойствами (2.3) и (2.4), можно предположить, что самоподобный процесс при достаточно больших значениях m выглядит менее сглаженным, более неравномерным (то есть обладает большей дисперсией), чем процесс, удовлетворяющий выражению (2.6). Неравномерность процесса показана на рисунке 2.3.

Поведение процесса ***X*** при агрегировании (2.3) имеет принципиальное значение, поскольку некоторые процессы в теории сетей, например, *буферизация*, *выделение полосы*, можно рассматривать как оперирование именно с агрегированным процессом.

Контрольные вопросы

1. На какие группы делятся службы широкополосных сетей?
2. Укажите две группы параметров трафика, характеризующие источник информации мультисервисной сети.
3. Приведите примеры служб, передающих данные с постоянной скоростью (не используется статистическое мультиплексирование, паузы при передаче не обнаруживаются).
4. Что понимают под самоподобием телетрафика?
5. Поясните с помощью диаграмм механизмы статического и статистического мультиплексирования информационных потоков.
6. Поясните сущность механизмов формирования трафика (Traffic Shaping, TS) и защиты трафика (Traffic Policing, TP).

Библиография

1. Криштофович А.Ю. Самоподобие трафика сети ОКС №7. – МКИССиТ, Санкт-Петербург, 2002 г.
2. Петров В.В., Богатырев Е.А. Самоподобие трафика в компьютерных сетях. 58-я Научная сессия, посвященная Дню радио, Москва 2003.
3. W.E. Leland, M.S. Taqqu, W. Willinger, and D.V. Wilson. On the self-similar nature of ethernet traffic (extended version).IEEE/ACM Transactions of Networking, 2(1):1-15, 1994.
4. Петров В.В. То, что вы хотели знать о самоподобном телетрафике, но стеснялись спросить, 2003 (v_petrov@skc.ru)
5. Цыбаков Б.С. Модель телетрафика на основе самоподобного случайного процесса.// Радиотехника-№5, с. 24-31, 1999г.
6. Уайндер С. Справочник по технологиям и средствам связи. – М.: “Мир”, 2000.
7. Internet traffic archive http://ita.ee.lbl.gov/

Глава 3 Классическая концепция построения телекоммуникационных сетей

3.1 История развития сетей связи

История развития сетей связи до 60-х годов 20-го века

ТЕЛЕФОНИЯ:

- РЕЧЬ (0,3-3,4кГЦ) {критичные параметры: разборчивость, эхо};
- способ коммутации – КК.

НИЗКОСКОРОСТНАЯ ПД:

- ТЕЛЕГРАММЫ;
- ПД (критичные параметры: *потери, искажения*);
- способ коммутации – КП.

Эволюция систем коммутации

СИСТЕМЫ КОММУТАЦИИ С КК:

- электромеханические (ДШ, АТСК);
- квазиэлектронные (КЭАТС);
- электронные (ЦСК).

МАРШРУТИЗАТОРЫ и КОММУТАТОРЫ СЕТЕЙ С КП:

- X.25;
- Frame Relay;
- ATM;
- Internet.
- и др.

Эволюция сред и систем передачи

ЭВОЛЮЦИЯ СРЕД ПЕРЕДАЧИ:

- кабели с медными проводниками;
- радио;
- кабели с оптоволокном.

ЭВОЛЮЦИЯ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ:

- с ЧРК;
- с ВРК (малоканальные) ИКМ -12,15;
- PDH (E1-32, E2-120, E3-480, E4-1920);
- SDH (STM-1-155 Мбит/с – 2000 каналов,
  STM-4-622 Мбит/с – 8000 каналов,
  STM-16-2,5 Гигабит/с – 32000 каналов,
  STM-64-10 Гбит/с – 128000 каналов).

Этапы эволюции телекоммуникационных систем

1. Этап построения отдельных сетей для различных служб (до 1980г): ТфОП, Телекс, X.25, ARPANET (предтеча Internet), …
2. Разработка и внедрение N-ISDN, интеграция сетей и услуг (80-88гг):
   - концептуальное описание услуг и ресурсов,
   - разработка открытых информационных протоколов и интерфейсов,
   - разработка протоколов общеканальной сигнализации (DSS1, CCS7);
3. Разработка концепции интеллектуальной сети (IN) на базе SS [Supplementary Service] (88-96г.г.);
4. Успехи в разработке пакетных технологий для трафика реального времени (88-96гг):
   - классификация трафика,
   - концепция Quality of Service - QoS
5. Успехи в увеличении пропускной способности СП (SDH, DWDM – 90-е годы);
6. Широкое внедрение протоколов IP, Internet и современных услуг (90-е годы);
7. Успехи в развитии мобильных сетей и услуг (90-е годы);
8. Конвергенция сетей и услуг (КК-КП – 1996-2003 г.г.).

Этапы эволюции телекоммуникационных сетей (рисунок 3.1)

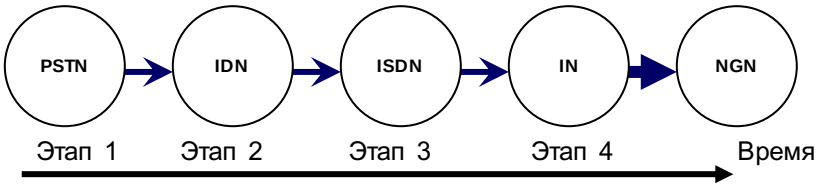


Рисунок 3.1. Этапы эволюции телекоммуникационных сетей

Преимущества существующей технологии КК, используемой традиционными операторами:

- *относительно высокое качество* предоставления услуг телефонии:
  - разборчивость речи: 4,2 - 4,5 (по пятибалльной шкале MOS);
  - качество доступа к услуге и обслуживания вызова определяются показателями первичной сети и коэффициентом эф-

фективных вызовов (КЭВ), малым временем установления соединения, низким процентом потерянных вызовов;

- надежность определяется готовностью объектов первичной и вторичной сетей;

- соответствие возможностей ССОП по пропускной способности большинству (85-90%) терминалов пользователей;
- большой опыт эксплуатации и предоставления услуг ССОП;
- сложившаяся десятилетиями и хорошо отработанная схема взаиморасчетов между операторами.

Современный этап эволюции телекоммуникаций характеризуется:

1. Лавинообразным ростом трафика данных, по сравнению с трафиком телефонии;
2. Насыщением рынка речевых услуг;
3. Неудовлетворенным спросом на интеллектуальные и широкополосные услуги;
4. Высокими темпами роста многофункциональных терминалов (ПК);
5. Возрастающей конкуренцией со стороны альтернативных операторов (как по новым услугам, так и по речевым);
6. Значительной реструктуризацией рынка телекоммуникационных услуг. Возникновением инфокоммуникационных услуг. Появлением новых участников рынка (поставщиков услуг, поставщиков информации, посредников).

На фоне этого очевидны недостатки существующих технологий обеспечения и предоставления услуг традиционными операторами:

1. Крайне низкая эффективность использования пропускной способности СП;
2. Крайне низкая масштабируемость существующей технологии КК и услуг:
   - введение услуг IN связано с большими затратами на модернизацию программных средств (Software, SW);
   - введение широкополосных услуг практически невозможно;
   - закрытость внутрисистемных интерфейсов не позволяет оператору свободно выбирать поставщиков и модернизировать аппаратные средства (Hardware, HW);
3. На фоне быстрого увеличения пропускной способности магистрали особенно остро встала проблема доступа к ней пользователей АТС с КК (только со скоростью 64 Кбит/с);
4. Крайне высокие эксплуатационные издержки вследствие отсутствия современных автоматизированных систем управления;
5. Отсутствие у традиционных операторов опыта в продаже широкополосных и интеллектуальных услуг.

Из этого можно сделать выводы:

- существующее положение традиционных операторов – предвестник системного кризиса;
- отсталой является не только материально-техническая база (даже при наличии высоких показателей цифровизации телефонных сетей, когда пользователь получает по умолчанию канал со скоростью передачи V= 64 кбит/с);
- более серьезным является отставание от новых конкурентов в методах управления (трафиком, услугами, элементами сети), ма́ркетинге.

В этих условиях выживание возможно только при комплексной и последовательной модернизации всех систем оператора:

- переход на современные транспортные сети (IP/MPLS, IP/GE, ATM, DWDM);
- модернизация доступа;
- модернизация технической системы поддержки, обеспечения и развития интеллектуальных услуг;
- модернизация системы ма́ркетинга;
- создание системы управления качеством услуг на основе ISO 9000:2001.

3.2 Концептуальные положения по построению мультисервисных сетей на ВСС России

Термины и определения

В Концептуальных положениях [1] используются следующие термины и определения:

Сеть связи следующего поколения (*Next Generation Network, NGN*) – концепция построения сетей связи, обеспечивающих предоставление неограниченного набора услуг с гибкими возможностями по их управлению, персонализации и созданию новых услуг за счет унификации сетевых решений. Предполагает реализацию универсальной транспортной сети с распределенной коммутацией, вынесение функций предоставления услуг в оконечные сетевые узлы и интеграцию с традиционными сетями связи.

Мультисервисная сеть (МС) – это сеть связи, построенная в соответствии с концепцией NGN и обеспечивающая предоставление неограниченного набора услуг.

Мультипротокольная сеть – транспортная сеть связи, входящая в состав мультисервисной сети, обеспечивающая перенос разных видов информации с использованием различных протоколов передачи.

Инфокоммуникационная сеть (ранее применялись также термины «информационная сеть», «компьютерная сеть» и др.) – это технологическая система, которая включает в себя кроме средств доставки также *средства хранения, обработки и поиска информации* и предназначена для обеспечения пользователей услугами связи и доступом к необходимой информации.

Конвергенция – процесс постепенного сближения различных по своему назначению технологий и служб связи с целью унификации оборудования и расширения его функциональных возможностей.

Процессы *интеграции* и *конвергенции* телекоммуникационной отрасли и средств *информатизации* будут способствовать в период до 2015 г. превращению телекоммуникационных сетей в *инфокоммуникационные сети*.

Мультисервисность – поддержка множества услуг одной сетью.

Мультипротокольность – возможность доставки информации независимо от того, какими протоколами созданы протокольные блоки данных.

Инфокоммуникационная услуга (услуга информационного общества) – услуга связи, предполагающая автоматизированную обработку, хранение или предоставление по запросу информации с использованием средств вычислительной техники, как на входящем, так и на исходящем конце соединения.

По функциональному признаку сети ВСС разделяются на *сети доступа* и *транспортные сети*.

Транспортной является та часть сети связи, которая выполняет функции переноса (транспортировки) потоков сообщений от их источников из одной сети доступа к получателям сообщений другой сети доступа путем распределения этих потоков между сетями доступа.

Сетью доступа сети связи является та ее часть, которая связывает источник (приемник) сообщений с узлом доступа, являющимся граничным между сетью доступа и транспортной сетью.

По типу присоединяемых абонентских терминалов сети ВСС разделяются на:

- *сети фиксированной связи*, обеспечивающие присоединение стационарных абонентских терминалов;
- *сети подвижной связи*, обеспечивающие присоединение подвижных (перевозимых или переносимых) абонентских терминалов.

Сети традиционно разделяются на *первичные* и *вторичные* по способу организации каналов.

Первичная сеть представляет собой совокупность каналов и трактов передачи, образованных оборудованием узлов и линий передачи

(или физических цепей), соединяющих эти узлы. Первичная сеть предоставляет *каналы передачи* (физические цепи) для вторичных сетей для образования *каналов связи*.

Вторичная сеть представляет собой совокупность каналов связи, образуемых на базе первичной сети путем их *маршрутизации* и *коммутации* в узлах коммутации и организации связи между абонентскими устройствами пользователей.

Классификация сетей по территориальному делению:

- *магистральная* – это сеть, связывающая между собой узлы центров субъектов Российской Федерации и узлы центра Российской Федерации. Магистральная сеть обеспечивает транзит потоков сообщений между зоновыми сетями и связанность ВСС, является стратегически важным компонентом ВСС;
- *зоновые* (или региональные) – это сети связи, образуемые в пределах территории одного или нескольких субъектов Российской Федерации (регионов);
- *местные* – это сети связи, образуемые в пределах административной или определенной по иному принципу территории и не относящиеся к региональным сетям связи. Местные сети подразделяются на *городские* и *сельские*;
- *международная* – это сеть общего пользования, присоединенная к сетям связи иностранных государств.

По кодам нумерации сети разделяются на два класса:

- *сети кода ABC* – это сети стационарной связи, охватывающие территорию 8-миллионной зоны нумерации ABC;
- *сети кода DEF* – это сети мобильной связи, которым выделен код DEF.

По числу служб электросвязи сети бывают:

- *моносервисные*, предназначенные для организации одной службы электросвязи (например, радиовещания);
- *мультисервисные*, предназначенные для организации двух и более служб электросвязи (например, телефонной, факсимильной и нескольких мультимедийных служб).

Классификация вторичных сетей по видам коммутации:

- *некоммутируемые сети*;
- *коммутируемые сети* (с коммутацией каналов, сообщений, пакетов).

По характеру среды распространения сети разделяются на *проводные, радио* и *смешанные*. В свою очередь, радиосети делятся на *спутниковые и наземные*.

Услуга переноса (bearer service) – услуга связи, заключающаяся в прозрачной доставке информации пользователя между сетевыми окончаниями без какого-либо анализа или обработки ее содержания.

Поставщик услуги (Service Provider, SP) – индивидуальный предприниматель или юридическое лицо, предоставляющее инфокоммуникационную услугу связи и не обладающее собственной инфраструктурой связи.

Поставщик информации (*Content Provider, CP*) – индивидуальный предприниматель или юридическое лицо, предоставляющее информацию поставщику услуги для ее распространения или предоставления пользователям по сети оператора связи.

Современный этап развития мировой цивилизации характеризуется переходом от *индустриального к информационному обществу*, предполагающему наличие новых форм социальной и экономической деятельности, которые базируются на массовом использовании информационных и телекоммуникационных технологий.

Технологической основой информационного общества является *Глобальная Информационная Инфраструктура* (Global Information Infrastructure, GII) [4, 5], которая должна обеспечить возможность доступа к информационным ресурсам каждого жителя планеты без дискриминации. Информационную инфраструктуру составляет совокупность баз данных, средств обработки информации, взаимодействующих сетей связи и терминалов пользователя. Доступ к информационным ресурсам в GII реализуется посредством услуг связи нового типа, получивших название *услуг информационного общества* или *инфокоммуникационных услуг*. Наблюдаемые в настоящее время высокие темпы роста объемов предоставления инфокоммуникационных услуг позволяют прогнозировать их преобладание на сетях связи в ближайшем будущем. В наше время (начало 21-го века) развитие инфокоммуникационных услуг осуществляется, в основном, в рамках Internet, доступ к услугам которой обеспечивается через традиционные сети связи. В то же время в ряде случаев услуги Internet, ввиду ограниченных возможностей её транспортной инфраструктуры, не отвечают современным требованиям, предъявляемым к услугам информационного общества. В связи с этим развитие инфокоммуникационных услуг требует решения задач эффективного управлении информационными ресурсами с одновременным расширением функциональности сетей связи. В свою очередь, это стимулирует процесс интеграции Internet и традиционных сетей связи.

Конвергенция сетей, обусловленная необходимостью одновременной передачи потоков информации, чувствительных к задержке,

джиттеру, потерям, а также потоков данных, породила две глобальные технические проблемы:

- необходимость поддержки большого разнообразия систем сигнализации, используемых в каждой из объединяемых сетей, базирующихся на технологиях TDM, ATM, IP и др.;
- "конвергенция услуг связи" (наряду с "конвергенцией сетей") - ввод новых инфокоммуникационных услуг с универсальным доступом к ним из ССОП, ISDN, интеллектуальной сети (IN), сети IP.

В большинстве существующих сетей внедрение новой услуги означает модификацию или замену функционирующих узлов и средств доступа на новые устройства, использующие способ коммутации пакетов. Этот процесс является длительным и дорогостоящим. Чтобы услуга была прибыльной, операторы сетей должны иметь возможность вводить новые услуги, не затрагивая средства транспортировки данных.

Методы коммутации

В таблице 3.1 приведена классификация систем цифровой коммутации. Здесь используются следующие обозначения:

- КК - коммутация каналов;
- КП - коммутация пакетов;
- ПРК, ЧРК, ВРК - пространственное, частотное и временное разделение каналов;
- СВРК, АВРК - синхронное и асинхронное временное разделение каналов;
- БКП, КП - быстрая и обыкновенная коммутация пакетов;
- АМП - асинхронный метод передачи (Asynchronous Transfer Mode, ATM).

Таблица 3.1. **Классификация систем цифровой коммутации**

Коммутация каналов				Коммутация пакетов	
ПРК	ЧРК	ВРК		АМП/БКП	КП
		СВРК	АВРК		

К коммутационным системам сетевых узлов предъявляются следующие требования:

- независимость структуры и свойств от вида службы;
- высокая производительность;
- адаптация к различным скоростям передачи в каналах и трактах первичной сети;
- высокое использование полосы частот для трафика пачечного типа;

- высокая гибкость.

Высокая производительность необходима для поддержки мультимедийных приложений, а гибкость необходима из-за невозможности предсказания скорости передачи, которая может потребоваться для разнообразных служб. Высокая гибкость означает предоставление прозрачного доступа для потоков пользователей через интерфейс "пользователь - сеть", то есть отсутствие ограничений на структуру кадра или пакета и на способ синхронизации.

Гибкость систем коммутации и сети в целом основывается на динамическом распределении сетевых ресурсов (режимов коммутации, скоростей передачи). В случае передачи речи с использованием метода КП трудности состоят в том, чтобы обеспечить задержку кадров «из конца в конец» не более чем на 50 мс. (Рекомендация ITU-T G.131) [4] и вероятность блокировки не более 10^{-6}.

Для того, чтобы показать сложность решения задачи выбора технологии коммутации, рассмотрим возможности, достоинства и недостатки известных способов коммутации. Все известные способы разделения цифровых каналов делят на две группы: *синхронные* и *асинхронные*.

Напомним тот факт, что при синхронном временном разделении каналов каждый канал закреплён за физическим соединением безотносительно к тому, передаётся по нему информация или нет. Установленное в сети или в коммутационном поле узла соединение однозначно определяется временными интервалами, которые оно занимает во всех звеньях соединительного тракта. Использование СВРК в мультисервисной сети для многих служб проблематично из-за высокой пачечности. Для повышения использования каналов паузы в передаче отдельных источников могут заниматься для передачи данных других источников. Такая идея используется при асинхронном временном разделении каналов (АВРК). Применение АВРК позволяет не закреплять жёстко временной интервал за каналом и за источником. Идентификация информации пользователя обеспечивается благодаря присвоению ей адреса. При АВРК обеспечивается *статистическое мультиплексирование*, то есть обнаружение окон (пауз) в кадре системы передачи и заполнение их информацией из буферов, где заявки источников ожидают начала передачи. При статистическом мультиплексировании легко учесть приоритеты источников информации, что очень важно для мультисервисной сети, где интегрируется много служб с существенно отличающимися характеристиками. Концепция коммутации в мультисервисной сети основана на применении АВРК и установлении *виртуальных соединений*. В соответствии с

этой концепцией для транспортировки информации всех служб используется унифицированный кадр фиксированной длины.

В таблице 3.2 приведены достоинства и недостатки известных способов коммутации. Многоскоростная коммутация каналов (МСКК) может использоваться в сетях, поддерживающих службы с разными скоростями ПД. Отличие многоскоростной КК от обычной КК состоит в возможности предоставления пользователям составного канала с полосой пропускания в N раз большей, чем базовая полоса. Базовая полоса (скорость) выбирается из соображений удовлетворения требований большинства пользователей сети (например, V=64 Кбит/с). Способ БКК позволяет лучше использовать сетевой ресурс (полосу частот канала) благодаря возможности предоставления канала новому требованию в паузах речевого сигнала.

В основе БКП лежат те же принципы, что и при КП. Отличия состоят в том, что существенно повышаются скорости передачи по каналу и коммутации в коммутационных полях станций, так как в коммутаторах мультисервисной сети должны коммутироваться кадры, поступающие по волоконно-оптическим линиям связи.

Технические средства передачи с высокими скоростями (десятки гигабит в секунду) достигли прогресса существенно ранее, чем средства коммутации с такими же скоростями. Поэтому сдерживающим фактором в повышении скорости передачи информации между установками пользователей в коммутируемой сети до недавнего времени были “низкоскоростные” коммутационные поля станций и узлов.

Решение задачи высокоскоростной коммутации было найдено благодаря:

- использованию короткого (53 байта) фрейма (ячейки);
- буферированию ячеек на каждом входе (порте) коммутатора;
- упрощению структуры коммутационного поля;
- упрощению алгоритма коммутации.

Таблица 3.2. **Сравнение способов коммутации**

Способ коммутации	Достоинства	Недостатки
Коммутация каналов (КК)	1. Не требуются ресурсы сети для обработки сообщений; 2. задержка сообщений минимальна (она равна времени установления соединения $t_{ус}$).	1. Невозможно изменение полосы пропускания канала; 2. невозможна интеграция в одной сети видов служб с разными скоростями передачи; 3. низкое использование полосы пропускания канала.
Многоскоростная коммутация (МСКК)	1. Возможность изменения полосы пропускания канала; 2. задержка сообщения минимальна.	1. Низкое использование канала при пачечном трафике; 2. высокая сложность системы синхронизации; 3. необходимость установления большого количества соединений для высокоскоростных служб; 4. необходимость выбора низкой базовой полосы пропускания канала.
Быстрая коммутация каналов (БКК)	1. Возможность изменения полосы пропускания канала благодаря передаче пакетов данных в паузах речевого сигнала; 2. улучшенное использование полосы канала при трафике пачечного типа; 3. задержка сообщения мала.	1. При перегрузках быстро растут потери; 2. при перегрузках часть речевых отрезков теряется; 3. для передачи каждого сообщения (в паузах речевого сигнала) необходимо устанавливать соединение за время $t_{ус} < 140$ мс, чтобы межконцевые задержки не превышали предельно допустимой величины.
Быстрая коммутация пакетов (БКП)	1. Динамическое изменение скорости передачи (полосы пропускания канала); 2. малая вероятность ошибки; 3. простота протоколов сетевого (3) и уровня звена данных (2); 4. малая величина задержки; 5. хорошее использование ресурсов при пачечном трафике; 6. гибкость в условиях перегрузки.	1. Потери скорости передачи из-за необходимости включения адреса в каждый пакет; 2. усложнение коммутационных полей.
Способ КП	1. Динамическое изменение скорости передачи; 2. высокое использование ресурсов сети при пачечном трафике.	1. Задержка доставки речевой информации может быть недопустимо большой; 2. высокая сложность протоколов звеньевого и сетевого уровней; 3. большая зависимость задержки сообщений от поступающей нагрузки.

Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте преимущества существующей технологии КК, используемой традиционными операторами.
2. Что понимают под первичной сетью?
3. Что понимают под вторичной сетью?
4. Что понимают под терминами: «*Сеть связи следующего поколения»,* «*Мультисервисная сеть (МС)»,* «*Мультипротокольная сеть», «Инфокоммуникационная сеть», «Сеть связи общего пользования* (ОП)*»?*
5. Дайте определение терминов: «*Транспортная сеть», «Первичная сеть», «Вторичная сеть», «Услуга переноса (bearer service)».*
6. Что понимают под термином «*Глобальная Информационная Инфраструктура* (Global Information Infrastructure, GII)»?.
7. Какие методы коммутации Вы знаете?

Библиография

1. Концептуальные положения по построению мультисервисных сетей на ВСС России. - М: Минсвязи, 2001
2. Рекомендация ITU-T E.550 Качество обслуживания вызовов и новые эксплуатационные характеристики международных телефонных коммутационных станций
3. ITU-T Recommendation G.131 (08/96) Control of talker echo
4. Рекомендация МСЭ-Т Y.110 "Принципы и архитектура глобальной информационной инфраструктуры" (ITU-T Rec. Y.110 "Global Information Infrastructure principles and framework architecture") 1998, June.
5. Рекомендация МСЭ-Т Y.120 "Методологические подходы к глобальной информационной инфраструктуре" (ITU-T Rec. Y.120 "Global Information Infrastructure scenario methodology"). 1998, June.

4 Общая архитектура сетей нового поколения (NGN)

4.1 Проблемы перехода к сети нового поколения

Сложность создания NGN заключается в том, что сети фиксированной, мобильной связи и Internet построены по разным стандартам и используют индивидуальное программное обеспечение (ПО), что тормозит развитие рынка услуг.

Главная задача телекоммуникационного сообщества – создание такой архитектуры сети, чтобы ПО предоставления услуг не зависело от вида сети или технологии доставки информации (например, для карты с предоплатой или предоставления интеллектуальной услуги 800 «Free Phone»).

Решение этой задачи призвана обеспечить *концепция открытого доступа к услугам* (Open Service Access, OSA). Одна из практических реализаций этой концепции – архитектура Parlay.

Для построения мультисервисной сети необходимы следующие средства:

- *транспортные каналы и протоколы, способные поддерживать доставку информации любого типа (речь, видео, данные)*;
- *оборудование доступа к такой сети*;
- *разнообразные терминальные устройства*.

Требуется объединить существующие сети разных операторов (традиционные ССОП, сети мобильной связи и IP-сети) в единую сеть. Это же можно назвать конвергенцией существующих сетей, принадлежащих разным операторам, и технологий, что является общепринятым решением проблемы. Но это "просто" только на первый взгляд.

Сегодня еще нет технологий, которые бы полностью удовлетворяли запросам перспективной мультисервисной сети. Однако технологические решения, способные стать ее основой, существуют уже сейчас, то есть можно построить прообраз мультисервисной сети, который со временем сможет эволюционировать к мультисервисной сети будущего.

Функциональная модель NGN [2] принципиально отличается от использовавшихся до сих пор моделей телекоммуникационных сетей. В частности, узлы PSTN выполняют множество функций:

- обработка вызова с помощью обмена сигнальной информацией;

- маршрутизация;
- коммутация каналов;
- предоставление ограниченного набора услуг (справочных);
- сбор и обработка данных о длительности сеанса связи;
- тарификация и др.

Интерфейсы между этими функциями не стандартизованы международными организациями стандартизации, являются фирменными. Это свойство узлов старых сетей (PSTN, PDN) не позволяет операторам сетей и провайдерам услуг самостоятельно модифицировать функции сетевых устройств и обеспечивать их согласование с помощью стандартных интерфейсов. Первым шагом на пути разделения жестко связанных функций узлов старых сетей стала технология ISDN. В узлах ISDN функции обработки вызовов были отделены от функций коммутации. На каждом узле была создана служба сигнализации, использующая отдельную подсеть пакетной коммутации. Топология этой подсети отличается от топологии сети, обеспечивающей коммутацию каналов, предназначенных для транспортировки данных пользователей.

Жесткая конкуренция и внедрение передовых технологий доставки информации ведут к снижению цен за пересылку данных через транспортные сети. Как операторы сетей, так и провайдеры услуг могут рассчитывать на стабильные доходы только при наличии современных высокоэффективных и расширяемых коммутационных и транспортных средств, а также при предоставлении расширенного набора услуг.

Чтобы услуга была прибыльной, операторы сетей должны иметь возможность предоставлять новые услуги, не затрагивая средства доставки информации.

Это означает создание *открытой стандартизованной архитектуры* на базе соответствующих протоколов, таких, как SIP (Session Initialization Protocol), аналогично модели, принятой в Internet. В результате пользователи получат возможность использовать новые голосовые услуги, предлагаемые провайдерами, и обращаться к новым услугам сторонних разработчиков, создаваемых с помощью технологий прикладного программирования, например, Java.

Целью международного сотрудничества является реализация стремлений программистов – создание единого прикладного программного интерфейса (API) для мировой индустрии телекоммуникаций.

4.2 Модель NGN

В концепции NGN заложена идея конвергенции существующих сетей и технологий (ССОП, сетей мобильной связи и IP-сетей).

Конвергенция (Convergence) – процесс постепенного сближения различных технологий и служб связи с целью унификации оборудования и расширения функциональных возможностей.

Сеть следующего поколения (NGN) – это концепция построения сетей связи, обеспечивающих предоставление неограниченного набора услуг с гибкими возможностями по их управлению, персонализации и созданию новых услуг за счет унификации сетевых решений. В состав NGN входит универсальная транспортная платформа с распределенной коммутацией.

Взаимодействие сетей друг с другом обеспечивается с помощью шлюзов (Gateway) – аппаратно-программных средств сопряжения сетей разнородной архитектуры с разными протоколами и форматами данных. Шлюзы выполняют основную роль при взаимодействии пакетной и телефонной сетей. Технологические решения, способные стать основой NGN, существуют уже сейчас.

Перечислим требования, которым должен удовлетворять мультисервисная сеть:

- гарантированное качество обслуживания (QoS) пользователей;
- доставка информации, чувствительной к задержке, в реальном масштабе времени;
- обеспечение передачи данных с требуемой скоростью;
- централизованное управление сетью.

Основная задача сетей нового поколения заключается в обеспечении взаимодействия существующих и новых телекоммуникационных сетей, поддерживаемых единой инфраструктурой для передачи любых видов информации (голоса, данных, видео).

Для транспортной сети следует подобрать такую технологию, которая удовлетворяла бы первым трем требованиям. Но при этом нельзя упускать из виду, что NGN должна взаимодействовать с существующими в наше время телекоммуникационными сетями и быть приспособленной к совершенствованию [3, 7].

Логично отталкиваться от наиболее развитой сегодня технологии доставки – TCP/IP и взять за основу протокол IP. Он удовлетворяет третьему требованию и, благодаря технологии VoIP (передачи речи по IP-сетям), отвечает второму.

Однако *протокол IP не обеспечивает гарантированного качества обслуживания*. Несомненным лидером в транспортных технологиях является многопротокольная коммутация с помощью меток (MPLS).

На входе в сеть MPLS IP-адресу ставится в соответствие короткий идентификатор определенного формата, которым и оперируют коммутирующие маршрутизаторы MPLS, так что им не нужно расходовать время на анализ заголовков пакетов, благодаря чему существенно сокращается общее время доставки (рисунок 4.1).

При использовании технологии MPLS соответствие между пакетом и путем (маршрутом) устанавливается один раз на входе в домен MPLS.

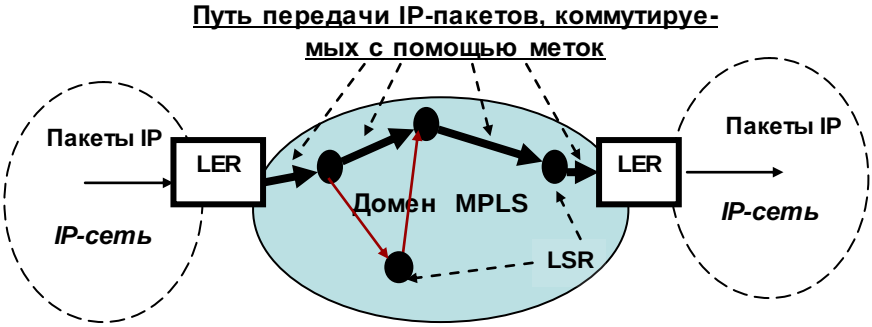


Рисунок 4.1. Пример доставки информации с помощью технологий TCP/IP и MPLS

Многопротокольная коммутация с использованием меток (Multiprotocol Label Switching, MPLS) – это способ распознавания потоков пакетов с одинаковым маршрутом и присваивания им меток, с помощью которых эти пакеты коммутируются в сетевых узлах (Label Switching Router, LSR) без полного раскрытия заголовка.

Каждый LSR содержит таблицу, которая ставит в соответствие паре "входной интерфейс, входящая метка" пару "выходной интерфейс, исходящая метка". Получив пакет, LSR определяет для него выходной интерфейс (по входящей метке и номеру интерфейса, куда пакет поступил). Входящая метка заменяется исходящей (записанной в соответствующем поле таблицы), и пакет пересылается к следующему LSR (Рисунок 4.2).

Вся операция требует лишь одноразовой идентификации значений в полях одной строки таблицы и занимает гораздо меньше времени, чем сравнение IP-адреса отправителя с адресным префиксом в таблице маршрутов при традиционной маршрутизации. Технология MPLS предусматривает два способа пересылки пакетов. При одном способе каждый маршрутизатор выбирает следующий участок марш-

рута самостоятельно (децентрализованная маршрутизация), а при другом – заранее задается цепочка маршрутизаторов (централизованная маршрутизация), которые должны коммутировать пакет. Второй способ основан на том, что маршрутизаторы на пути следования пакета действуют в соответствии с инструкциями, полученными от одного из LSR данного пути, коммутируемого с помощью меток – LSP (обычно – от нижнего, что позволяет совместить процедуру "раздачи" этих инструкций с процедурой распределения меток).

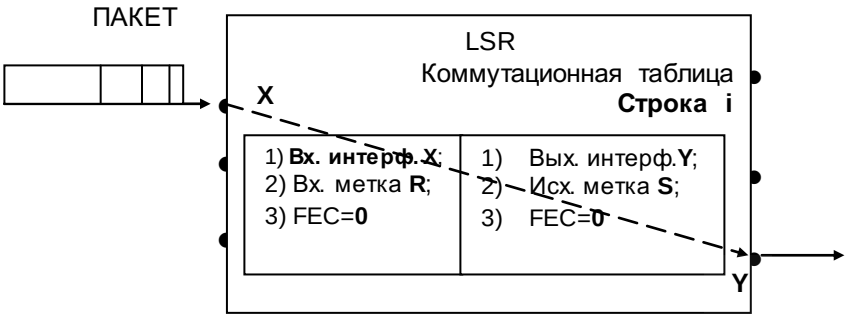


Рисунок 4.2. Коммутация пакетов с помощью меток в LSR

Поскольку принадлежность пакетов тому или иному классу доставки (Forwarding Equivalence Class, FEC) определяется не только IP-адресом, но и другими параметрами, нетрудно организовать разные LSP для потоков пакетов, предъявляющих разные требования к качеству доставки. Каждый FEC обрабатывается отдельно от остальных – не только в том смысле, что для него образуется свой LSP, но и в смысле доступа к общим ресурсам (полосе пропускания канала, буферному пространству). Поэтому технология MPLS позволяет очень эффективно поддерживать требуемое качество доставки информации, соблюдая предоставленные пользователю гарантии. Однако, для поддержки гарантированного качества доставки пакетов недостаточно использования одного протокола MPLS. Необходим симбиоз с механизмами управления трафиком и/или механизмами резервирования ресурсов, например, протоколом резервирования ресурсов (RSVP).

Физическая архитектура NGN [1, 3] приведена на рисунке 4.3.

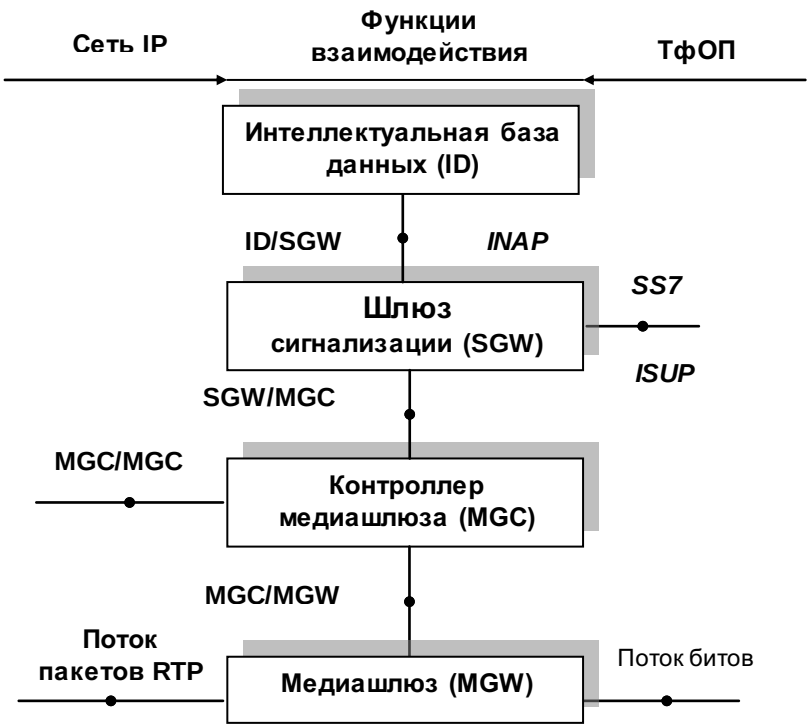


Рисунок 4.3. Физическая архитектура NGN (Rec. ITU-T Y.100)

Обозначения на рисунке 4.3:
MGC (Media Gateway Controller) - контроллер медиашлюза;
ID (Intelligent Database) – интеллектуальная база данных;
SGW (Signalling Gateway) – шлюз сигнализации;
MGW (Media Gateway) – медиашлюз;
RTP (Real Time Protocol) – протокол Internet доставки пакетов в реальном масштабе времени;
INAP (IN Application Protocol) – прикладной протокол интеллектуальной сети.

Сеть нового поколения включает, помимо транспортной платформы, платформу управления и сигнализации, реализуемую на базе новых программно-аппаратных комплексов, за которыми закреплено название Softswitch (гибкая система управления коммутацией), а также платформу серверов, обеспечивающих необходимый набор услуг. В настоящее

время разработаны универсальные открытые интерфейсы, позволяющие гибко настраивать взаимодействие между этими платформами.

В сети нового поколения *функции создания и предоставления услуг и приложений* отделяются от *функций управления вызовом и ресурсами коммутации*, а также создаются *стандартизованные интерфейсы между уровнями*, выполняющими эти функции.

Уровневая архитектура сети нового поколения приведена на рисунке 4.4.

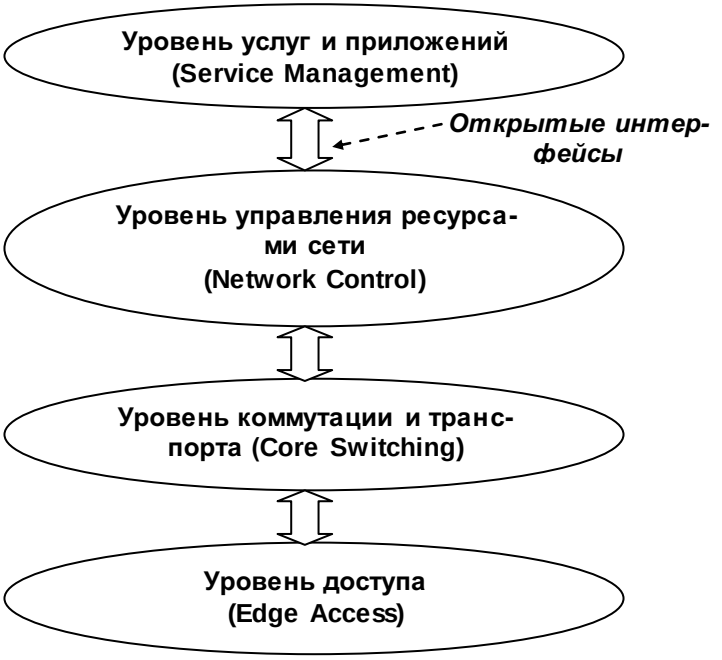


Рисунок 4.4. Уровневая архитектура сети нового поколения

В состав NGN входят сети доступа и транспортная сеть. *Сеть доступа* (Access Network) – это часть общей сети электросвязи, расположенной между пользователем сети и узлом предоставления услуг.

Транспортная сеть (Transport Network) – это часть сети электросвязи, обеспечивающая доставку информационных и служебных сигналов по заданным адресам и состоящая из ряда подсетей с возмож-

но различными принципами их организации и принадлежности к различным операторам.

На уровне доступа осуществляется подключение терминалов пользователей к сети на основе применения разнообразных средств и преобразование исходного формата данных в соответствующий формат, используемый для передачи в данной сети. На уровне доступа используются следующие устройства:

- медиашлюзы доступа (AGW);
- медиашлюзы сигнализации (SGW);
- устройства интегрированного доступа (IAD);
- медиашлюзы соединительных линий (TGW).

Медиашлюз (MGW) терминирует (доставляет) вызовы из телефонной сети, компрессирует и пакетирует голос, передает пакеты с компрессированной голосовой информацией в сеть IP, а также проводит обратную операцию для вызовов пользователей телефонной сети из сети IP. В случае вызовов, поступающих от ISDN/PSTN, медиашлюз передает сигнальные сообщения контроллеру медиашлюза. Возможны преобразования протокола сигнализации ISDN/PSTN в сообщения H.323 средствами самого медиашлюза. Медиашлюз может также поддерживать удаленный доступ, виртуальные частные сети, фильтрование трафика TCP/IP и т.п.

Медиашлюз сигнализации (SGW) находится на границе между PSTN и IP-сетью и служит для преобразования сигнальных протоколов и прозрачную доставку сигнальных сообщений из коммутируемой ISDN/PSTN в пакетную сеть. Шлюз сигнализации транслирует сигнальную информацию через сеть IP контроллеру медиашлюза или другим шлюзам сигнализации и обеспечивает взаимодействие с базами данных ID. В интеллектуальных сетях это взаимодействие происходит по протоколу INAP.

На уровне коммутации и транспорта осуществляется коммутация пакетов с помощью *маршрутизаторов* и *IP-коммутаторов уровня 3*, в которых обработка пакетов выполняется аппаратно. Эти устройства распределены в транспортной сети (WAN). На этом уровне осуществляется предоставление абонентам единообразной и интегральной платформы доставки информации с высоким качеством и большой пропускной способностью.

На уровне управления ресурсами транспортной сети осуществляется управление вызовами с использованием требуемого набора протоколов сигнализации. На этом уровне используется многофункциональный объект Softswitch (*контроллер медиашлюза*) – апофеоз совершенствования телекоммуникационных средств.

Softswitch осуществляет управление:

- вызовами;
- медиашлюзами (Media Gateway, MG);
- распределением ресурсов магистральной сети;
- обработкой сигнальных сообщений;
- аутентификацией;
- учетом стоимости услуг;
- предоставлением абонентам основных речевых услуг связи, мобильной связи, мультимедиа связи, а также интерфейсов программирования приложений (API).

Контроллер медиашлюза (Media Gateway Controller, MGC) выполняет регистрацию и управляет пропускной способностью медиашлюза, обменивается сообщениями с узлами ISDN/PSTN. Взаимодействие между MGC и GW (по протоколу MGC/GW) происходит в IP-сети.

На уровне услуг и приложений осуществляется предоставление большого разнообразия услуг, а также поддержка целостности установленных соединений. На этом уровне применяются следующие системы:

- OSS (Operation Support System) – система поддержки эксплуатации, состоящая из двух подсистем: системы управления сетью (NMS) и интегрированной системы тарификации услуг;
- AS (Application Server) – сервер приложений, используемый для создания и управления логикой различных услуг с добавленной стоимостью и услуг интеллектуальной сети, а также для предоставления инновационной платформы по разработке услуг и предоставления услуг сторонних провайдеров с помощью открытых интерфейсов (API) для программирования приложений;
- LS (Location Server) – сервер местоположения, используется для динамического распределения маршрутов между Softswitch в NGN, определяет возможность установления соединений с пунктом назначения;
- Сервер RADIUS (Remote Authentication Dial-In User Service) – сервер службы аутентификации удаленных вызывающих пользователей (используется для централизованной аутентификации пользователей, шифрования пароля, выбора услуг и фильтрации, а также централизованной тарификации услуг);
- MRS (Media Resource Server) – сервер медиаресурсов, используется для реализации функций выбора среды передачи при организации основных и услуг с добавленной стоимостью (обеспечение тональных сигналов в процессе предоставления услуг, конференцсвязи, интерактивного голосового ответа (Interactive

Voice Response, IVR), услуг записанных сообщений и речевого меню);

- SCP (Service Control Point) – узел управления услугами, является основным узлом интеллектуальной сети (IN) и используется для хранения абонентских данных и управления логикой услуг.

Протоколы управления шлюзами

В предыдущие годы были разработаны протоколы управления шлюзами:

- Simple Gateway Control Protocol (SGCP);
- Internet Protocol Device Control (IPDC);
- Media Gateway Control Protocol (MGCP), на основе которого был разработан протокол MEGACO.

В настоящее время применяется протокол MEGACO (H.248), разработанный ITU-T совместно с IETF на основе уже существовавшего к тому времени протокола управления медиашлюзом MGCP.

Протоколы взаимодействия уровня услуг и приложений с уровнем управления ресурсами

Основополагающим принципом привлечения новых клиентов является быстрое создание и внедрение требуемых им услуг и приложений. Эта задача может быть решена с помощью открытых интерфейсов прикладного программирования (Application Programming Interfaces, API's), представляющих собой набор типовых программных функций и команд, предназначенных для создания и поддержки различных служб операционной среды. Между уровнем услуг и приложений и уровнем управления ресурсами могут использоваться следующие API:

- OSA (Open Service Access, OSA) – концепция открытого доступа к услугам;
- Parlay API, JAIN, WinAPI – открытые интерфейсы прикладного программирования;
- SIP (Session Initiation Protocol) – протокол инициализации сеанса;
- XML (Extensible Markup Language) – расширяемый язык разметки, проблемно ориентированный язык для создания Web-страниц (язык одобрен консорциумом W3C (World Wide Web Consortium), который координирует с 1994 г. разработку новых сетевых технологий Internet).

Открытые интерфейсы дают операторам возможность предоставлять абонентам доступ к услугам и приложениям, расположенным как на серверах, принадлежащих этому оператору, так и серверах третьей

стороны, вне зависимости от используемого оборудования и операционной системы.

Система прикладного программирования Parlay API, как и подобные ей системы, обеспечивает конфигурирование, размещение ресурсов, сертификацию и проверку полномочий на право доступа к информации для внешних приложений Parlay, основанных на IP. С помощью Parlay API могут быть реализованы: разработка, управление и использование интеллектуальных услуг без модификации оборудования Softswitch.

Существующие сети должны иметь доступ к NGN с помощью оборудования конечного пользователя (Residential Gateway, RGW) и шлюзов для подключения различных сетей доступа (Access Gateway, AGW):

- UTRAN-UMTS (универсальная мобильная телекоммуникационная система);
- сеть радио доступа GSM (Radio Access Net GSM, RAN-GSM);
- беспроводная абонентская линия (Wireless Local Loop, WLL);
- локальная сеть (Local Area Net, LAN);
- тракты с временным разделением каналов (Time Division Multiplexing, TDM).

Функции NGN и протоколы, используемые на разных уровнях иерархии, приведены на рисунке 4.5.

На рисунке 4.6 приведена структурная схема сети нового поколения.

Транспортной основой NGN является высокоскоростная опорная сеть с коммутацией пакетов (IP/MPLS, IP/ATM). Опорная сеть с коммутацией пакетов позволяет ускорить интеграцию телефонных сетей, сетей передачи данных и сетей кабельного телевидения (КТВ).

Шлюзы выполняют функции взаимодействия сетей в процессе установления, разъединения соединений и передачи информации пользователей. В первичной сети, входящей в состав базовой пакетной сети доставки информации (IP/MPLS), используются технологии SDH/WDM.

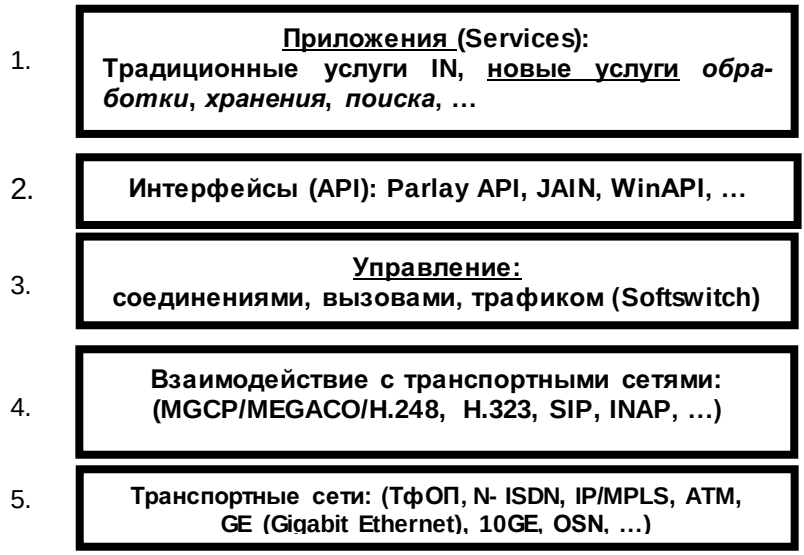
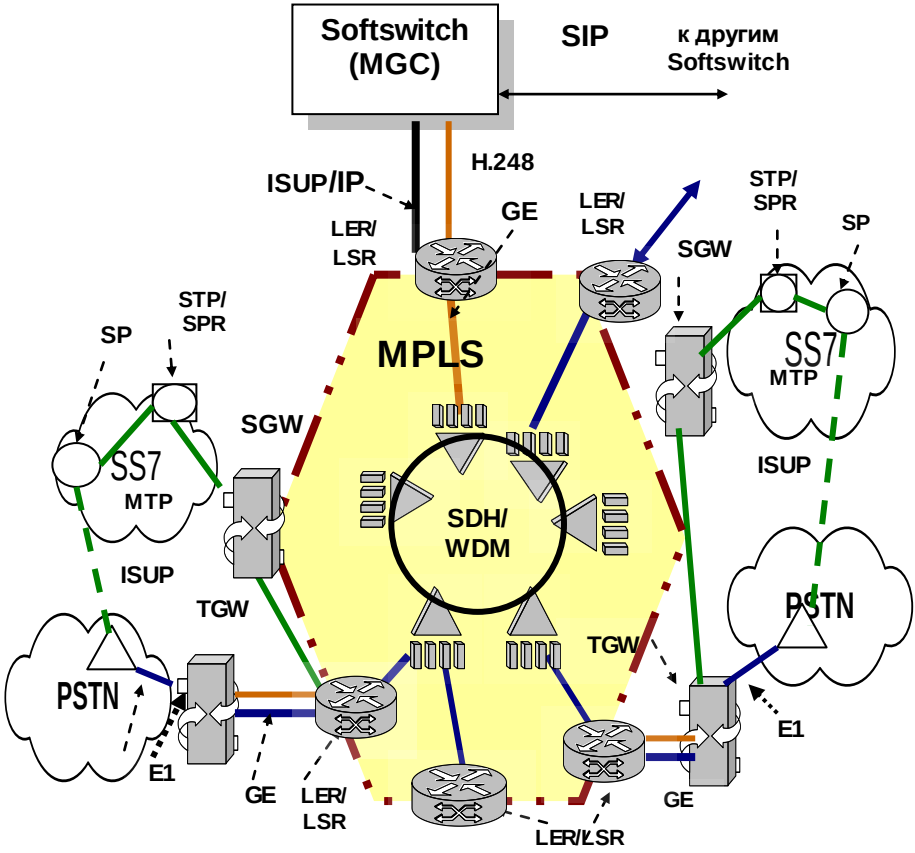


Рисунок 4.5. Функции уровней и протоколы NGN

На рисунке 4.7 приведены протоколы, используемые в шлюзах сигнализации (SGW) и соединительных линий (TGW). Так, например, шлюз сигнализации выполняет преобразование (конвертацию) форматов сигнальных сообщений протокола ISUP в форматы сигнальных сообщений протокола SIP и обратное преобразование.

Шлюз соединительных линий (TGW) обеспечивает преобразование цифрового сигнала, созданного кодером G.711 (PCM) и принимаемого со скоростью 64 Кбит/с из телефонной сети или ISDN, в цифровой компрессированный сигнал, созданный кодером G.729 и передаваемый со скоростью 8 Кбит/с маршрутизаторами IP-сети с помощью протокола RTP. Шлюз соединительных линий выполняет также обратное преобразование.

Контроллер управления шлюзами (MGC) использует протоколы: H.248/MEGACO, UDP, IP, GE. Пограничный маршрутизатор (LER), коммутирующий IP-пакеты с помощью меток, обеспечивает согласование Internet (Intranet) с сетью, использующей технологию многопротокольной коммутации с помощью меток (MPLS).



SIP-T (Session Initiation Protocol for Telephones) – протокол инициализации сеанса связи для телефонии;
H.248/MEGACO – протокол управления шлюзом;
LER (Label Edge Router) – пограничный маршрутизатор, коммутирующий с помощью меток;
LSR (Label Switched Router) – транзитный маршрутизатор, коммутирующий с помощью меток;
SP (Signaling Point) – пункт сигнализации ОКС № 7;
STP (Signaling Transfer Point) – транзитный пункт сигнализации ОКС № 7;
SPR (Signaling Point with SCCP Relay function) – пункт сигнализации ОКС № 7 с функцией переприема;
SCCP (Signaling Connection Control Point) – подсистема управления соединением сигнализации;
MTP (Message Transfer Point) – подсистема передачи сообщений ОКС № 7;
GE (Gigabit Ethernet) – локальная сеть Ethernet, в которой обеспечивается скорость обмена компьютеров по шине 10 Гбит/с, использует множественный доступ с контролем несущей и обнаружением конфликтов;
WDM (Wavelength-Division Multiplexing) – мультиплексирование с разделением потоков по длинам волн.

Рисунок 4.6. Структурная схема сети нового поколения

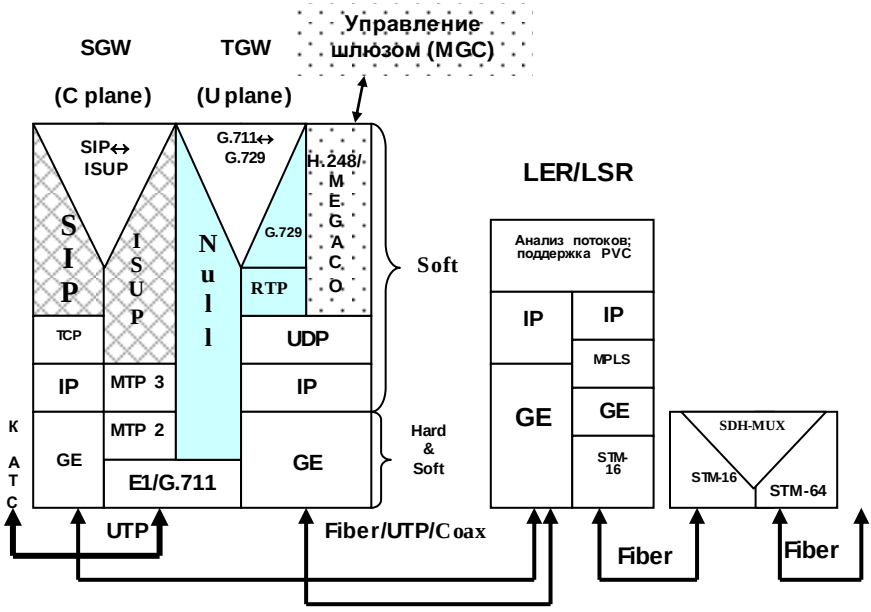


Рисунок 4.7. Конвертация протоколов в шлюзах сигнализации (SGW) и трактов (TGW)

Контрольные вопросы

1. Перечислите средства, необходимые для построения мультисервисной сети.
2. Что понимают под конвергенцией существующих сетей разных операторов и технологий?
3. Дайте понятие *сети следующего поколения* (NGN).
4. Каково назначение шлюза (Gateway)?
5. За счет чего существенно сокращается общее время доставки информации в сети с технологией MPLS?
6. Приведите пример сети, в которой доставка информации обеспечивается с помощью технологий TCP/IP и MPLS.
7. Поясните принцип *многопротокольной коммутации с использованием меток* (Multiprotocol Label Switching, MPLS).
8. Какой дополнительный механизм необходим для гарантированного качества доставки пакетов в сети с технологией MPLS?
9. Изобразите физическую архитектуру NGN (Recommendation ITU-T Y.100).

10. Изобразите уровневую архитектуру сети нового поколения.
11. Каковы функции Softswitch?
12. Каковы особенности *открытых интерфейсов*?
13. Изобразите состав протоколов, участвующих при конвертации SIP↔ISUP в шлюзе сигнализации (SGW).
14. Изобразите состав протоколов, участвующих при конвертации G.711↔G.729 в шлюзе трактов (TGW).

Библиография

1. ITU-T Rec. Y.100 (06/98) General overview of the Global Information Infrastructure standards development
2. Концептуальные положения по построению мультисервисных сетей на ВСС России. – Документ Министерства РФ по связи и информатизации. 2001 г.
3. Кучерявый А.Е., Цуприков А.Л. Сети связи следующего поколения. М.: ФГУП ЦНИИС. 2006. 278 с.
4. Recommendation ITU-T Y.100. General overview of the Global Information Infrastructure standards development.
5. Recommendation ITU-T Y.101. Global Information Infrastructure terminology: Terms and definitions.
6. Recommendation ITU-T Y.110. Global Information Infrastructure principles and framework architecture.
7. Гольдштейн А.Б., Гольдштейн Б.С. Технология и протоколы MPLS. – С.-Петербург. «БХВ–Санкт-Петербург». 2005. 303 с.

Глава 5 Функциональная структура NGN

5.1 Построение транспортных пакетных сетей

Основу NGN составляет универсальная транспортная сеть, реализующая функции транспортного уровня и уровня управления коммутацией и передачей [1, 2, 3, 8].

В состав транспортной сети NGN могут входить:

- *транзитные узлы*, выполняющие функции переноса и коммутации;
- *оконечные (граничные) узлы*, обеспечивающие доступ абонентов к мультисервисной сети;
- *контроллеры сигнализации*, выполняющие функции обработки информации сигнализации, управления вызовами и соединениями;
- *шлюзы*, позволяющие осуществить подключение традиционных сетей связи (ССОП, СПД, ССПС).

Контроллеры сигнализации могут быть вынесены в отдельные устройства, предназначенные для обслуживания нескольких узлов коммутации. Использование общих контроллеров позволяет рассматривать их как единую систему коммутации, распределенную по сети. Такое решение не только упрощает алгоритмы установления соединений, но и является наиболее экономичным для операторов и поставщиков услуг, так как позволяет заменить дорогостоящие системы коммутации большой емкости небольшими, гибкими и доступными по стоимости даже мелким поставщикам услуг.

Оконечные и *оконечно-транзитные узлы* транспортной сети могут выполнять функции узлов служб, т.е. состав функций граничных узлов может быть расширен благодаря добавлению функций предоставления услуг. Для построения таких узлов может использоваться технология гибкой коммутации (Softswitch). Структура мультипротокольной транспортной сети представлена на рисунке 5.1.

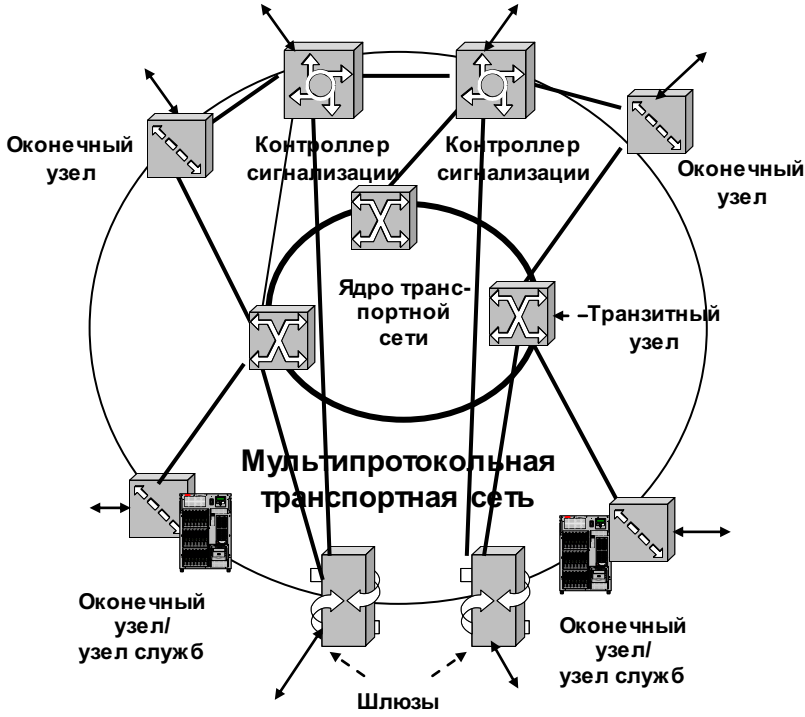


Рисунок 5.1. Структура мультипротокольной транспортной сети

5.2 Построение сетей доступа

Классификация сетей доступа может проводиться по ряду характеристик:

- по набору предоставляемых услуг (назначение передаваемой информации, по уровням в соответствии с уровневой моделью);
- по используемым средам передачи (кабели с медными проводниками, оптические кабели, радиосреды в различных диапазонах волн);
- по используемой топологии (точка-точка, звезда, дерево, ячеистая, кольцо);
- по используемым технологиям доставки информации (кабельные, беспроводные, комбинированные);

- по методам разделения среды передачи (статическое, статистическое мультиплексирование).

Передаваемая информация делится по своему назначению на следующие виды:

- *пользовательская* (данные, видео, речевая информация…) – (User, U);
- *сигнальная* (например, для поддержания процедур установления и разъединения соединения) – (Control, C);
- *управления* (для сбора аварийных сигналов, тестирования, администрирования и др.) – (Management, M).

При классификации по уровням в соответствии с уровневой моделью услуги соответствуют функциям протокола конкретного уровня:

- *физического* (среда передачи) – функции синхронизации, мультиплексирования;
- *звена данных* – защита от ошибок;
- *сетевого* – маршрутизация сообщений.

С точки зрения вышележащих уровней, в доступе реализуются только услуги сигнализации (C) и управления (M). Для их поддержки устройства доступа могут содержать функциональные узлы для обработки всего стека протоколов в плоскости C или M.

Услуги верхних уровней в плоскости U реализуются, как правило, за пределами сети доступа – а именно в конечных терминалах пользователей (TE, CPE) и сетевых серверах (узлах служб – SN). В этом смысле в плоскости U сеть доступа выполняет только функции транспортировки информации пользователя между интерфейсами UNI и SNI (т.е. услуги протоколов нижних уровней).

В узле доступа должны быть реализованы технологии доставки информации для любого терминального устройства, подключаемого с помощью:

- средств аналогового доступа сетей связи общего пользования (ССОП);
- средств вазового (BRI) и первичного доступа (PRI) ISDN;
- цифровых абонентских линий (xDSL);
- пассивных оптических сетей (Passive Optical Net, PON);
- радиодоступа (микросотовый беспроводный доступ DECT, Bluetooth, Radio Ethernet и высокоскоростные локальные радиосети ETSI HIPERLAN).

Безусловно, ни одна из перечисленных технологий не может в полной мере удовлетворить потребности мультисервисного доступа. Необходим абонентский концентратор, объединяющий все эти технологии. Такие концентраторы уже существуют:

- Протей-МАК (НТЦ «ПРОТЕЙ»);

- AN 2000 (UTStarcom);
- Any Media Access System (Lucent);
- ACE MAP Access Gateway (Samsung);
- и др..

Перечисленные технологии обеспечивают доступ к ресурсам сети и передачу данных разного вида, но *не обеспечивают требуемого качества доставки информации, так как не устанавливают соединений для доставки данных, чувствительных к задержке и потерям*.

Наиболее подходящими решениями здесь можно считать протоколы сигнализации и стандартизованные интерфейсы:

- RSVP (Reservation Protocol) – протокол резервирования ресурсов;
- Q.931 (протокол сетевого уровня абонентской цифровой системы сигнализации № 1);
- V5.2 (интерфейс N-ISDN, позволяющий предоставить пользователям удаленный фиксированный и мобильный доступ к ресурсам магистрали со скоростями n*64 Кбит/с, n=1-30).

Протокол RSVP – это протокол сигнализации, который обеспечивает резервирование ресурсов для предоставления в IP-сетях услуг эмуляции выделенных каналов. Протокол позволяет запрашивать, например, гарантированную пропускную способность такого канала, предсказуемую задержку, максимальный уровень потерь. Но резервирование выполняется лишь в том случае, если имеются требуемые ресурсы.

Чтобы обеспечить требуемый уровень эффективности обслуживания трафика речевых и видео-приложений, необходим механизм, позволяющий источникам информировать службу о своих требованиях. На основе этой информации сеть может резервировать ресурсы, чтобы гарантировать выполнение требований к качеству доставки. При отсутствии ресурсов служба отказывает приложению, вынуждая его либо пересмотреть требования, либо отложить сеанс связи.

Отправитель данных, использующий протокол RSVP, передает на индивидуальный или групповой адрес получателя сообщение Path, в котором указываются желательные характеристики качества доставки данных:

- верхнюю и нижнюю границы полосы пропускания;
- среднюю длительность задержки;
- допустимую вариацию длительности задержки.

Сообщение Path пересылается маршрутизаторами IP-сети в сторону получателя данных с использованием таблиц маршрутизации в узлах сети до ближайшего маршрутизатора MPLS транспортной сети NGN (рисунок 5.2).

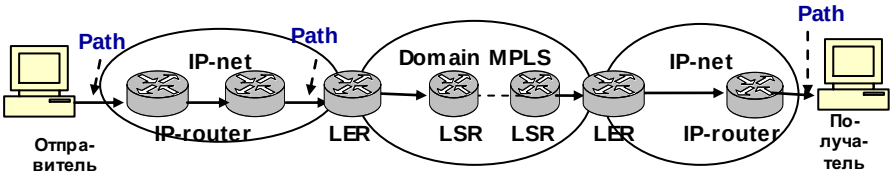


Рисунок 5.2 – Запрос характеристик качества доставки данных

Каждый маршрутизатор, поддерживающий протокол RSVP, получив сообщение Path, фиксирует адрес предыдущего маршрутизатора как элемент “структуры пути”. Таким образом, в сети создается фиксированный маршрут. Поскольку сообщения Path содержат те же адреса отправителя и получателя, что и пакеты данных, *пакеты будут маршрутизироваться корректно даже через сетевые области, не поддерживающие протокол RSVP.*

Сообщение Path содержит *шаблон данных отправителя (Sender Template)*, описывающий тип этих данных. Шаблон специфицирует фильтр, который может отделять пакеты этого отправителя от других пакетов в пределах сессии.

Кроме того, сообщение Path должно содержать спецификацию потока данных отправителя Tspec, которая определяет характеристики этого потока. Спецификация Tspec используется для того, чтобы предотвратить избыточное резервирование.

Шаблон данных отправителя имеет тот же формат, что и спецификация фильтра в сообщениях Resv (Reservation).

В зависимости от идентификатора протокола, заданного для сессии, шаблон может специфицировать только IP-адрес отправителя или (но не обязательно) также и UDP/TCP-порт.

Приняв сообщение Path, получатель передает к маршрутизатору, от которого пришло это сообщение (т.е. по направлению к отправителю), запрос резервирования ресурсов – сообщение Resv.

В дополнение к информации Tspec, сообщение Resv содержит спецификацию запроса (Rspec), в которой указываются нужные получателю параметры качества доставки и спецификацию фильтра (filterspec), которая определяет, к каким пакетам сессии относится данная процедура (рисунок 5.3).

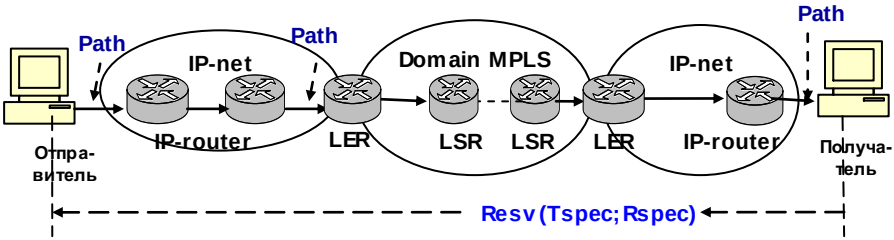


Рисунок 5.3 – Запрос характеристик качества доставки данных

Вместе Rspec и filterspec представляют собой дескриптор потока, используемый маршрутизатором для идентификации каждой процедуры резервирования ресурсов.

Когда получатель данных передает запрос резервирования, он может запросить передачу ему ответного сообщения, подтверждающего резервирование.

При получении сообщения Resv каждый маршрутизатор в резервируемом пути, поддерживающий протокол RSVP, определяет, приемлем ли этот запрос, для чего выполняются две процедуры:

- механизм управления доступом;
- процедура режимного контроля (policy control).

С помощью механизмов управления доступом проверяется, имеются ли у маршрутизатора ресурсы, необходимые для поддержки запрашиваемого качества доставки информации, а с помощью процедуры режимного контроля (policy control) – правомерен ли запрос резервирования ресурсов. Если запрос не может быть удовлетворен, маршрутизатор отвечает на него сообщением об ошибке.

Если запрос приемлем, маршрутизатор передает сообщение Resv следующему маршрутизатору, находящемуся ближе к отправителю данных.

Сообщение Resv содержит спецификацию flowspec, в которую входит два набора параметров:

- “Rspec”, который определяет желательное качество доставки информации;
- “Tspec”, который описывает информационный поток.

Когда маршрутизатор, ближайший к инициатору процедуры резервирования, получает сообщение Resv и выясняет, что запрос приемлем, он передает подтверждающее сообщение получателю данных.

После окончания описанной процедуры ее инициатор начинает передавать данные и на их пути к получателю будет обеспечено требуемое качество доставки информации.

Совместное использование двух протоколов – RSVP на уровне доступа и MPLS на уровне транспортной сети – позволяет предоставлять пользователям конвергентной сети гарантированное качество доставки информации.

Взаимодействие существующих сетей с NGN

На начальном этапе ССОП может стать частью конвергентной сети, а на стыках между ССОП и транспортной сетью IP/MPLS будут устанавливаться шлюзы VoIP – устройства, которые предназначены для преобразования потока информации, поступающего от сети связи общего пользования, к виду, пригодному для передачи по IP-сетям.

Кроме того, в конвергентную сеть войдут сети IP-телефонии альтернативных операторов, использующие для установления соединений протоколы H.323 и SIP. Сегодня такие сети используются, в основном, для междугородной и международной связи, но в условиях конвергентной сети они станут альтернативой ССОП.

Для управление взаимодействием сетей, входящих в конвергентную сеть, используется многофункциональный и весьма ответственный узел Softswitch.

Этот узел призван управлять соединениями при межсетевой связи, шлюзами и сетевым трафиком. В процессе управления соединениями Softswitch решает задачи поддержки систем сигнализации взаимодействующих сетей. Следует отметить, что Softswitch управляет обслуживанием вызовов и не отвечает за соединение через маршрутизаторы IP-сети. Известны российские разработки: Tario.Net Softswitch и Протей-Softswitch.

На рисунке 5.4 приведен пример установления соединения абонента ССОП с пользователем сети IP-телефонии в мультисервисной сети, использующей Softswitch и транспортную сеть с технологией IP/MPLS.

Рассмотрим случай, когда нужно связать двух пользователей, один из которых является абонентом ССОП, а второй – пользователем сети IP-телефонии. Пусть инициатором соединения будет VoIP-пользователь (абонент А), а сеть IP-телефонии использует протокол H.323.

С помощью сообщения Setup протокола сигнализации H.225.0 стека H.323 абонент А сообщает узлу Softswitch номер абонента ССОП (абонента Б). Softswitch должен определить местонахождение вызываемого абонента и, так как это абонент ССОП, найти ближайший к нему шлюз VoIP.

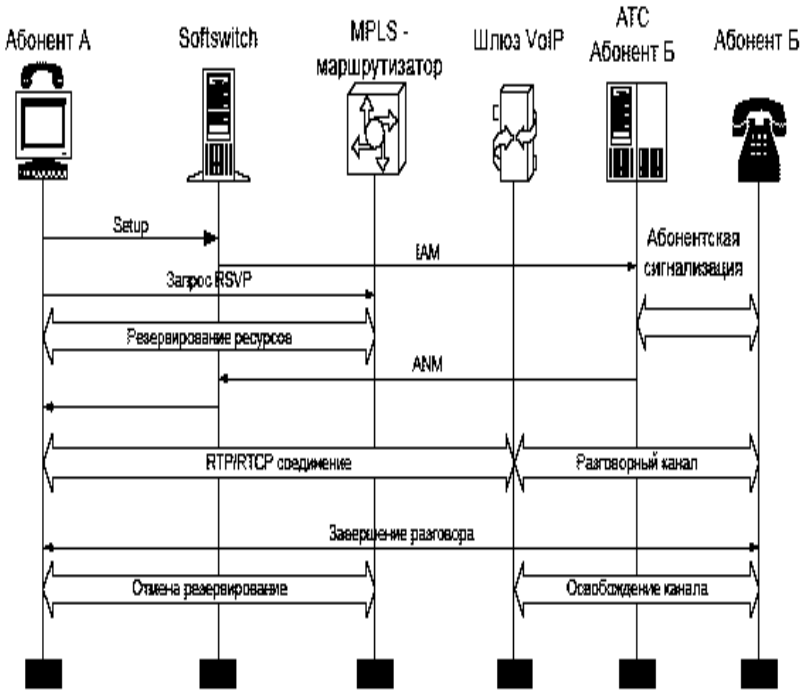


Рисунок 5.4. Пример установления соединения абонента ССОП с пользователем сети IP-телефонии в мультисервисной сети, использующей Softswitch и транспортную сеть с технологией IP/MPLS

Терминал абонента *А* с помощью протокола RSVP запрашивает у маршрутизатора MPLS и получает в сети доступа требуемые ресурсы связи, необходимые ему для гарантированной передачи речевой информации в реальном масштабе времени с соответствующим качеством доставки информации.

Терминал абонента А далеко не всегда имеет прямой доступ к сети MPLS. Доступ к ней может обеспечиваться через Internet общего пользования, которая не обеспечивает гарантированного качества доставки информации. Поэтому в сети доступа необходимо использовать протокол RSVP.

Если в ССОП/ISDN используется система сигнализации ОКС №7, Softswitch посылает сигнальное сообщение IAM (начальное адресное сообщение) в сторону вызываемой станции (которая может нахо-

диться в зоне действия другого Softswitch, и тогда сначала сообщениями протокола SIP будут обмениваться узлы Softswitch, а уже потом сообщение IAM будет транслироваться на АТС вызываемого абонента).

Получив от вызываемой станции сообщение ANM об ответе вызываемого абонента, Softswitch транслирует это сообщение в сторону вызывающего абонента *А*.

Между шлюзом VoIP, который был найден узлом Softswitch, и ближайшим к нему маршрутизатором MPLS устанавливается RSVP-соединение.

Так образуется цепочка: *VoIP терминал – маршрутизаторы домена IP/MPLS – шлюз VoIP – АТС – терминал ССОП*, и на всем ее протяжении действуют механизмы обеспечения гарантированного качества доставки информации.

Затем начинается передача речевой информации между абонентами через IP-сеть с использованием протоколов RTP/RTCP.

После завершения сеанса соединение разрушается. Для этого абоненты (абонент *А* взаимодействует с Softswitch, а абонент *Б* - с АТС) информируют об окончании разговора, после чего резервирование ресурсов протоколом RSVP отменяется.

Предложенный симбиоз технологий MPLS и RSVP пока не может решить проблемы характерного для IP-сетей негарантированного режима доставки информации, применение которого будет негативно влиять на абонентов телефонной сети, которые привыкли к норме потерь по вызовам порядка 3-5 процентов и к малым задержкам в получении сигнала "ответ станции".

5.3 Построение NGN

Архитектура сети связи, построенной в соответствии с концепцией NGN, представлена на рисунке 5.5.

Компоненты NGN:

- серверы приложений (E-mail, SMS, Billing, SN-IN (Source Name - Internet Name Service), TMN, …);
- программное обеспечение (ПО) для поддержки прикладного программного интерфейса (Application Programming Interface, API);
- прикладной программный интерфейс (API);
- Softswitch (контроллер медиашлюзов, обработчик вызовов, конвертор сигнализации);
- программное обеспечение (ПО), используемое для поддержки интерфейсов;

- транспортные платформы, медиашлюзы (информационные, сигнальные, управления).

Основные функции Softswitch таковы:

- управление медиашлюзами (в плоскостях С, М) по протоколам MGCP/MEGACO/H.248, H.323, SIP;
- управление транспортными сетями (установление соединений, маршрутизация, управление трафиком);
- поддержка взаимодействия с приложениями.

В последнее время ряд крупных фирм, в частности, Alcatel, под *Softswitch* понимает *гибкий коммутатор, поддерживающий функции управления гибридной коммутацией*, т.е. оценивающий входящий трафик по различным характеристикам и направляющий его через соответствующие этим характеристикам сéти (включая сети с КК, КП, АТМ). По крайней мере, такие возможности управления заложены в протоколе H.248.

Проблемы перехода к NGN:

- отсутствие достаточных инвестиций;
- отсутствие единой политики перехода к NGN;
- отсутствие единого мнения по поводу путей и темпов построения NGN;
- отсутствие или незаконченность стандартов, описывающих все аспекты NGN;
- отсутствие полной линейки оборудования для NGN;
- несовместимость оборудования разных изготовителей (риски по поводу масштабируемости и сохранения инвестиций).

Проблемы внедрения услуг в NGN:

- отсутствие современной инфраструктуры для развертывания инфокоммуникационных услуг;
- недостаточное исследование рынка услуг (как по объемам, так и по платежеспособному спросу);
- учет неудачного опыта зарубежных операторов в оценке рынка и развертывания услуг N-ISDN и B-ISDN.

Инфокоммуникационные услуги предполагают взаимодействие поставщиков услуг и операторов связи, которое может обеспечиваться на основе функциональной модели распределённых (региональных) баз данных, реализуемых в соответствии с Рекомендацией ITU-T X.500 [4]. Доступ к базам данных организуется с использованием протокола LDAP (Lightweight Directory Access Protocol).

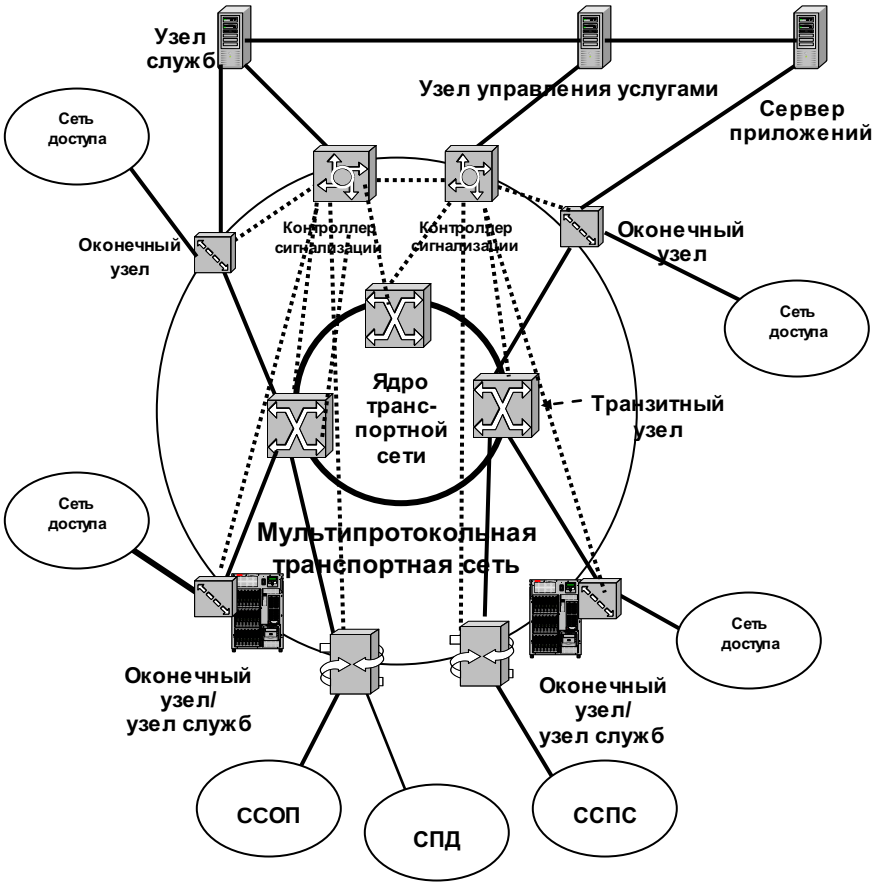


Рисунок 5.5. Архитектура NGN

Базы данных позволяют решить следующие задачи:

- создание абонентских справочников;
- автоматизация взаиморасчётов между операторами связи и поставщиками услуг;
- обеспечение взаимодействия операторов связи в процессе предоставления интеллектуальных услуг;
- обеспечение взаимодействия терминалов, характеризующихся различными функциональными возможностями.

Базы данных могут использоваться также поставщиками услуг для организации платных информационно-справочных услуг.

Концепция NGN во многом опирается на технические решения, уже разработанные международными организациями стандартизации. Так, например, взаимодействие серверов в процессе предоставления услуг предполагается осуществлять на базе протоколов, специфицированных IETF (MEGACO), ETSI (TIPHON), Форумом 3GPP2 (2-ой проект партнерства по системам мобильной связи 3-го поколения) и т.д.

Для управления услугами могут использоваться протоколы:

- H.323 (стандарт ITU-T, определяющий требования к видеоконференциям, проводимым через сети с коммутацией пакетов, то есть по линиям связи с негарантированным качеством доставки информации, например, по сети Ethernet);
- SIP (Session Initiation Protocol) – протокол инициализации сеанса связи в пакетных сетях [5];
- INAP (IN Application Protocol) – прикладной протокол интеллектуальной сети [6].

В качестве технологической основы построения транспортного уровня мультисервисных сетей рассматриваются технологии ATM, MPLS, 10GE, IP с возможным применением в будущем оптической коммутации [7].

Мультисервисные сети представляют собой самостоятельный класс сетей, строящихся на основе концепции NGN, на базе которых может быть осуществлено предоставление широкого набора как традиционных, так и новых услуг.

Определение мультисервисных сетей как самостоятельного класса означает, что их регламентация должна осуществляться на основе нормативно-технической базы, учитывающей особенности интеграции различных услуг и системно-технических решений в рамках одной сети.

Базовые услуги, предоставляемые существующими сетями связи и мультисервисными сетями (например, услуги телефонии) должны обладать идентичными характеристиками. Это означает, что мультисервисные сети должны обеспечивать выполнение принятых норм и требований для каждого типа услуг, включая показатели качества, параметры интерфейсов, адресацию/нумерацию и т.д.

Для новых типов услуг (таких как услуги ИСС, услуги мультимедиа, инфокоммуникационные услуги) мультисервисные сети должны обеспечивать возможность взаимодействия с аналогичными услугами других сетей.

Построение мультисервисных сетей должно соответствовать двухуровневой архитектуре: регионального и магистрального (включая межрегиональный) уровней (рисунок 5.6). Это создаст условия для повсеместного внедрения инфокоммуникационных услуг и решения таких задач, как обеспечение структурной надежности, нормирование показателей качества услуг и т.п.

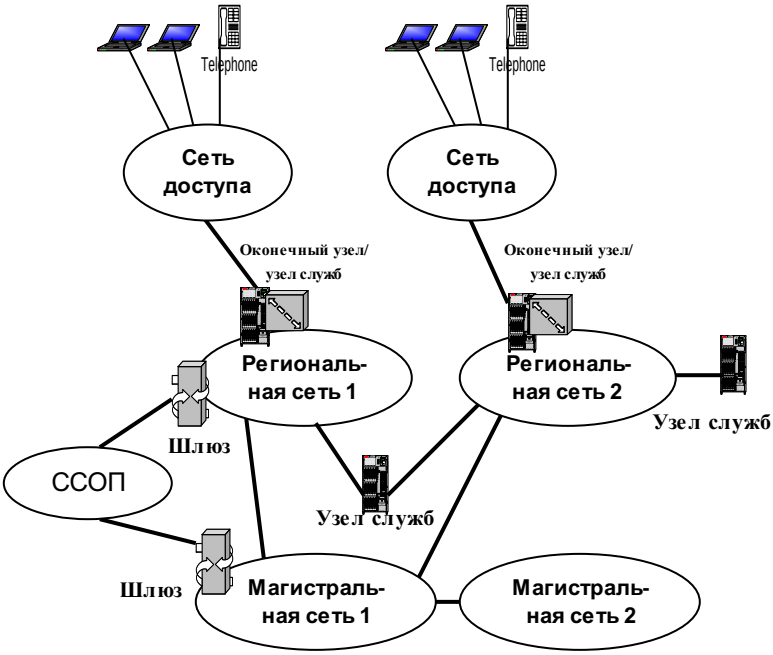


Рисунок 5.6. Двухуровневая архитектура мультисервисных сетей

На региональном уровне мультисервисная сеть должна обеспечивать подключение терминалов абонентов и предоставление им как транспортных, так и инфокоммуникационных и других услуг, а также обеспечивать возможность взаимодействия с аналогичными услугами других региональных сетей.

На магистральном уровне мультисервисная сеть должна обеспечивать предоставление услуг переноса для взаимодействия мультисервисных региональных сетей, а также для всех существующих сетей (при необходимости).

Решение указанных задач связано с формированием сетей доступа, которые бы позволили, с одной стороны, обеспечить разделение трафика на участке, где не накладываются жесткие ограничения на скорость передачи, и, с другой стороны, не осуществляется концентрация трафика. Сеть доступа – это системно-сетевая структура, состоящая из абонентских линий, узлов доступа, систем передачи, служащая для подключения пользователей к ресурсам региональных сетей.

Доступ к ресурсам мультисервисной сети осуществляется через граничные узлы, к которым подключается оборудование сети доступа или осуществляется связь с существующими сетями. В последнем случае граничный узел выполняет функции межсетевого шлюза.

Классификация стеков протоколов доставки информации в транспортной сети (рисунок 5.7).

В транспортной сети могут использоваться разнообразные наборы протоколов для доставки информации различных служб и поддержки приложений:

- IP/AAL/ATM/SDH;
- IP/MPLS/Ethernet;
- IP/MPLS/PPP/I.430/I.431;
- IP/MPLS/LAP-F/I.430/I.431;
- IP/MPLS/LAP-D/I.430/I.431;
- IP/MPLS/DWDM.

Выбор того или иного набора протоколов определяется предпочтениями оператора, которые зависят от:

- типа уже используемых или планируемых для использования технологий физического уровня (SDH, 1GE/10GE BASE-LX, I.430/I.431, DWDM);
- типа уже используемых или планируемых для использования технологий уровня звена данных (ATM, Ethernet, PPP, LAP-F, LAP-D, DWDM);
- набора уже имеющихся или планируемых служб и приложений;
- требований пользователей и многих других причин.

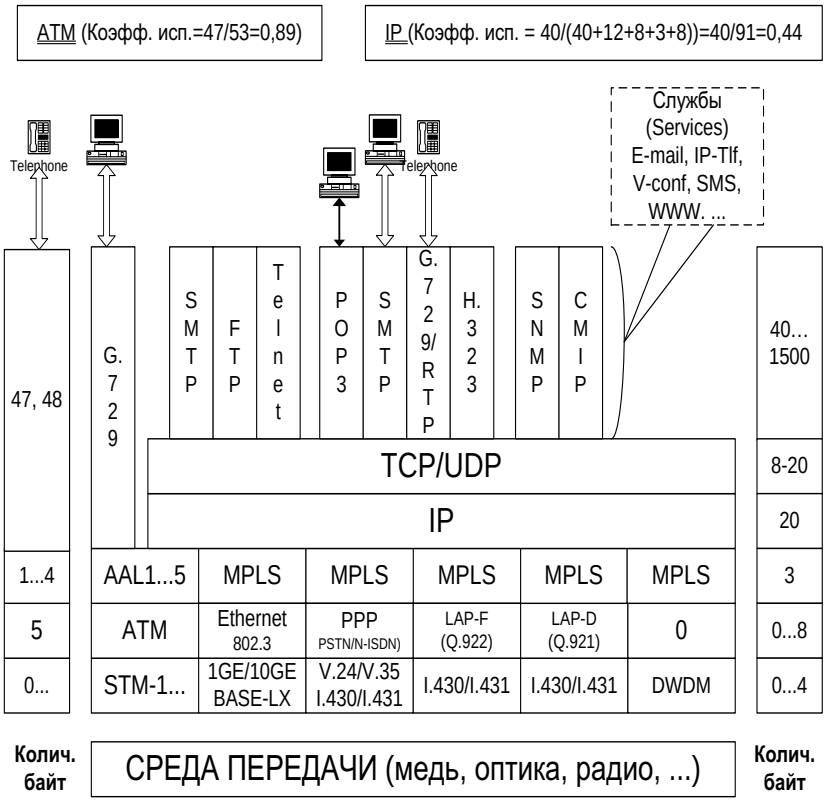


Рисунок 5.7. Стеки протоколов доставки информации в транспортной сети

Контрольные вопросы

1. Какие компоненты могут входить в состав NGN?
2. Изобразите структуру мультипротокольной транспортной сети.
3. Охарактеризуйте *проблемы перехода к NGN.*
4. Какие задачи могут быть решены с помощью сетевых баз данных (БД)?
5. Изобразите двухуровневую архитектуру мультисервисной сети.
6. Какие стеки протоколов доставки информации в транспортной сети Вы знаете?

Библиография

1. Концептуальные положения по построению мультисервисных сетей на ВСС России, 2001
2. E. Rosen. Multiprotocol Label Switching Architecture, RFC-3031, January 2001.
3. Рекомендация МСЭ-Т Y.1001. IP-основа. Основа конвергенции телекоммуникационных сетей и сетей с IP технологией.
4. ITU-T Recommendation X.500. Information technology – Open Systems Interconnection – The Directory: Overview of concepts, models and services
5. Гольдштейн Б.С., Зарубин А.А., Саморезов В.В. Протокол SIP. Справочник. – С.-Петербург. «БХВ–Санкт-Петербург». 2005. 455 с.
6. Лихтциндер Б.Я., Кузякин М.А., Росляков А.В., Фомичев С.М. Интеллектуальные сети связи. – М.: ЭКО-ТРЕНДЗ. 2000. 205 с.
7. Столлингс В. Современные компьютерные сети. 2-е издание. – СПб: ПИТЕР. 2003. 783 с.
8. Кучерявый А.Е., Цуприков А.Л. Сети связи следующего поколения. – М.: ФГУП ЦНИИС. 2006. 278 с.

Глава 6 Методы и средства обеспечения качества обслуживания в NGN

6.1 Общие требования к качеству доставки информации в сетях с разными технологиями

Требования к качеству доставки информации через сеть определяют сетевые службы. Ни одна сеть не может удовлетворить любым требованиям службы. Недостатки сети должны компенсироваться устройствами адаптации. Сеть обладает свойствами семантической и временнóй прозрачности.

Под *семантической прозрачностью* принято понимать способность сети обеспечивать доставку информации от источника до адресата с приемлемым для данной службы уровнем ошибок.

Типы ошибок и их количество во многом определяются способом передачи информации и физической природой канала.

Ни одна система передачи не является идеальной. В реальных каналах действуют искажения сигналов, замирания, шумы, различные помехи, которые в дискретном канале появляются в виде ошибок, определяющих верность приема информации.

Одним из наиболее часто используемых показателей, которым принято характеризовать качество цифровых систем передачи, является коэффициент двоичных ошибок (Bit Error Rate, BER). При передаче в течение достаточно большого (репрезентативного) интервала времени коэффициент двоичных ошибок сходится к вероятности ошибочного приема двоичного символа (вероятность ошибки на бит – формула 6.1).

$$P_{BER} = \lim_{N_\Sigma \to \infty} \frac{N_{BER}}{N_\Sigma} \qquad (6.1)$$

где N_{BER} – количество двоичных символов, принятых с ошибкой;

N_Σ – общее количество переданных бит.

В пакетных сетях биты формируются в пакеты. Поэтому в качестве показателя, характеризующего качество передачи пакетов, принято использовать вероятность приема пакета с ошибками или вероятность искажения пакета (Packet Error Rate, PER).

$$P_{PER} = \lim_{N_{\Sigma ПАК} \to \infty} \frac{N_{PER}}{N_{\Sigma ПАК}} \qquad (6.2)$$

где N_{PER} – количество пакетов, принятых с ошибками;

$N_{\Sigma ПАК}$ – количество переданных пакетов.

Ошибки в общем случае могут привести к разным последствиям. В некоторых случаях пакеты могут быть потеряны, а в других случаях – поступать не по назначению.

Потеря пакетов может происходить из-за ошибок при маршрутизации или вследствие перегрузок. Вероятность потери пакета (Packet Loss Rate, PLR) есть отношение количества утерянных пакетов к общему количеству переданных за достаточно большой промежуток времени.

Иногда пакеты могут поступать пользователю, которому они не предназначены. Будем называть такие случаи доставкой пакета не по адресу (вставкой пакета). Вероятность доставки пакета не по адресу (Packet Insertion Rate, PIR) есть количество пакетов, доставленных не по адресу, за достаточно большой интервал наблюдения.

Природа этих ошибок во многом определяется техническими устройствами, в которых они возникают. Ошибки, зависящие от систем передачи, определяются в основном физической средой (коаксиальный кабель, волоконно-оптическая линия и др.) и рядом других факторов (видом кодирования, скремблирования и т. д.).

Под *временно́й прозрачностью* сети принято понимать её свойство поддерживать значение времени задержки и джиттера (разброса) задержки, при которых обеспечивается требуемое качество обслуживания.

Временную прозрачность принято оценивать двумя показателями: временем задержки и джиттером задержки.

Время задержки определяется разницей во времени между началом передачи пакета источником и окончанием приема этого же пакета получателем.

Задержка может быть различной для каждого пакета и представляет собой случайную величину. Числовыми характеристиками этой случайной величины являются среднее время задержки и дисперсия времени задержки.

Время доставки является очень важной сетевой характеристикой для служб, требующих доставки в реальном масштабе времени, например, для *телефонии*, *видеотелефонии* и *организации распределенных вычислений*.

Для каждой службы могут быть определены предельно допустимые вероятности ошибок и время задержки. В таблице 6.1 приведены требования к задержке, вероятности ошибки на бит, вероятности потери пакета и вероятности засылки пакета не по адресу для ос-

новных служб, полученные в результате исследований Европейского исследовательского центра в области телекоммуникаций (Research on Advanced Communication in Europe, RACE).

Таблица 6.1. **Параметры основных служб**

Служба	P_{BER}	P_{PLR}	P_{PIR}	Задержка, мс
Телефония	10^{-7}	10^{-3}	10^{-3}	25/500
Передача данных	10^{-7}	10^{-6}	10^{-6}	1000 (50)
Телевизионное вещание	10^{-6}	10^{-8}	10^{-8}	1000
Звуковые сигналы с высокой точностью воспроизведения	10^{-5}	10^{-7}	10^{-7}	1000
Управление обработкой в распределенных базах данных	10^{-5}	10^{-3}	10^{-3}	1000

Следует отметить, что для передачи данных было внесено дополнительное требование к задержке (не более 50 мс), необходимое для обеспечения функционирования распределенных баз данных. В том случае, если некоторые показатели временно́й и семантической прозрачности сети не удовлетворяют требованиям службы, то терминальное устройство может выполнить дополнительную обработку (коррекцию) выходного сигнала.

Такая дополнительная обработка заключается в обнаружении и исправлении ошибок или в устранении джиттера времени доставки пакетов.

6.2 Качество обслуживания в мультисервисных сетях

*Подготовка к всесторонней оценке качества услуги***.** Обязательным для Оператора является определение конкретной ответственности персонала за предоставление услуги, при этом должна учитываться оценка качества, как исполнителем, так и пользователем.

Предоставление услуги подразумевает:

- строгое соблюдение утвержденной спецификации предоставления услуги;
- наблюдение за адекватной реализацией спецификации услуги;
- корректировку процесса предоставления услуги, если возникают отступления.

Оценка пользователем является конечной мерой качества услуг [9,10]. Оператор связи должен принимать во внимание следующие весьма очевидные обстоятельства:

а) реакция пользователя на предоставленную услугу может быть немедленной или отложенной и носить ретроспективный характер;

б) чаще всего пользователь оценивает качество услуги субъективно;

в) пользователь редко добровольно информирует представителей оператора (памятуя о своем печальном опыте общения с определенными службами) о своей оценке качества услуги;

г) ориентация на жалобы пользователя как на меру удовлетворенности (фактически оставленной при себе неудовлетворенности) может привести к неправильным выводам;

д) в условиях конкуренции на рынке услуг электросвязи необходимо вводить в практику постоянную оценку степени удовлетворенности пользователя.

Монопольное положение операторов сетей электросвязи общего пользования в РФ до недавнего времени способствовало невниманию к оценке качества услуг самим пользователем.

Такая оценка может дать как положительный, так и отрицательный результат, влияющий на коммерческую деятельность оператора. Оператор нередко считает предоставляемую им услугу высококачественной, не интересуясь мнением пользователей. Монопольное положение оператора способствует застою в совершенствовании услуги. В настоящее время в РФ немало операторов сетей электросвязи приведено в состояние готовности к оценке удовлетворенности пользователей получаемыми ими услугами.

Перед началом процесса проверки этой удовлетворенности необходимо подготовить спецификацию каждой услуги, спецификацию предоставления услуги. После этого необходимо проверить, отвечают ли они потребностям пользователя. Такая проверка будет способствовать обоснованной разработке спецификации управления качеством услуги.

Сравнение оценок качества услуги пользователем и оператором должно быть темой специального изучения. Необходимо добиваться совместимости обеих мер качества. В такой работе представители оператора должны искать взаимопонимания друг с другом и с пользователями. Нелишним будет напоминание того факта, что преобразование пользовательской меры (мер) качества услуги в меру (меры) качества оператора – одна из труднейших задач инженерной практики телетрафика.

Качество услуги, оцениваемое пользователем, определяется рядом фактором, среди которых имеются и такие, за которые технический персонал сети не несет прямой ответственности.

Среди этих факторов можно выделить:

– поведение пользователей;

– недостатки планирования и организации работы служб, подчиненных оператору;

– недостатки проектирования сети или отступления от требований проектов;

– степень использования оператором средств управления сетью.

Международные организации стандартизации телекоммуникаций признают, что совершенствование организации технической эксплуатации может существенно влиять на качество услуг, оцениваемое пользователем.

Факторы, влияющие на качество предоставляемой услуги:

– доступность сети;

– доступность соединения;

– целостность (непрерывность) установленного соединения;

– качество передачи сигнала по соединительному тракту (например, затухание тракта связи);

– готовность к обслуживанию;

– правильность начисления платы за услугу;

– секретность предоставления услуги – тайна содержания разговора.

Доступность сети – свойство сети предоставлять ресурс для приема номера вызываемого абонента в течение определенного промежутка времени.

Доступность соединения – свойство сети предоставлять соединение с показателями качества передачи в пределах определенных допусков после получения достаточного количества знаков номера.

Непрерывность установленного соединения – свойство сети сохранять целостность установленного соединения в течение сеанса связи.

Качество передачи сигнала по соединительному тракту – свойство сети обеспечивать выполнение требований к характеристикам каналов и трактов сети доступа, магистральной, внутризоновой первичных сетей и систем передачи.

Готовность к обслуживанию – свойство сети, состоящее в безотказности, долговечности, ремонтопригодности и сохраняемости или в сочетании этих свойств.

Правильность начисления платы за услугу – свойство служб сети правильно начислять плату за услугу в соответствии с установленным и известным абоненту тарифом.

Секретность предоставления услуги – свойство сети (или службы) сохранять тайну содержания разговора или данных пользователя.

Пользователь телекоммуникационной сети обычно не интересуется структурой сети и тем, как предоставляется нужная ему услуга. В то же время он интуитивно оценивает качество данной услуги, сравнивая его с качеством подобных услуг. Качество услуги (обслуживания) [Quality of Service – QoS] определено в Рекомендации ITU-T E.800 [9] как "Суммарный эффект характеристик обслуживания, определяющий степень удовлетворения пользователя обслуживанием". Это определение качества обслуживания является общим. В нем отражено также субъективное восприятие абонента. Показатели качества услуги могут быть непосредственно измерены в точке доступа к услуге. Качество услуги зависит от характеристик работы сети связи (ХС) [Network Performance, NP].

Качество услуги с точки зрения пользователя может быть выражено совокупностью показателей. Эти показатели *описываются в терминах, понятных как пользователю, так и службе, и не зависят от структуры сети*. Показатели качества услуги ориентированы по преимуществу на эффект, воспринимаемый пользователем, *должны быть гарантированы пользователю службой и поддаваться объективному измерению в точке доступа к услуге* (Рекомендация ITU-T I.350).

В Рекомендации ITU-T E.862 приведены возможные подходы к учету экономических потерь оператора (при планировании, проектировании, эксплуатации и ТО сетей электросвязи) и пользователя, связанных с отказами технических средств. Операторы сетей, работая в условиях рынка, заинтересованы в оценке возможных потерь из-за отказов и в сопоставлении их с затратами на повышение надежности своих средств.

В Рекомендации ITU-T I.350 определены три функции, реализуемые сетью и ее службами, и три параметра каждой из функций. Каждая из функций сети может быть описана тремя параметрами. Так получено девять *родовых первичных параметров*, которые могут быть использованы для определения специфических параметров КО и ХС (рисунок 6.1):

– быстрота получения *доступа*;
– безошибочность *доступа*;
– надежность *доступа* (вероятность отказа в доступе к ресурсу);
– быстрота *переноса информации*;
– безошибочность *переноса информации*;
– надежность *переноса информации*;
– быстрота *освобождения*;

– безошибочность *освобождения*;

– надежность *освобождения*.

Под доступом понимают возможность в получении ресурсов сети или службы. Процедура доступа начинается в момент появления запроса от пользователя в интерфейсе “пользователь–сеть” и заканчивается при появлении хотя бы одного бита информации от его терминала.

Процедура переноса информации пользователя начинается в момент завершения доступа и заканчивается в момент передачи сообщения “запрос освобождения”, знаменующего окончание сеанса связи.

Процедура освобождения начинается в момент передачи сообщения “запрос освобождения” и завершается для каждого пользователя после освобождения сетевых ресурсов, выделявшихся во время сеанса связи.

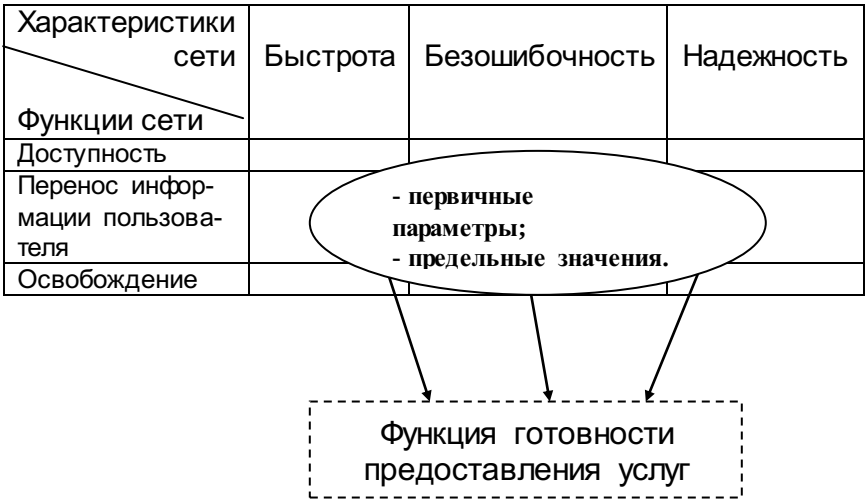


Рисунок 6.1. Матричный метод 3x3 для определения состояний готовности

Освобождение включает в себя как действия, связанные с разрушением ранее существовавшего физического или виртуального со-

единения, так и с завершением выполнения протокола верхнего уровня OSI. Качество обслуживания и ХС при реализации функций сети или службы описывается тремя параметрами: *быстрота, безошибочность, надежность.*

Быстрота характеризует промежуток времени, необходимый для выполнения функции, или скорость выполнения.

Безошибочность характеризует степень правильности выполнения функции.

Надежность определяет степень уверенности в выполнении функции в течение заданного периода наблюдения (вне зависимости от быстроты и безошибочности выполнения).

В мультисервисной сети могут использоваться технологии IP/MPLS, IP/DWDM, IP/ATM, IP/Ethernet и др. Качество услуг, предоставляемых с помощью IP, может характеризоваться атрибутами: задержка, джиттер, потеря пакетов. В рекомендации ITU-T Y.1241 приведены примеры атрибутов, характеризующих качество услуг, предоставляемых с помощью IP (таблица 6.2).

В случае организации речевого обмена через сети с технологией IP необходимо учитывать характеристики следующих элементов:

- речевого IP-терминала;
- сети доступа IP;
- магистральной сети IP;
- шлюза – элемента, обеспечивающего выполнение функций взаимодействия сетей;
- транзитной коммутируемой сети (Switched Communication Net work, SCN);
- телефонного терминала.

Существует ряд факторов, определяющих качество передачи речевой информации в пакетном режиме. Качество речевого обмена в пакетном режиме определяется *подготовки сеанса связи* и *качеством доставки информации*.

Качество подготовки сеанса связи характеризуется следующими показателями:

- задержка в сети доступа IP, включающая времена инициализации транспортного уровня, конфигурирования и настройки модема, входа в сеть через шлюз IP;
- задержка обмена сигнальными сообщениями в магистральной сети IP;
- задержка подготовки сеанса в элементах управления шлюзами;
- задержка доступа и обработки внутренних прикладных услуг, таких как услуга каталога (directory-service) и проверка прав доступа;
- задержка подготовки сеанса в шлюзах;

- время подготовки сеанса в транзитных коммутируемых сетях.

Качество услуг IP-телефонии определяется показателями:

- IP-терминалов;
- IP-сетей;
- межсетевых узлов (шлюзов);
- коммутируемых сетей;
- голосовых терминалов.

Показателями качества доставки информации являются сквозные (воспринимаемыми пользователем) задержки и качество воспринимаемой речи. Задержки в соответствии с рекомендацией ITU-T G.114 и стандартами ETSI ETR 250 и ETR 275 разделены на 4 класса:

- малые (10…15 мс), не раздражающие пользователей и не требующие в связи с этим подавления акустического и электрического эхосигнала;
- небольшие (до 150 мс), требующие подавления эхо, но не влияющие критически на взаимодействие пользователей;
- допустимые (от 200 до 400 мс), при которых качество взаимодействия хотя и ухудшается, но может быть приемлемым;
- недопустимые (более 400 мс), при которых интерактивное голосовое взаимодействие затруднено и необходимо введение некоторых правил разговора (например, как в портативных дуплексных радиостанциях – walkie-talkie).

Обычно в сетях с коммутацией пакетов наиболее нестабильны задержки доставки информации, что характеризуется показателем *джиттер задержки*. Наибольшее влияние на джиттер задержки оказывают:

- нестабильность характеристик терминального оборудования – кодека или буферизации;
- нестабильность характеристик сетей, например, задержки распространения.

Общим для задержек первого типа (задержка в кодеках и при внутренней буферизации на звуковых и телефонных картах) является то, что они определяются размером кадра и поэтому могут быть достаточно точно определены.

Сквозные сетевые задержки влияют на время прохождения пакета от источника до получателя и включают:

- задержки передачи пакета IP через линию связи;
- задержки распространения сигнала;
- задержки в узлах обработки пакетов (маршрутизации и ожидания в очередях);
- протокольные задержки, которые связаны с повторной передачей пакета IP в доступе или в магистральной сети;

- задержки в шлюзах, обусловленные быстродействием межсетевых интерфейсов.

Таблица 6.2. **Примеры атрибутов, характеризующих качество услуг, предоставляемых с помощью IP**

Услуги	Вид услуги	Атрибуты качества
Речевые услуги	- Интернет-телефония - Видеоконференция - Видеотелефония - Интерактивные игры	задержка, джиттер пакетов, потери пакетов
	- Покупки в Internet	Потери пакетов
Услуги передачи сообщений	- Голосовая почта - Интернет-факс - Видео почта - Групповая почта	Нет
Услуги доставки данных	- Просмотр Web - Доставка новостей - Загрузка файлов	Нет
	- Видео-по-запросу	Потери и джиттер пакетов
Услуги трансляции без индивидуального контроля содержания	- Электронная корреспонденция - Реклама в Internet	Нет
	- Трансляция в реальном масштабе времени	Потери пакетов
Услуги трансляции с индивидуальным контролем содержания	- “Новости-по-запросу” - “Видео-по-запросу”	Потери и джиттер пакетов

На качество услуги в IP-терминалах влияет множество факторов:

- тип выбранного кодека;
- реакция кодека на снижение качества в сети доставки информации;
- характеристики акустического интерфейса;
- задержки обработки сигналов;
- задержки обработки вызовов;
- число речевых кадров, переносимых одним пакетом;
- задержки обработки, связанные с обеспечением безопасности;
- реализация буферов, используемых для минимизации дрожания фазы;
- задержки на пути цифровой или аналоговой среды распространения;
- показатели работы акустических устройств подавления эхо-сигнала.

На качество услуг IP-телефонии влияют следующие показатели ка-

чества доставки информации в магистральной IP-сети:

- задержка маршрутизации;
- потери пакетов при перегрузке;
- джиттер задержки.

Качество услуг IP-телефонии может быть соотнесено с одним из четырех классов (таблица 6.3):

- отличное (Excellent), когда полученное качество сравнимо с качеством услуги PSTN;
- хорошее (Good), к которому относится услуга с потенциальной возможностью предоставления качества, сравнимого с качеством услуги PSTN, но при наличии задержек может достигаться путем оптимизации использования полосы пропускания;
- среднее (Fain), сравнимое с качеством услуг беспроводной связи, например, в сетях подвижной связи стандарта GSM, и может быть реализовано в IP-сетях, не подверженных перегрузкам;
- недостаточное (Poor), при котором обеспечивается «приемлемое» взаимодействие пользователей, но со значительно ухудшенным качеством речи при отсутствии верхней границы на сквозные задержки.

Таблица 6.3. **Показатели качества доставки пакетов с речевой информацией службой с коммутацией пакетов**

Показатель	Уровни качества услуги			
	Отличный (Excellent)	Хороший (Good)	Средний (Fain)	Недостаточный (Poor)
Время установления соединения, с	0-1	1-3	3-5	Более 5
Время доставки пакета, мс	0-150	150-250	250-400	Более 400

При разделении качества услуг IP-телефонии на классы учитывается пять показателей (табл. 6.4):

- сквозное качество голоса в одном направлении;
- сквозная задержка;
- время установления соединения;
- коэффициент потерь пакетов IP;
- джиттер (jitter) задержки.

Таблица 6.4. **Классы качества услуг IP-телефонии**

Класс качеств услуги передачи речи		Excellent	Good	Fain	Poor
Качество голоса в одном направлении		Не хуже, чем по G.711	Не хуже, чем по G.726 для *V* = 32 Кбит/с	Не хуже, чем GSM-FR	–
Сквозная задержка		< 150 мс	< 250 мс	< 400 мс	> 400 мс
Время установления соединения	При прямой IP-адресации	< 1.5 сек	< 4 сек	< 7 сек	
	Перевод номера абонента с форматом, соответствующим E.164, в IP-адрес	< 2 с	< 5 с	< 10 с	
	Перевод номера абонента с форматом, соответствующим E.164, в IP-адрес через расчетную организацию	< 3 с	< 6 с	< 15 с	
	Перевод имени e-mail в IP-адрес	< 4 с	< 13 с	< 25 с	
Коэффициент потерь пакетов IP		0%	3%	15%	25%
Пиковое дрожание фазы (джиттер)		0 мс	75 мс	125 мс	225 мс

6.3 Соглашение об уровне качества услуги

Операторы связи нуждаются в универсальном способе договоренности с пользователем о качестве предоставляемых услуг – методе, который бы представил для оператора *качество услуг с точки зрения пользователя*. Таким методом стало "*соглашение об уровне обслуживания*" (Service Level Agreement, SLA).

Чтобы обеспечить определенный уровень качества услуги доставки информации, необходимо решить две задачи:

- контроля производительности сети;
- выполнения специальных процедур для поддержания требуемого уровня качества услуги.

Система управления должна использовать набор показателей для контроля производительности мультисервисной сети и ее объектов (коммутаторов, маршрутизаторов, шлюзов, серверов приложений и др.).

Показатели, используемые для описания качества услуги:

- *задержка установления соединения* (establishment delay);
- *задержка доставки данных «из конца в конец»* (end-to-end delay);

- *джиттер* (jitter);
- *задержка разъединения соединения* (release delay);
- *пиковая скорость передачи пакетов* (Peak-rate throughput) - максимальное число пакетов, которое приложение может передавать в единицу времени;
- *средняя скорость пакетов в единицу времени* (Statistical throughput);
- *коэффициент потерь* (Loss ratio) - отношение числа потерянных пакетов к количеству переданных;
- *приоритет* - определяет очередность обслуживания запросов;
- *стоимость* - определяет максимальную допустимую стоимость сетевого соединения.

Для полноценного использования этих показателей, необходимо определить ряд операций, позволяющих поддерживать качество услуги на уровне, удовлетворяющем пользователя.

К таким операциям относятся:

- спецификация качества услуги (QoS Specification);
- отображение качества услуги (QoS Mapping);
- установление соглашения о качестве услуги (QoS Negotiation);
- резервирование ресурсов (Resource Allocation);
- контроль доступа (Admission Control);
- техническое обслуживание (maintenance);
- мониторинг (monitoring);
- повторное установление соглашения (QoS Renegotiation).

Спецификация качества услуги (QoS Specification) – определяет требуемые уровни качества, которые интерпретируются системой. На каждом уровне OSI (1-ом, 2-ом, …, 7-ом), участвующем в предоставления услуги, используется своя спецификация качества. Значения уровня качества могут устанавливаться в виде порогов или интервалов. Спецификации качества могут определить действия, которые необходимо выполнить при нарушении (ухудшении) заданного уровня качества услуги.

Отображение QoS (QoS Mapping) — выполняет функции автоматического преобразования уровней качества услуги на разных уровнях, что освобождает пользователя от необходимости оценивать уровень качества услуги в терминах, используемых на нижних уровнях OSI.

Установление соглашения о качестве услуги (QoS Negotiation) — определение совокупности параметров, обеспечивающих требуемый для данного сеанса уровень качества услуги, и выяснение компонентов системы, способных его обеспечить. Например, на сетевом

уровне выбирается маршрут, в котором все входящие в него узлы смогут обеспечить выбранные параметры качества услуги.

Резервирование ресурсов (Resource Allocation) — гарантия необходимого уровня качества услуги на протяжении всего сеанса, часто бывает необходимо назначать определенный набор ресурсов для использования в данном сеансе. К ним могут относиться:

- буферы;
- процессорное время;
- полоса пропускания и др.

Данная функция должна выполняться в тесном взаимодействии с функцией установления соединения.

Контроль доступа (Admission Control) — проверка того, что система в состоянии обеспечить желаемый уровень качества услуги, не нарушив работу уже выполняющихся приложений.

Техобслуживание (QoS maintenance) — поддержание оговоренного уровня качества не всегда требует статического выделения ресурсов во время установления соглашения об уровне качества. Часто вместо этого необходимо использовать динамическое перераспределение ресурсов системы, чтобы гарантировать, что загрузка отдельных компонентов системы не будет превышена.

Мониторинг (QoS monitoring) — позволяет определить ухудшение параметров качества услуги в течение сеанса связи, что дает пользователю возможность своевременно предпринять необходимые действия. Например, принять предлагаемый провайдером новый уровень качества услуги, отказаться от продолжения сеанса, попытаться произвести процедуру повторного установления соглашения о качестве услуги.

Повторное установление соглашения (QoS Renegotiation) — процедура установления соглашения для тех компонентов системы, которые уже участвуют в сеансе связи. Необходимость ее проведения может быть обусловлена как понижением уровня качества, так и желанием оператора зарезервировать общие системные ресурсы за счет низкоприоритетных сеансов. Помимо этого, пользователь может захотеть использовать в разное время одни и те же ресурсы для различных целей и воспользоваться при этом повторным установлением соглашения с целью экономии средств.

Значение SLA на современном телекоммуникационном рынке

В процессе выбора поставщика услуг пользователя интересует три вопроса:

- доступность;
- производительность;

- качество функционирования приложения, обеспечивающего услугу.

Пользователь ожидает, что оператор (провайдер) обеспечит не только бесперебойное предоставление услуг, но и быстрое внедрение новых услуг. При этом подразумевается, что услуга будет предоставляться с надлежащей *скоростью и бесперебойно*.

Чтобы обеспечить выполнение этих требований, операторы связи могут использовать SLA, с помощью которого можно реализовать инструменты для идентификации, наблюдения и управления услугами.

SLA может изменяться от одного провайдера к другому и обычно касается доступности сети (услуг) и надежности передачи данных. Нарушения SLA провайдером услуг может компенсироваться пользователю при тарификации в последующий период пользования услугой.

Поскольку предоставление высококачественных услуг может стать для оператора *решающим фактором для привлечения и удержания «выгодных пользователей»*, то в условиях конкурентного рынка SLA является важным инструментом при предоставлении пользователю услуг с желаемым качеством.

Типовые примеры использования SLA

SLA между провайдерами услуг

Подобное соглашение обычно подразумевает, что первый провайдер обязуется передавать определенный объем данных через сеть второго провайдера. В ответ второй провайдер обязуется обеспечить при передаче этого объема данных определенные показатели качества доставки. Например: величина нагрузки ASR (Answer to Seize Ratio) > 78 % в час, если общий объем трафика в месяц составляет 1 млн. минут. При необходимости можно определить более подробные требования: по типу адресатов, по времени суток, по причинам разъединения и т. д.

SLA при аренде ресурсов транспортной сети

Такой тип SLA может использоваться в случае, когда пользователь арендует у провайдера часть ресурсов транспортной сети. Обычно, в таком случае провайдер предоставляет гарантии доступности линий передачи.

Например: доступность среды передачи > 99,8 % в месяц. Доступность может вычисляться по показателям производительности: недоступные секунды - UAS (UnAvailable Seconds), секунда с критическим числом ошибок - SES (Severely Error Seconds) и т. д., а также на основании данных об авариях объектов транспортной сети.

SLA при использовании сети сигнализации другого оператора

SLA регламентирует доступность используемой сети сигнализации. Например: доступность услуг сигнализации > 99,99 % и/или задается минимальное и максимальное число успешно переданных сообщений.

SLA для пользователей

Провайдеры могут предлагать SLA, базируясь на параметрах обслуживания определенного пользователя. Например: процент неуспешных вызовов < 0,5 % в месяц и процент блокированных вызовов в определенном направлении < 2 % в месяц.

Лучший источник информации для этого — сбор и обработка данных о вызовах (CDRbi), связанных с конкретным пользователем.

6.4 Требования, предъявляемые к средствам доставки информации в NGN

Мультисервисная сеть обслуживает трафик всех видов служб. Предъявлять одинаковые требования к показателям качества доставки информации для всех видов служб не представляется разумным по техническим и экономическим соображениям [2, 4, 5]. Поэтому в рекомендации ITU-T Y.1541 [3] выделено шесть классов, различающихся величинами показателей качества доставки. В таблице 6.5 приведены значения показателей качества доставки информации для всех шести классов. Эти значения определяются для таких показателей: IPTD – задержка переноса IP пакетов, IPDV – вариация задержки IP пакетов, IPLR – доля потерянных IP пакетов, IREP – доля искаженных IP пакетов. Символ "U" (первая буква в слове "Unspecified") указывает на то, что показатель для данного класса обслуживания не нормируется.

Таблица 6.5. **Показатели качества доставки информации в сети с пакетной коммутацией**

Класс качества доставки	IPTD [1]	IPDV [2]	IPLR	IREP
0 (приоритет 1)	100 мс.	50 мс. [3]	10^{-3}. [4]	10^{-4}. [5]
1 (приоритет 1)	400 мс.	50 мс. [3]	10^{-3}. [4]	
2 (приоритет 2)	100 мс.	U	10^{-3}.	
3 (приоритет 2)	400 мс.	U	10^{-3}.	
4 (приоритет 3)	1 с.	U	10^{-3}.	
5 (приоритет 3)	**U**	**U**	**U**	**U**

Примечания:

[1] При большом времени распространения сигналов могут возникать сложности с соблюдением норм на среднее значение времени задержки IP пакетов для классов "0" и "2". Величины IPTD определены для максимальной длины информационного поля пакета 1500 байтов.

[2] Величина IPDV определяется разницей между верхней границей, в качестве которой рекомендуется 99,9% квантиль (долей), и нижней границей задержки, измеренной в течение интервала оценки. В качестве длительности этого интервала предлагается выбирать одну минуту. Все эти соображения ITU-T считает предварительными и требующими дополнительного изучения.

[3] Эта величина зависит от пропускной способности тракта обмена пакетами. Приемлемая величина вариации достигается в трактах с пропускной способностью 2048 Кбит/с и более, а также при длинах информационного поля пакетов менее 1500 октетов.

[4] Требования для классов "0" и "1" отчасти основано на исследованиях, показывающих, что высококачественные голосовые приложения (и соответствующие кодеки) весьма эффективны при значениях IPLR менее 10^{-3}.

[5] Эта величина гарантирует, что потери пакетов будут компенсированы вышестоящими уровнями и допустимы при использовании связки технологий IP/ATM.

Класс обслуживания "0" предназначен для обмена информацией в реальном времени (в частности, для речи с использованием IP технологии). Он предусматривает создание отдельной очереди с приоритетной обработкой пакетов. Для класса обслуживания "0" характерны ограничения на принципы маршрутизации (максимальное число транзитов) и допустимое расстояние между взаимодействующими терминалами (время распространения сигналов).

Интерактивность (вероятность использования диалогового режима) для класса "0" определяется как "высокая" – high. Класс обслуживания "0" может использоваться, например, для *телефонной связи высокого качества (*perfectly*)*. Естественно, что тарифы за подобные услуги будут максимальными.

Класс обслуживания "1" также предназначен для обмена информацией в реальном времени, но с менее жесткими требованиями. Поэтому накладываются менее существенные ограничения на принципы маршрутизации и время распространения сигналов, чем для класса "0". Также предусматривается создание отдельной очереди с приоритетной обработкой пакетов. Класс обслуживания "1" обеспечивает *хорошее (good)* качество телефонной связи.

Класс обслуживания "2" ориентирован на обмен данными с высокой степенью интерактивности. К этому классу относится, в частности, сигнальная информация. Для класса обслуживания "2" характерны такие же ограничения на принципы маршрутизации и время распространения сигналов, как для класса "0". Для пакетов этого класса формируется своя очередь на обработку, которая осуществляется со вторым приоритетом. Это означает, что пакеты классов "0" и "1" имеют преимущество по обслуживанию, по сравнению с пакетами других классов.

Классу обслуживания "3", предназначенному для обмена с менее высоким уровнем интерактивности, присущи те же ограничения на принципы маршрутизации и время распространения сигналов, что и классу "1". Обслуживание пакетов этого класса должно осуществляться со вторым приоритетом. Этот класс *считается приемлемым для интерактивного обмена данными*.

Класс обслуживания "4" предназначен для обмена различной информацией с низкой вероятностью потери (короткие транзакции, потоковое видео и прочие). Допускаются длинные очереди пакетов на обработку, которая осуществляется со вторым приоритетом. Никакие ограничения на маршрутизацию и время доставки сообщений не накладываются.

Класс обслуживания "5" ориентирован на те IP приложения, которые не требуют высоких показателей качества доставки информации. Соответствующие пакеты формируют отдельную очередь; обслуживание осуществляется с самым низким приоритетом (в данном случае он имеет третий номер). Никакие ограничения на маршрутизацию и время доставки сообщений не накладываются. Типичным примером услуг, поддерживаемых с классом обслуживания "5", можно считать "электронную почту".

6.5 Механизмы обеспечения качества обслуживания пользователей

В тех случаях, когда при доставке информации необходимо переходить от одной технологии коммутации к другой, например, от КК к КП, в IP сети необходимо устанавливать буфер, который сглаживает джиттер (вариацию) задержки пакетов. Обычно в этом буфере пакеты испытывают задержку в 10 – 20 мс. Следовательно, при четырех переходах с одной технологии на другую (NG = 4) норма на среднюю задержку IPTD (первая строка в таблице 6.5) сокращается со 100 мс до 20 – 60 мс. Это означает, что системные принципы модернизации ССОП играют важную роль с точки зрения эффективного применения IP технологий.

Важный аспект рассматриваемой проблемы – взаимодействие с сетями мобильной связи. Широко распространенный в России стандарт GSM предусматривает низкоскоростное кодирование. Это приводит к росту задержки при обмене информацией и к некоторому ухудшению качества передачи голоса.

Очевидно, что нормирование показателей качества функционирования IP-сетей целесообразно осуществлять с учетом интересов всех Операторов. В любом случае каждый Оператор должен разработать свои предложения, касающиеся модернизации своей инфокоммуникационной сети.

На рисунке 6.2 приведена классификация услуг мультисервисных сетей. В некоторых технологиях доставки информации, например, Frame Relay, используется режим с установлением соединения (Connection-oriented, CO), а все ЛВС работают в режиме без установления соединения (Connectionless, CL). Служба ATM работает в обоих режимах, что позволяет ей более просто обеспечивать взаимосвязь ЛВС.

Услуги переноса предоставляются многопротокольной транспортной сетью и заключаются в прозрачной передаче информации пользователя между сетевыми окончаниями (Network Terminal, NT) без какого-либо анализа или обработки её содержания.

Услуга переноса, ориентированная на соединение, предназначена для передачи информации с помощью протоколов, требующих предварительного установления соединения (ATM, Frame Relay, X.25 и т.д.), или для передачи информации в режиме эмуляции синхронных цифровых каналов.

Услуга переноса, не ориентированная на соединение, предназначена для передачи информации с применением технологий, не требующих установления соединения, например, IP, Ethernet, Token Ring. Данная услуга предполагает реализацию в транспортной сети функций сервера CLS (Connectionless Server), основная задача которого заключается в обработке адресов получателей (включая групповые адреса) и управлении доставкой информации пользователя через многопротокольную транспортную сеть.

Рисунок 6.2 – Классификация услуг мультисервисных сетей

Применение услуг переноса для сетей с технологией ATM определено в [1]. К основным особенностям, отличающим инфокоммуникационные услуги от услуг электросвязи, относятся:

- в комплекс включают услуги всех уровней модели взаимосвязи открытых систем (ВОС), в то время как услуги электросвязи предоставляются на третьем (сетевом) уровне;
- большинство инфокоммуникационных услуг функционирует по принципу «клиент-сервер», клиентская часть реализуется в оборудовании пользователя, а серверная – в специальном сетевом узле, называемым узлом служб (Service Node, SN);
- инфокоммуникационные услуги предполагают передачу мультимедиа информации, при этом, приложения, создающие нагрузку, предъявляют высокие требования к скорости передачи и характеризуются несимметричностью объемов входящего и исходящего информационных потоков;
- инфокоммуникационные услуги предполагают преобразование информации из одного вида в другой, например, факс-текст, голос-текст и т.п.;
- для эффективного предоставления инфокоммуникационных услуг могут требоваться сложные многоточечные конфигурации соединений;
- для инфокоммуникационных услуг характерно широкое разнообразие прикладных протоколов и возможности по управлению услугами со стороны пользователя;

- при предоставлении инфокоммуникационных услуг требуется преобразование логического номера, присваиваемого абоненту мультисервисной сети, в физический номер для маршрутизации вызова по многопротокольной транспортной сети;
- при предоставлении доступа к инфокоммуникационным услугам должна осуществляться аутентификация пользователя.

Важным для инфокоммуникационных услуг является понятие «*приложение*». *Приложение* определяется как услуга, функциональность которой распределена между оборудованием поставщика услуги и оконечным оборудованием пользователя. Как следствие - оконечное оборудование участвует в предоставлении инфокоммуникационной услуги.

Инфокоммуникационные услуги, функционирующие по принципу «клиент-сервер», относятся к категории приложений.

К инфокоммуникационным услугам, прежде всего, следует отнести услуги мультимедиа.

В соответствии с Рекомендациями ITU-T, классификация услуг мультимедиа такова:

- мультимедиа конференции (Multimedia Conference services);
- сбора и накопления информации мультимедиа (Multimedia collection services);
- диалоговые (Conversational services);
- передачи сообщений (Message services);
- услуги с выборкой информации (Retrieval services);
- услуги с распределением (Distribution services) – с индивидуальным управлением предоставлением информации со стороны пользователя и без такого управления.

На начальном этапе создания и эксплуатации мультисервисной сети основной услугой, предоставляемой пользователям, будет широкополосный доступ к Internet и связанные с ним услуги Web и FTP хостинга. Вместе с тем, по мере развития мультисервисной сети, получат распространение и другие услуги, такие как организация виртуальных частных сетей (VPN), IP-телефония, электронная коммерция, услуги службы универсальных сообщений (Unified messaging), дополнительные телефонные линии поверх ADSL, видео/аудио по запросу, интерактивные игры, видеоконференцсвязь, телемедицина, телеобучение.

Все большую часть потоков в мультисервисных сетях составляют потоки информации, чувствительной к задержкам. Максимальная задержка не должна превышать нескольких десятых долей секунды (таблица 6.5), причем сюда входит и время обработки информации на конечной станции. Вариацию задержки также необходимо свести к

минимуму. Кроме того, необходимо учитывать, что при сжатии (компрессии) информации, обмен которой должен происходить в реальном времени, она становится более чувствительной к ошибкам, возникающим при передаче, и их нельзя исправлять путем переспроса именно из-за необходимости передачи в реальном времени.

Телефонный разговор – это интерактивный процесс, не допускающий больших задержек. В соответствии с рекомендацией ITU-T G.114, для большинства абонентов задержка речевого сигнала на 150 мс приемлема, а задержка на 400 мс - недопустима.

Общая задержка речевой информации делится на две основные части - задержка при кодировании и декодировании речи в шлюзах или терминальном оборудовании пользователей и задержка, вносимая самой сетью. Уменьшить общую задержку можно двумя путями:

- создавать инфраструктуру сети таким образом, чтобы задержка доставки была минимальной;
- уменьшать время обработки речевой информации в шлюзе.

Для уменьшения задержки в сети нужно сокращать количество транзитных маршрутизаторов и соединять их между собой высокоскоростными каналами. А для сглаживания вариации задержки можно использовать такие эффективные методы как, например, механизмы резервирования сетевых ресурсов.

В сети могут возникать локальные и глобальные перегрузки. Перегрузки приводят к понижению качества предоставляемых услуг.

Причины перегрузки многообразны. Они могут быть связаны:

- с отказами элементов сети (линий, ЦСП, узлов);
- с непредусмотренным ростом интенсивности поступающих в сеть пользовательских требований;
- с недостатками проекта сети;
- с неквалифицированным вмешательством технического персонала.

Концепция системы управления сетью может быть ориентирована на одну из стратегий:

- *статическое* управление ресурсами;
- динамическое управление ресурсами.

Стратегия статического управления сетью не может быть использована в цифровой сети, в которой интегрировано множество служб.

Динамическое управление сетью предполагает доступность данных об адресах объектов с отказами и перегрузками, о характеристиках сети в любой момент времени:

- о среднем времени задержки пакетов в потоке;
- о джиттере;

- о вероятности потери пакетов при различных значениях приоритета перегрузки.

Контроль характеристик информационных потоков позволяет эффективно противостоять перегрузкам и повышать долю обслуженного трафика в поступающем трафике пользователей.

Достоинства динамического управления сетью общеизвестны:

- высокая эффективность использования сетевых ресурсов;
- высокая скорость локализации отказов и перегрузок и эффективное использование этих данных для нормализации работы сети;
- высокая устойчивость работы сети в нестандартных условиях благодаря оперативному использованию резерва пропускной способности трактов и производительности узлов;
- гарантии передачи потока пользователя с требуемой скоростью и качеством.

6.6 Защита от перегрузок

Управление трафиком подразумевает целенаправленное распределение ресурсов сети для удовлетворения требований пользователей. Сеть располагает следующими ресурсами:

- производительность узлов;
- полоса пропускания цифровых трактов;
- объем буферных накопителей, предназначенных для хранения пакетов в процессе обработки их заголовков в узле сети.

В процессе управления трафиком решаются следующие задачи:

1) принятие мер для ликвидации перегрузки в узлах;
2) управление входящими потоками (для предупреждения перегрузки и предотвращения распространения перегрузки, возникшей в данном узле, на другие объекты сети);
3) маршрутизация (для выбора оптимальных путей передачи потоков);
4) предоставление пользователям необходимых ресурсов с учетом требуемого качества услуг.

При перегрузках имеет место такое явление, когда исполненная нагрузка резко снижается. Наступает так называемая деградация сети, вызванная резким увеличением задержки, джиттера и потери пакетов.

В моменты сильной перегрузки происходит снижение исполненной нагрузки из-за большой доли потерянных пакетов и необходимости повторных передач, что приводит к очень заметному увеличению трафика, возрастанию времени доставки и резкому снижению качества обслуживания.

При доставке речевой информации и видео повторная передача потерянных пакетов не производятся. Поэтому снижение исполненной нагрузки происходит несколько медленнее за счет, прежде всего, только потери пакетов, а также больших значений времени задержки и джиттера.

Можно по-разному классифицировать методы борьбы с перегрузками. Если в качестве признака классификации принять реакцию сети на перегрузку, то можно выделить три категории:

- менеджмент перегрузок;
- предотвращение перегрузки;
- восстановление работоспособности сети или ее элементов после перегрузки.

Менеджмент перегрузок

Менеджмент перегрузки осуществляется в области, где перегрузки нет, с целью предотвращения перегрузки.

Основными мерами защиты от перегрузок в этом случае являются:

- распределение ресурсов;
- сброс пакетов при контроле параметров трафика пользователя;
- контроль доступа в сеть по пиковой скорости потока пакетов, гарантирующий отсутствие перегрузки полосы пропускания;
- совершенствование архитектуры сети.

Предотвращение перегрузок

Основными методами предотвращения перегрузок являются:

- так называемое явное прямое указание перегрузки (Explicit Forward Congestion Indication, EFCI);
- маркировка пакетов при контроле параметров пользователя;
- управление доступом к сети на основе доступной скорости по принципу "overbooking";
- блокировка заявок;
- контроль потока служб ПД без установления соединения на основе окна, скорости и кредита.

Управление доступом к сети

Управление доступом к сети при предотвращении перегрузок осуществляется в соответствии с принципом "overbooking", который заключается в том, что допускается установление большего количества соединений, чем позволяет ресурс пропускной способности при управлении доступом по пиковой скорости. Когда большое количество соединений использует общий ресурс, то маловероятно, что все они будут работать на пиковой скорости.

Обычно используются три метода управления потоком [7]:

- на основе окна;

- на основе скорости;
- на основе кредита.

Применение метода контроля потока «на основе окна» позволяет ограничить объем потока данных (называемый окном), передаваемый источником, и осуществить регулировку размера окна с помощью обратной связи. Контроль потока на основе окна очень прост. Он был первым методом, использованным в сетях передачи данных. С некоторыми уточнениями метод используется в Internet.

При контроле потока «на основе скорости» вместо размера окна контролируется скорость передачи источника, выражаемая в количестве пакетов, передаваемых за период отклика. Первоначально скорость передачи равна нулю. С каждым периодом отклика коммутатор обеспечивает обратную связь с источником, увеличивая или уменьшая допустимую скорость источника.

При контроле потока «на основе скорости» обеспечивается более равномерная расстановка пакетов, а также более высокая пропускная способность, по сравнению с управлением на основе окна.

При управлении потоком «на основе кредита» источник может продолжать отправлять пакеты до тех пор, пока отсчет кредита превышает ноль. В каждый период отклика коммутатор посылает сообщения обратной связи, объявляя новое значение кредита каждому источнику. Кредит рассчитывается коммутатором как число оставшихся ячеек в буфере для каждого виртуального соединения.

Метод кредита приводит к очень прерывистой, но регулярной передаче ячеек, позволяет изолировать все виртуальные соединения друг от друга.

Восстановление сети после начавшихся перегрузок

Восстановление после начавшихся перегрузок – это реакция на попадание сети в зону сильных перегрузок. Основными методами восстановления являются:

- селективный сброс пакетов при контроле параметров потока пользователя;
- динамическое управление параметрами потока пользователя;
- уменьшение интенсивности нагрузки под воздействием обратной связи;
- обратная связь при наличии потерь;
- разъединение (сброс) соединений;
- управляющие воздействия операторов.

Для фактического решения задач управления трафиком необходимо преодолеть пока еще существующее отставание производительности узлов сети от достигнутой скорости передачи по линиям.

Контрольные вопросы

1. Поясните содержание термина «*Семантическая прозрачность сети*».
2. Что понимают под «коэффициентом двоичных ошибок (Bit Error Rate, BER)»?
3. Поясните содержание термина «*Временна́я прозрачность сети*».
4. При каком значении задержки доставки IP-пакетов через сеть голосовое взаимодействие затруднено?
5. Проведите классификацию услуг мультисервисных сетей.
6. Каковы особенности, отличающие *инфокоммуникационные услуги* от услуг электросвязи?
7. Проведите классификацию услуг мультимедиа.
8. Из каких частей состоит общая задержка речевой информации, пересылаемой мультисервисной сетью?
9. Какие факторы влияют на качество предоставляемой услуги?
10. Дайте определение понятия *качество услуги* (обслуживания) (Quality of Service, QoS) в соответствии с Рекомендацией ITU-T E.800.
11. Зависят ли показатели качества услуги с точки зрения пользователя от структуры сети?
12. Каково различие между качеством обслуживания (КО) и характеристиками сети (ХС)?
13. Какие показатели используются для описания качества услуги?
14. Приведите перечень операций, позволяющих поддерживать качество услуги на уровне, удовлетворяющем пользователя.
15. Раскройте понятие "соглашение об уровне обслуживания" (Service Level Agreement, SLA).
16. Охарактеризуйте показатели качества доставки информации мультимедиа в IP-сети.
17. Каковы причины перегрузки мультисервисной сети?
18. Что понимают под стратегией динамического управления сетью?
19. Каковы достоинства динамического управления сетью?
20. Что понимают под «управлением (менеджментом) перегрузками»?
21. Охарактеризуйте методы управления потоком на основе *окна, скорости*, *кредита*.
22. Охарактеризуйте методы восстановления сети после начавшихся перегрузок.

Библиография

1. РД 45.123-99 «Порядок применения технологии асинхронного режима переноса на Взаимоувязанной сети связи России».
2. ITU-T Y.1401 (10/2000). Internet protocol aspects – Interworking. General requirements for interworking with Internet protocol (IP)-based networks.
3. Рекомендация МСЭ-Т Y.1541 ((02/2006). Требования к сетевым показателям качества для служб, основанных на протоколе IP.
4. Рекомендация МСЭ-Т Y.1541 ((06/2006). Требования к сетевым показателям качества для служб, основанных на протоколе IP. Изменение 1: Новое Дополнение X – Пример, показывающий метод расчета IPDV на основе множества сегментов.
5. ITU-T Y.1542 (07/2006). Internet protocol aspects – Quality of service and network performance. Framework for achieving end-to-end IP performance objectives.
6. В.В. Величко, Е.А. Субботин, В.П. Шувалов, А.Ф. Ярославцев Телекоммуникационные системы и сети. Современные технологии, Том 3 Мультисервисные сети. М.: Горячая линия-Телеком. 2005. 592 с.
7. Столлингс В. Современные компьютерные сети. 2-е издание. – СПб: ПИТЕР. 2003. 783 с.
8. Vegesna S. Качество обслуживания в сетях IP. – М.: «Вильямс», 2003, 366 с.
9. ITU-T Rec. E.800 (08/94) Terms and definitions related to quality of service and network performance including dependability
10. Битнер В.И., Попов Г.Н. Нормирование качества телекоммуникационных услуг. М.: Горячая линия-Телеком. 2004. 306 с.

Глава 7 Выбор телекоммуникационной технологии для транспортной сети нового поколения (NGN)

7.1 Технология асинхронного метода переноса

Асинхронный метод переноса (Asynchronous Transfer Mode) – технология передачи и коммутации широкополосной цифровой сети с интеграцией служб (Broadband ISDN) [1]. Скорость обработки данных пользователя в коммутаторах ATM (узлах ядра сети) может составлять 10 Гбит/с. Сеть с технологией ATM предоставляет услуги передачи речи, подвижных изображений, данных с высокой гарантией качества, с ориентацией и без ориентации на соединения.

Соответствие между моделями протоколов B-ISDN и OSI обеспечивается на физическом и частично на звеньевом уровне (ATM и часть функций уровня адаптации ATM). На верхних уровнях модели могут использоваться другие технологии, например, TCP/IP.

Эталонная модель протоколов B-ISDN с технологией ATM приведена на рисунке 7.1.

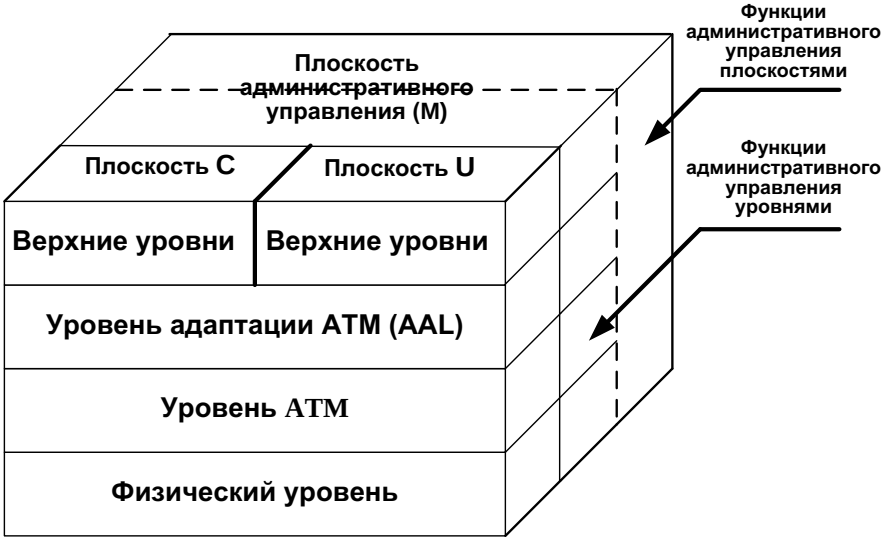


Рисунок 7.1. Эталонная модель протоколов B-ISDN

Плоскость управления (C) имеет уровневую структуру и определяет протоколы сигнализации, установления, разъединения и контроля соединений.

Плоскость пользователя (U) имеет уровневую структуру и обеспечивает транспортировку пользовательской информации с защитой от ошибок, контролем и управлением потоком, ограничением нагрузки.

Плоскость административного управления (M) реализует выполнение двух видов функций: управления (менеджмента) плоскостями и управления уровнями. Функции управления плоскостями, не разделенные на уровни, состоят в координации взаимоотношений всех остальных объектов модели, то есть относятся ко всей B-ISDN.

Плоскость управления уровнями имеет уровневую структуру и ориентирована на решение задач управления сетью, распределения сетевых ресурсов (с оперативным согласованием их с параметрами трафика), обработки информации эксплуатации и технического обслуживания.

Физический уровень соответствует первому уровню модели ВОС и реализует согласование уровня АТМ с физической средой. *Уровень АТМ* и часть *уровня адаптации АТМ* соответствуют уровню звена данных модели ВОС. Часть функций уровня адаптации АТМ соответствуют сетевому (третьему) уровню модели ВОС.

Физический уровень разделен на два подуровня: *зависящий от физической среды и конвергенции* (сходство, приближение) *с системой передачи*. Подуровень, зависящий от физической среды, определяет скорость передачи потока битов через физическую среду, обеспечивает синхронизацию между сторонами передачи и приема, линейное кодирование. Если в качестве физической среды используется ВОЛС, то на этом подуровне обеспечивается электронно-оптическое и оптоэлектронное преобразование сигнала. Основное назначение подуровня конвергенции с системой передачи - определение порядка передачи ячеек АТМ в битовом потоке.

Основным назначением уровня АТМ является обеспечение независимости уровней выше физического от типа линии и вида передаваемой информации. Функции уровня АТМ таковы:

- мультиплексирование и демультиплексирование ячеек АТМ;
- преобразование идентификаторов виртуальных путей (ИВП) и виртуальных каналов (ИВК);
- генерация или удаление заголовков ячеек;
- общее управление потоком в интерфейсе "пользователь-сеть".

В таблице 7.1 приведены основные функции протоколов ATM.

Таблица 7.1. **Основные функции протоколов B-ISDN**

Наименование уровня	**Наименование подуровня**	**Основные функции**
Адаптации ATM	Конвергенции	Конвергенция к службе
	Сегментации и сборки	Сегментация и сборка
ATM		• Общее управление потоком; • Генерация (при передаче), удаление заголовка ячейки ATM (при приеме); • Преобразование идентификаторов виртуальных путей и виртуальных каналов; • Мультиплексирование (при передаче), демультиплексирование (при приеме).
Физический	Конвергенции с системой передачи	• Согласование скорости ячеек ATM; • Формирование поля контроля ошибок (при передаче), обнаружение и исправление ошибок (при приеме); • Адаптация потока ячеек ATM к кадру системы передачи (при передаче), выделение ячеек из кадра (при приеме); • Генерация кадра системы передачи и его восстановление на приеме.
	Зависящий от физической среды	• Синхронизация; • Передача двоичного сигнала в данной среде.

Мультиплексирование ячеек от разных источников в единый поток происходит на передающей стороне. На приемной стороне выполняется разделение единого потока ячеек ATM на множество потоков в соответствие с их идентификаторами ИВП и ИВК.

Функции уровня адаптации ATM определены в Рекомендации МСЭ-Т I.362 и состоят в предоставлении услуг более высоким уровням.

Подуровень сегментации и сборки на передающей стороне обеспечивает разделение (сегментацию) блоков данных более высокого уровня на сегменты, объем которых достаточен для размещения в информационном поле ячейки ATM. На приемной стороне протокол этого уровня восстанавливает блоки данных из информационных полей ячеек уровня ATM.

Функции *подуровня конвергенции* уровня адаптации ATM существенно зависят от вида службы. Здесь учитываются требования служб 4-х классов. Этот подуровень предоставляет более высоким уровням услуги подуровня сегментации и сборки через *точки доступа к услугам*. Для каждой из существующих служб разработан свой протокол уровня адаптации ATM, так как конкретная служба формирует информационные блоки данных своеобразной структуры и

предъявляет специфические требования к их переносу через сеть АТМ.

На рисунке 7.2 показан формат информационной единицы переноса данных между коммутаторами сети – ячейка АТМ (sell) длиной 53 октета (заголовок 5 октетов, нагрузочная часть 48 октетов).

Рисунок 7.2 – Формат ячейки АТМ

Информационная единица коммутации, используемая в коммутаторе АТМ – быстрый пакет (fast packet), состоящий из ячейки АТМ и маршрутной метки (ММ), с помощью которой обеспечивается коммутация БП с входа на выход коммутационного поля (рисунок 7.3). Количество бит в маршрутной метке зависит от структуры коммутационного поля узла.

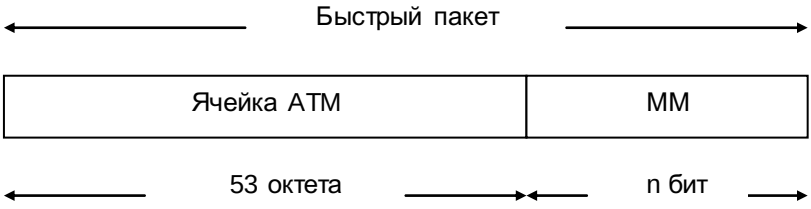


Рисунок 7.3 – Формат быстрого пакета (fast packet)

На рисунке 7.4 показано использование технологии АТМ для доставки пакетов IP в транспортной сети.

Технология АТМ располагает собственной двухуровневой системой меток. Метки называются идентификаторами виртуальных трактов (VPI) и идентификаторами виртуальных каналов (VCI). В каждом звене виртуального соединения, устанавливаемого в *транспортной сети с технологией АТМ*, ячейкам АТМ (ATM Cells), которые перено-

сят содержимое пакета IP, придается уникальное значение VPI. Идентификаторы виртуальных каналов (VCI) заголовка ячейки ATM идентифицируют конкретный поток ячеек ATM пользователя и поэтому коммутаторами транспортной сети с технологией ATM не интерпретируются.

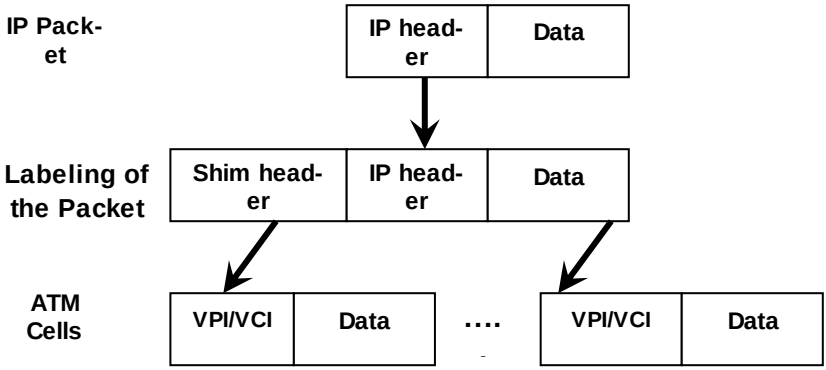


Рисунок 7.4 – Использование технологии ATM для доставки пакетов IP в транспортной сети

7.2 Технология многопротокольной коммутации с помощью меток (MPLS)

Технология MPLS (Multiprotocol Label Switching) [2] использует коммутацию пакетов с помощью меток и применяется для доставки информации в транспортной сети NGN (рисунок 7.5).

В формате метки имеется 4 поля: время жизни пакета (Time to Live) – 8 бит; индикатор стека меток (Stack Identifier, SI) – 1 бит (SI=1 – последняя (нижняя) метка стека); признак приоритетности кадра (Exp) – 3 бита; собственно метка (Label) – 20 бит.

На рисунке 7.6 показаны граничные (Label Edge Router, LER) и транзитные маршрутизаторы (Label Switching Router, LSR) домéна MPLS, коммутирующие пакеты с помощью меток.

На рисунке 7.7 показан путь (Path), связывающий с помощью LSR два граничных маршрутизатора. В LSR пакеты коммутируются с помощью меток.

На рисунке 7.8 показан способ доставки данных двух классов (FEC - Forwarding Equivalence Class) в домéне MPLS.

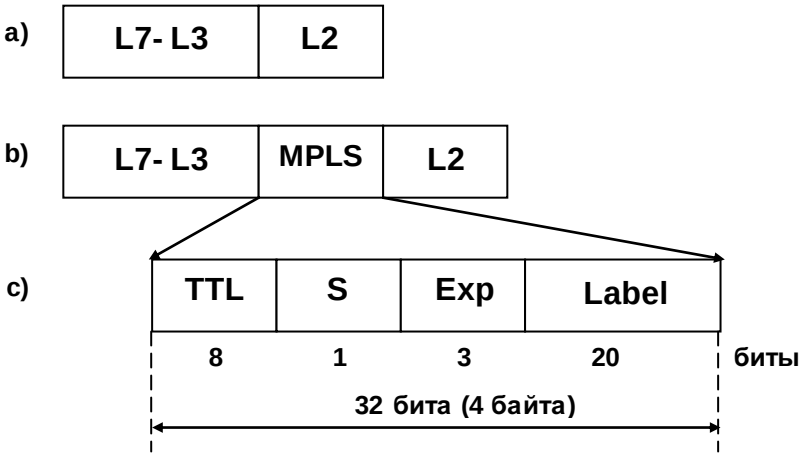


Рисунок 7.5 – Место метки (прокладки) MPLS и ее формат

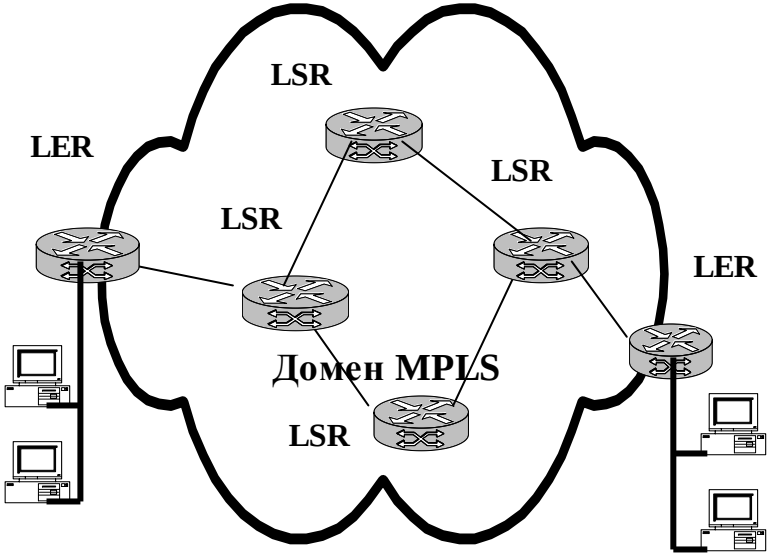


Рисунок 7.6 – Граничные (Label Edge Router, LER) и транзитные маршрутизаторы (Label Switching Router, LSR) домéна MPLS

Потоки пакетов IP пересылаются через Internet без гарантий качества доставки. Если информация пользователей чувствительна к задержке, потерям, джиттеру задержки, то для пакетов предварительно может быть создан путь в домéне MPLS, показатели качества доставки в котором гарантируются. Для каждого класса доставки (FEC) пакетов может быть создан отдельный путь.

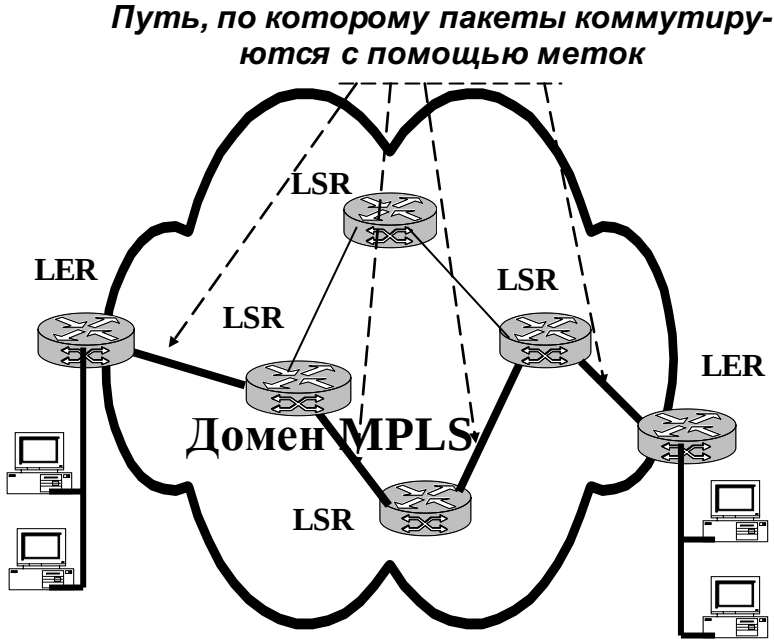


Рисунок 7.7 – Путь (Path), связывающий с помощью LSR два граничных маршрутизатора; в LSR пакеты коммутируются с помощью меток

На рисунке 7.8 показано два пути для помеченных пакетов классов A (стек меток L5, L7 домéна с технологией ATM) и B (стек меток L11, L33 домéна с технологией FR) с определенными гарантиями качества доставки информации.

На рисунке 7.9 показаны метки (L3, L5, L9, L20), уникальные в каждом звене, которые используются для коммутации пакетов в домéне MPLS.

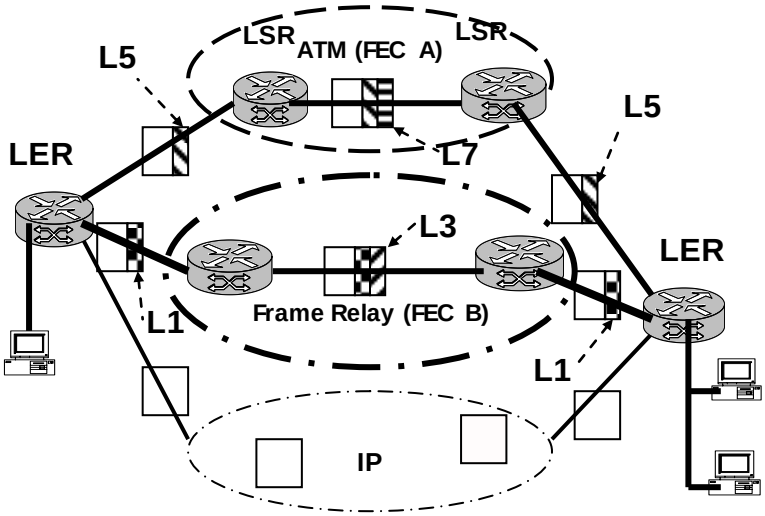


Рисунок 7.8. Доставка данных двух классов (FEC - Forwarding Equivalence Class) в домéне MPLS

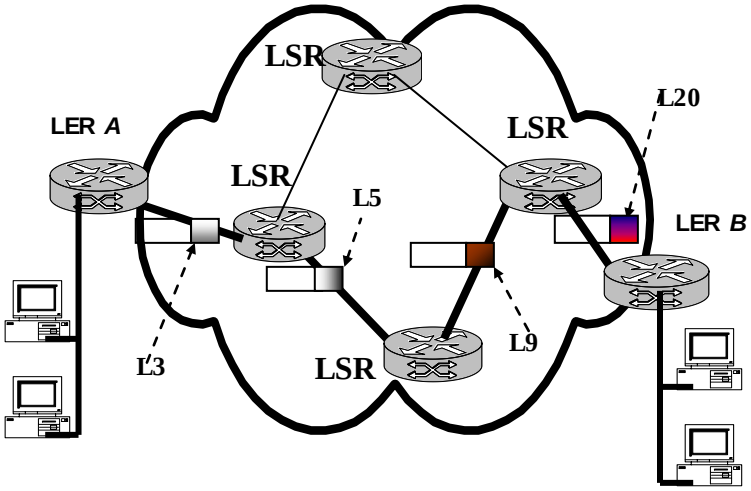


Рисунок 7.9 – Метки, уникальные в каждом звене, используются для коммутации пакетов в домéне MPLS

Путь, созданный для доставки помеченных пакетов от входного граничного маршрутизатора LER *A* (слева на рисунке 7.9) до выходного маршрутизатора LER *B*, может состоять из нескольких звеньев. В каждом звене пути используется уникальная метка.

На рисунке 7.10 показан стек (Push) меток (L2/L1) и туннелирование потока пакетов через сеть 2.

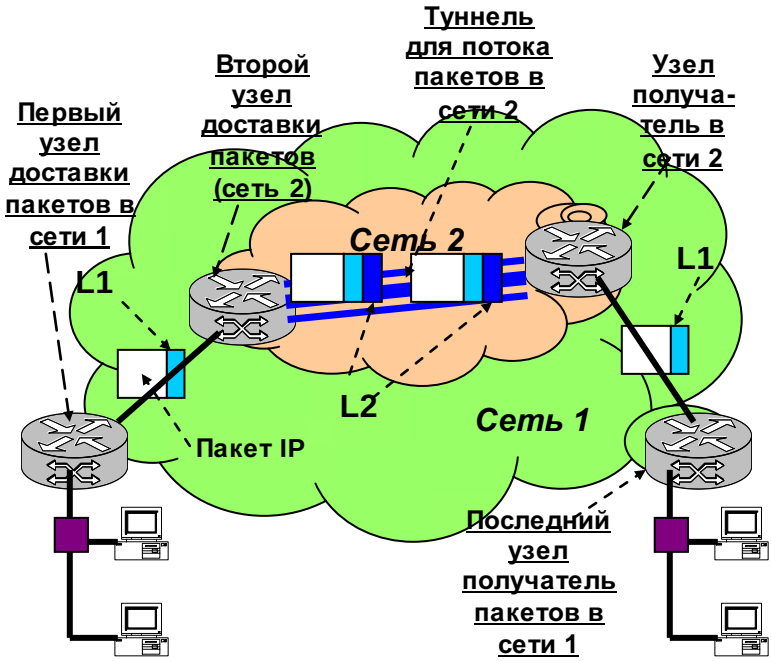


Рисунок 7.10 – Стек (Push) меток и туннелирование потока пакетов через сеть 2

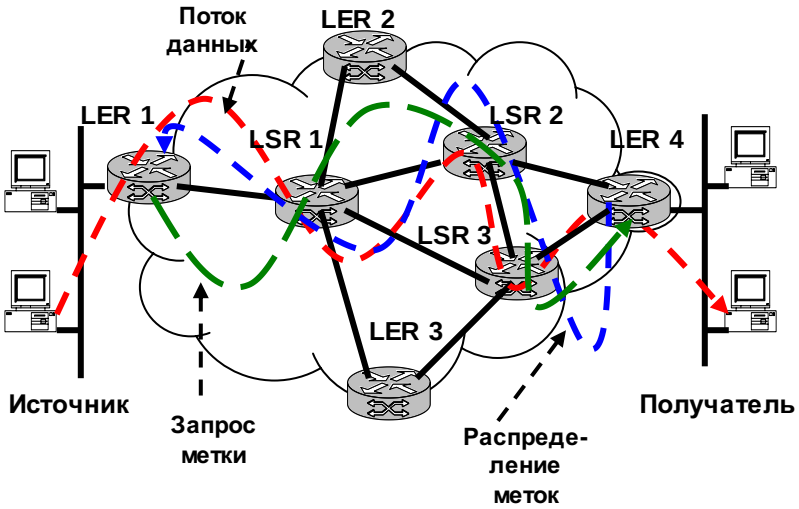
Сеть 1 может принадлежать одному оператору, а сеть 2 - другому. Путь доставки помеченных пакетов может проходить через две сети и более. Для доставки пакетов между двумя граничными маршрутизаторами в сети 1 может использоваться нижняя метка L1, а при до-

ставке тех же пакетов в транзитной сети 2 – верхняя метка стека L2. Таким образом, в сети 2 образуется туннель для помеченных пакетов с меткой L1.

На рисунке 7.11 показано создание пути, коммутируемого с помощью меток (Label Switched Path, LSP), и доставка пакетов IP через домéн MPLS.

Доставка пакетов IP по своей природе не требует установления соединения, так как маршрутизация каждого пакета осуществляется на основе информации, содержащейся в его заголовке.

Совокупности пакетов, поступающих на входной порт LER1, присваивается класс доставки (Forwarding Equivalence Class, FEC). Для доставки этой совокупности пакетов LER1 запрашивает метку у LER4. Протокол распределения меток (Label Distribution Protocol, LDP) подготавливает путь (Label Switched Path) от LER1 к LER4, распределяя метки вдоль пути, коммутируемого с помощью меток. После этого помеченные пакеты будут передаваться от источника (Source) к получателю (Destination) по виртуальному соединению "*LER1 – LSR1 – LSR2 – LSR3 – LER4*" домéна MPLS. Распределение меток обеспечивает наличие у смежных маршрутизаторов общего отображения привязки меток к FEC (классу доставки).



LER 1 – входящий пограничный маршрутизатор;
LER 4 – выходной пограничный маршрутизатор;
LSR 1, LSR 2, LSR 3 – транзитные маршрутизаторы, коммутирующие пакеты с помощью меток.

Рисунок 7.11 – Создание пути, коммутируемого с помощью меток (Label Switched Path, LSP), и доставка пакетов IP через домен MPLS

В технологии MPLS используется принцип разделения маршрутизации и доставки (пересылки). На рисунке 7.12 приведены протоколы маршрутизации прикладного уровня, которые используют план распределения информации (ПРИ) и топологию сети для формирования таблиц маршрутизации и коммутационных таблиц для коммутирующих маршрутизаторов LER и LSR.

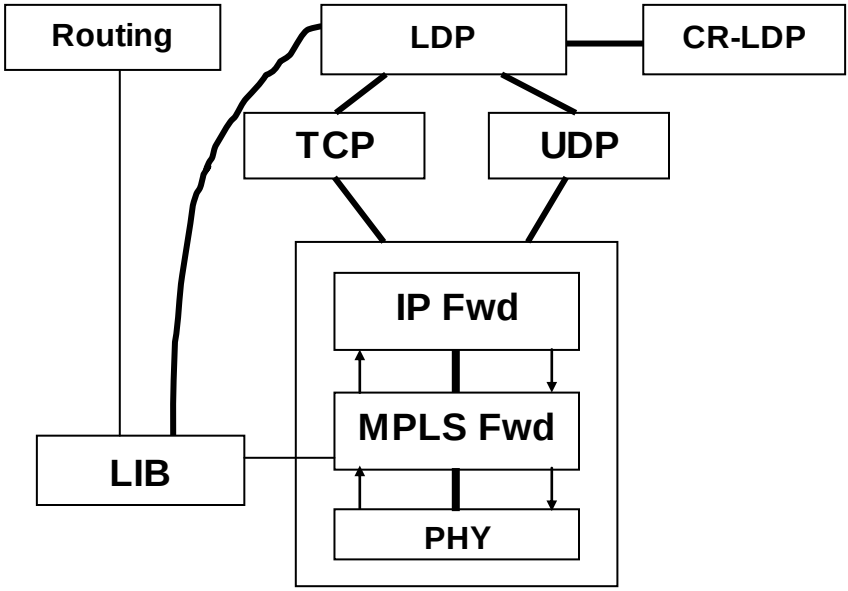
Базовые компоненты MPLS разделены на следующие уровни:

- протокол маршрутизации сетевого уровня (network layer IP routing protocols);
- доставка данных вне сетевого уровня (edge of network layer forwarding);
- коммутация с использованием меток в ядре сети (core network label-based switching);
- детализация и схемотехника меток (label schematics and granularity);
- сигнальный протокол для распределения меток (signaling protocol for label distribution);
- управление трафиком (traffic engineering);
- совмещение вариантов доставки данных на 2-ом протокольном уровне [ATM, frame relay, PPP] - compatibility with various Layer-2 forwarding paradigms (ATM, frame relay, PPP).

Рисунок 7.12 – Разделение маршрутизации и доставки (пересылки) при применении технологии MPLS

На рисунке 7.13 приведен стек протоколов MPLS.

На прикладном уровне решаются задачи маршрутизации, распределения меток (LDP). Доставка сигнальных сообщений протокола LDP может быть поддержана протоколами TCP и UDP транспортного уровня Internet. Протоколы маршрутизации и распределения меток используют оперативную информацию библиотеки программ и данных (LIB). Протокол маршрутизатора IP с функциями MPLS использует таблицу коммутации (MPLS Fwd) для присвоения пакетам меток. Дополнительные данные для маршрутизации пакетов в домене MPLS, отсутствующие в заголовке пакетов IP и учитывающие требования протоколов верхних уровней, могут быть получены из библиотеки программ и данных.



LDP (Label Distribution Protocol) – протокол распределения меток;
CR-LDP – LDP + “Constraint” based “Routing” (протокол распределения меток + маршрутизация на основе ограничений);
LIB (Library) – библиотека программ и данных;
MPLS Fwd – доставка данных с помощью технологии MPLS;
IP Fwd – доставка данных с помощью протокола IP;
TCP (Transmission Control Protocol) – протокол управления передачей;
UDP (User Datagram Protocol) – протокол передачи дейтаграмм пользователя.

Рисунок 7.13 – Стек протоколов MPLS

Стек меток

Помеченные пакеты могут нести в себе несколько меток, уложенных в порядке “последним пришел - первым вышел”. Будем называть это стеком меток. Обработка всегда базируется на верхней метке, без учета того, что некоторое число других меток лежало поверх данной в прошлом, или того, что какое-то их число лежит под ней сейчас (рисунок 7.14). Если стек меток имеет глубину **m**, то считается, что метка на дне стека размещена на уровне 1, метка над ней (если таковая имеется) имеет уровень 2, а метка наверху стека имеет уровень **m**.

Запись “следующая пересылка с помощью метки” (Next Hop Label Forwarding, NHLFE) используется при переадресации помеченных пакетов. Здесь содержится следующая информация:

- следующий шаг пакета;
- операция, которая должна быть произведена над стеком меток.

Операции над стеком меток:

a) заместить метку наверху стека специфицированной новой меткой;

b) извлечь метку из стека;

c) заместить метку наверху стека специфицированной новой меткой и затем ввести в стек одну или более специфицированных меток.

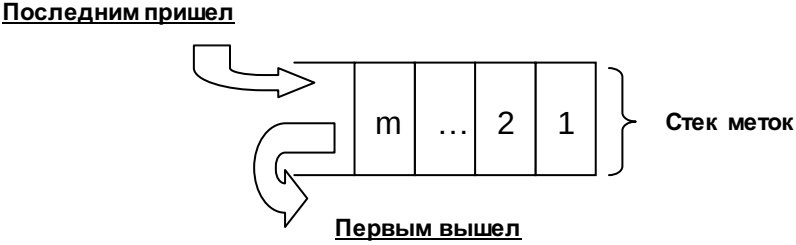


Рисунок 7.14 – Стек меток MPLS

Следующим шагом пакета в домене MPLS может стать текущий коммутирующий маршрутизатор (LSR). В этом случае LSR должен будет извлечь метку из стека и затем переадресовать полученный пакет самому себе. Затем он примет следующее решение переадресации, базирующееся на полученном состоянии стека меток. Это под-

разумевает, что в некоторых случаях LSR должен будет работать с IP-заголовком для того, чтобы переадресовать пакет.

Если следующим шагом пакета является текущий LSR, тогда операцией над стеком меток должно быть "выталкивание метки из стека" (popping, pop).

Установление соответствия для входных меток (Incoming Label Map, ILM)

Операция ILM устанавливает соответствие каждой входящей метки набору NHLFE. Эта операция используется в случае, когда подлежащие переадресации пакеты являются помеченными (снабженными стеком меток).

Если ILM связывает определенную метку с набором NHLFE, который содержит более одного элемента, только один элемент должен быть выбран из набора, прежде чем пакет будет переадресован

Установление соответствия между FEC и NHLFE (FTN)

Методика "FEC-to-NHLFE" (FTN) устанавливает соответствие между каждым классом доставки (Forwarding Equivalence Class, FEC) и набором NHLFE. Она используется при переадресации непомеченных пакетов, при необходимости их пометки до переадресации.

Замена меток

Замена меток (Label swapping) представляет собой использование следующих процедур для переадресации пакетов. Для того чтобы переадресовать помеченный пакет, LSR рассматривает метку наверху стека. Он использует ILM для установления соответствия этой метки набору NHLFE. Используя информацию из NHLFE, LSR определяет адрес для переадресации пакета и выполняет некоторую операцию над стеком меток, затем записывает новую метку в стек и переадресует пакет.

Для того чтобы переадресовать непомеченный пакет, LSR анализирует заголовок сетевого уровня для определения FEC пакета. Затем он использует FTN, для того чтобы установить соответствие с NHLFE. Используя информацию NHLFE, LSR определяет адрес порта и выполняет некоторую операцию над стеком меток пакета. Извлечение метки из стека в этом случае будет нелегальным. Важно отметить, что при использовании коммутации с помощью меток следующий шаг переадресации всегда берется из NHLFE (Next Hop Label Forwarding).

Протокол распределения меток LDP

Пользователями LDP являются LSR. Они обмениваются сообщениями LDP во время сеанса связи. В состав сообщений LDP входят:

- открытие / завершение сеанса связи;
- обнаружение, для извещения соседнего LSR ("*Привет*");

- создание/удаление/изменение метки;
- уведомление об ошибках и советы.

Сообщения обнаружения (соседнего LSR) основаны на UDP. Все другие – на TCP. Сообщения “Привет” посылаются на 646 порт UDP. Сообщения открытия сеанса связи посылаются на 646 порт TCP. В первой версии протокола LDP отсутствуют широковещание, доставка по нескольким путям и гарантии качества доставки.

Последовательность обмена сообщениями протокола LDP

На рисунке 7.15 приведен пример обмена сообщениями протокола LDP, переносимыми с помощью протоколов UDP и TCP.

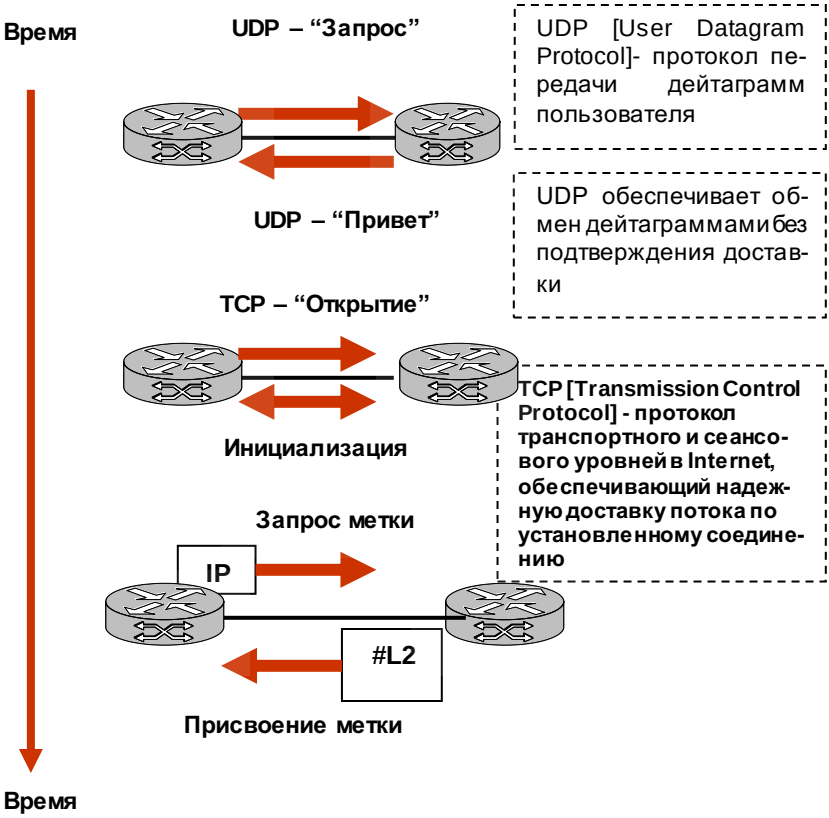


Рисунок 7.15 – Пример обмена сообщениями протокола LDP, переносимыми пакетами протоколов UDP и TCP

Процесс присвоения пары “FEC-метка” потоку пакетов в каждом звене пути, коммутируемого с помощью меток, является весьма ответственным. Поручать пересылку этой информации протоколу UDP нельзя из-за возможности потери. Для пересылки сообщений “*запрос метки*” и “*присвоение метки*” предварительно должен быть открыт сеанс связи с помощью протокола TCP. После установления виртуального соединения с помощью протокола TCP может состояться обмен сообщениями для присвоения метки с высокой вероятностью доставки информации.

7.3 Поддержка качества услуг в сетях с пакетной коммутацией

Архитектурная модель для поддержки качества услуг доставки информации в сетях с пакетной коммутацией приведена на рисунке 7.16 [3, 4]. Главным в этой архитектурной модели является *набор общих сетевых механизмов* (или конструктивных блоков для поддержки качества доставки) управления ответом сети на запрос услуги, который может быть специфическим для сетевого элемента, для сигнализации между сетевыми элементами или для управления трафиком и его администрирования при прохождении через сеть.

Конструктивные блоки распределены по трем логическим плоскостям (управления, данных и административного управления) и могут быть использованы в разных комбинациях, образуя различные способы получения удовлетворительного суммарного эффекта от меняющихся показателей качества услуг, которые необходимы для ряда приложений, таких как передача файлов и видеоконференцсвязь. Как показано на рисунке 7.16, конструктивные блоки распределены по трем плоскостям:

- *управления*, которая содержит механизмы управления трактами, через которые проходят потоки данных пользователя. В состав этих механизмов входит управление допуском, маршрутизация для поддержки качества доставки и резервирование ресурсов;
- *данных*, которая содержит механизмы, работающие непосредственно с трафиком пользователя. В состав этих механизмов входит управление буферами, предотвращение перегрузки, маркировка пакетов, организация очередей и диспетчеризация, классификация трафика, правила обработки трафика и моделирование трафика;
- *административного управления*, которая содержит механизмы, относящиеся к эксплуатации и административному управ-

лению сетью. В состав этих механизмов входят: соглашение об уровне обслуживания (SLA), восстановление трафика, измерение и регистрация, а также заданные правила доставки потоков данных.

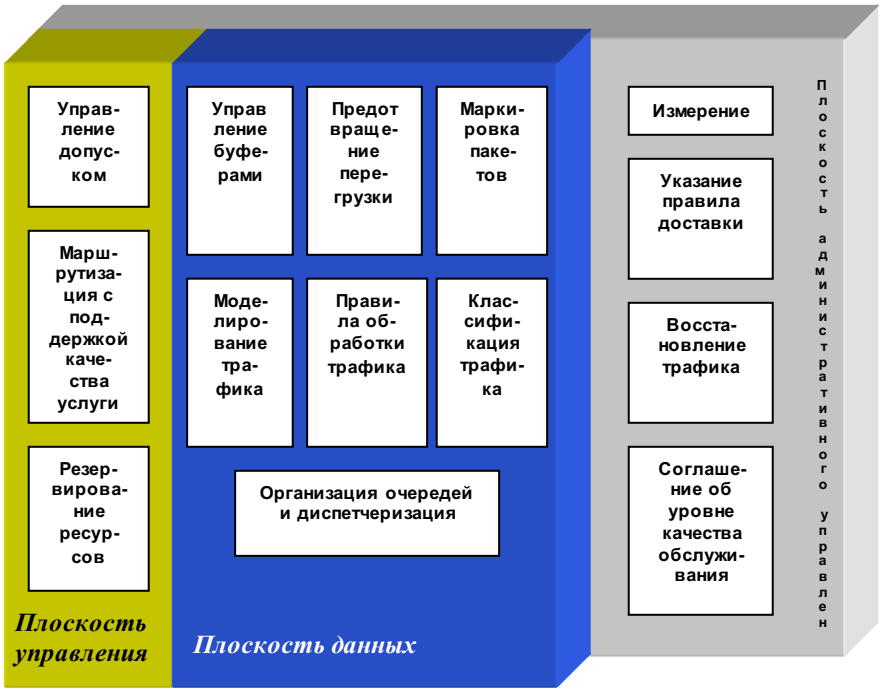


Рисунок 7.16. Архитектурная модель для поддержки качества услуг доставки информации в сетях с пакетной коммутацией

Механизмы плоскости управления

Управление допуском

Этот механизм управляет допуском трафика к сети. Обычно критерии допуска вытекают из заданных правил доставки (IETF RFC 2753). Получение допуска к сети зависит от априорного соглашения об уровне обслуживания. Кроме того, принятие решения может зависеть от того, доступны ли достаточные ресурсы сети, так чтобы вновь допускаемый в сеть трафик не приводил к перегрузке сети и не снижал качества уже предоставляемых услуг.

Маршрутизация с поддержкой качества услуги

Маршрутизация с поддержкой качества услуги предусматривает средства определения только того пути, который, вероятно, может обеспечить запрашиваемое качество. Чтобы гарантировать качество при передаче по выбранному пути, необходимо, чтобы маршрутизация с поддержкой качества услуги использовалась в сочетании с резервированием ресурсов на всем протяжении пути доставки данных.

Наиболее вероятно, что выбранный путь – это не традиционный кратчайший путь. В зависимости от специфических факторов и числа используемых показателей качества услуги, вычисления, необходимые для выбора пути, могут оказаться недопустимо дорогими по мере увеличения размера сети. Следовательно, в практических планах маршрутизации с поддержкой качества услуги главным образом рассматриваются случаи с одним показателем качества услуги, например, с задержкой.

Резервирование ресурсов

Этот механизм игнорирует требования к необходимым сетевым ресурсам, содержащиеся в запросе, для получения желаемых показателей качества услуг.

Удовлетворение запроса резервирования в значительной степени зависит от управления допуском. Необходимым условием для удовлетворения запроса на резервирование является наличие достаточных ресурсов сети.

Функция резервирования ресурсов может быть реализована распределенным или централизованным способом. Главным вопросом является несоответствие между фактической и предсказываемой доступностью ресурсов, поэтому необходимо проявлять осторожность при использовании самой последней информации о доступности узла, тракта и прочих ресурсов для обращения с запросом ресурсов.

Механизмы плоскости данных

Управление очередью (буферами)

Система управления очередью или буферами принимает решение о сохранении и отбрасывании пакетов, ожидающих передачи. Важной целью управления очередью является минимизация длины очереди в установившемся режиме, когда канал не используется, и устраняется монопольное использование, где одно соединение или поток монополизирует пространство очереди (IETF RFC 2309). Схемы управления очередью различаются, главным образом, по критериям отбрасывания пакетов и по тому, какие пакеты отбрасываются. Общим критерием для отбрасывания пакетов является достижение очереди макси-

мальной длины. Пакеты отбрасываются в том случае, когда очередь заполняется полностью. Могут быть использованы различные дисциплины отбрасывания пакетов.

Предотвращение перегрузки

Перегрузка в сети возникает в том случае, когда трафик близок или превосходит тот объем, который может быть обработан из-за нехватки ресурсов (пропускной способности канала и буферного пространства). Признаком перегрузки является, например, тот факт, что очереди в маршрутизаторе (или коммутаторе) заполнены, и начинается отбрасывание пакетов.

Отбрасывание пакетов вызывает повторную передачу, что приводит к возрастанию интенсивности трафика и увеличению перегрузки. В результате такой цепной реакции сеть может прекратить обслуживание трафика. Для предотвращения перегрузки необходимы надежные средства для удержания нагрузки сети в пределах ее пропускной способности, чтобы сеть могла работать на приемлемом уровне качества, не испытывая последствий перегрузки.

В типичной схеме предотвращения перегрузки используется снижение объема трафика отправителя (как и в классе ABR технологии ATM), поступающего в сеть, если применяется индикации наличия перегрузки в сети. Пока нет явной индикации, потеря пакетов или истечение тайм-аута в таймере обычно рассматриваются как неявная индикация сетевой перегрузки. Режим возврата трафика источника к прежнему уровню зависит от свойств транспортных протоколов. Например, протокол TCP, использующий режим передачи "окнами", это выполняется путем мультипликативного уменьшения размера окна.

Для предотвращения вероятности чрезмерных задержек из-за повторных передач после потерь пакетов были разработаны схемы явного уведомления о перегрузках (Explicit Congestion Notification, ECN). Схема ECN для протоколов IP и TCP, в числе прочих схем управления активным буфером, описана в документе IETF RFC 3168. По этой схеме на начальную перегрузку сети указывает *маркировка пакетов*, а не их отбрасывание. При приеме пакета, испытывающего перегрузку, источник пакетов со схемой уведомления ECN реагирует таким же образом, как на отброшенный пакет.

Организация очередей и диспетчеризация

Система организации очередей обычно состоит из нескольких очередей и планировщика. Под управлением системой организации очередей понимают некоторую дисциплину организации очередей и диспетчеризацию. Принцип действия этого механизма заключается в управлении выбором пакетов для передачи по исходящему тракту.

Существует несколько дисциплин организации очередей:

- "первым вошел, первым вышел" (First-In, First-out, FIFO): пакеты помещаются в одну очередь и обслуживаются в том же порядке, в каком они поступают в очередь;
- обслуживание очереди по "равноправному" принципу (на основе потока): пакеты сначала классифицируются по типам потоков и распределяются по очередям, а затем очереди обслуживаются по круговому алгоритму (очереди, в которых нет заявок, пропускаются);
- по приоритетному принципу: пакеты сначала классифицируются, а затем помещаются в очереди с разными приоритетами (пакеты обслуживаются, начиная с "головы" данной очереди, если только все очереди более высокого приоритета пусты, в каждой из приоритетных очередей пакеты обслуживаются в порядке "первым вошел, первым вышел";
- по взвешенному равноправному принципу: пакеты классифицируются по потокам и распределяются по очередям, выделенным для соответствующих потоков. Очереди присваивается некоторая процентная доля пропускной способности тракта. Путем дифференцирования пакетов по длине в такой дисциплине также предотвращается распределение большой доли пропускной способности тракта для потоков с более длинными пакетами, чем для потоков с более короткими пакетами;
- по принципу, опирающемуся на класс обслуживания: пакеты классифицируются по различным классам обслуживания, а затем присваиваются очередям, относящимся к соответствующим классам. Каждой очереди может быть присвоена своя процентная доля пропускной способности тракта, и эта очередь обслуживается по круговому алгоритму. Пустые очереди пропускаются.

Маркировка пакетов

Пакеты могут маркироваться в соответствии с конкретным классом обслуживания, который им будут присваиваться в сети. Маркировка пакетов, выполняемая, как правило, оконечным узлом, включает в себя присвоение стандартным способом некоторого значения в соответствующем поле заголовка пакета (например, тип услуги (ToS) в заголовке IP-протокола или в поле EXP формата метки (Label) технологии MPLS (IETF RFC 3032)). Если маркировку выполняет хост-узел, то маркер должен быть проверен, и, при необходимости, может быть изменен оконечным узлом. Критерии для маркировки пакетов должны устанавливаться или динамически конфигурироваться, независимо от того, выполняется маркировка хост-узлом или оконечным узлом.

Классификация трафика

Классификация трафика может быть выполнена на уровне потока или пакета. На границе сети объект, отвечающий за классификацию трафика, обычно просматривает многокомпонентные поля пакета, определяет тип агрегатного потока данных, к которому принадлежит пакет, и просматривает соответствующее соглашение об уровне качества обслуживания (SLA).

Контроль трафика

Система контроля трафика принимает решение о том, соответствует ли поступающий от одного транзитного узла к другому трафик с заранее согласованными правилами обработки или контрактами. Обычно пакеты с несоответствующими атрибутами отбрасываются. Отправители могут быть уведомлены об отброшенных пакетах и обнаруженных причинах, а также о соблюдении в будущем соответствия, обусловленного SLA.

Моделирование трафика

Система формирования трафика управляет скоростью и объемом трафика, поступающего в сеть. Объект, отвечающий за моделирование трафика, будет помещать несоответствующие пакеты в буфер до тех пор, пока не приведет соответствующий тип агрегатного потока данных в соответствие с трафиком. Таким образом, исходящий трафик будет более равномерным, чем входящий трафик, а это значит, что он будет более предсказуемым. Моделирование трафика часто необходимо выполнять между выходными и входными узлами сети.

Существуют два основных метода формирования трафика: метод с использованием "дырявого ведра" и метод с использованием "маркерного ведра". Метод с "дырявого ведра" используется для регулирования скорости потока, исходящего от узла. Независимо от скорости входного потока, метод "дырявого ведра" позволяет удерживать постоянную скорость исходящего потока. Все излишние пакеты, переполняющие "дырявое ведро", отбрасываются. Характеристиками этого метода служат два параметра, обычно настраиваемые пользователем: размер блока и скорость передачи.

Метод с использованием "маркерного ведра", с другой стороны, не является таким жестким в отношении регулирования скорости потока, исходящего от узла. Он позволяет пакетам покидать узел так же быстро, как они поступают, при условии, что имеется достаточно *маркеров.* Маркеры генерируются с определенной скоростью и заносятся в "маркерное ведро" до тех пор, пока оно не заполнится. За счет маркера определенное число байтов может покинуть узел. Если в "ведре" нет маркеров, то никакие пакеты не могут быть переданы. Одновре-

менно может быть использовано несколько маркеров, что позволит проходить пачкам пакетов. В этом методе, непохожем на метод "дырявого ведра", нет заданных правил отбрасывания пакетов. Если "маркерное ведро" заполнено, то обработкой пакетов занимается система управления буфером. Характеристиками метода "маркерного ведра" служат два параметра, обычно настраиваемые пользователем: размер блока маркеров и скорость генерирования маркеров.

Метод с "дырявым ведром" и метод с "маркерным ведром" могут использоваться совместно. В частности, трафик может моделироваться сначала по методу с использованием блока маркеров, а затем по методу с использованием "дырявого ведра", чтобы устранить нежелательные пачки пакетов. Два "маркерных ведра" могут также использоваться последовательно.

Механизмы плоскости административного управления

Соглашение об уровне (качества) обслуживания

Соглашение об уровне обслуживания (SLA) обычно представляет собой соглашение между пользователем и поставщиком услуги, который задает уровень доступности, удобства обслуживания, качества, эксплуатации или других атрибутов услуги. Оно может включать в себя такой вопрос, как назначение цены, который носят коммерческий характер. Техническая часть такого соглашения называется Спецификацией уровня обслуживания (Specification Level Service, SLS) [IETF RFC 3198], которая, в частности, включает в себя набор параметров и их значения, которые вместе определяют услугу, предлагаемую пользователю сетью. Параметры спецификации SLS могут носить общий характер, как параметры, которые определены в Рекомендации МСЭ-Т Y.1540, или быть характерными для технологии, как параметры качества и трафика, используемые в технологиях *IntServ* или *DiffServ*. В Рекомендации МСЭ-Т E.860 определяется структура соглашения SLA для сетевой инфраструктуры, построенной на оборудовании разных изготовителей.

Измерения и регистрация трафика

К измерениям относится слежение за свойствами потока (например, за скоростью) в сопоставлении с согласованным профилем потока. Измерения включают в себя наблюдение за характеристиками трафика в заданном пункте сети, а также сбор и хранение информации о трафике для анализа и дальнейших действий. В зависимости от уровня соответствия измерительное устройство может инициировать необходимую обработку (например, отбрасывание или моделирование) потока пакетов.

Восстановление трафика

Восстановление определяется в широком смысле в Рекомендации Y.1291 как реакция сети, смягчающая последствия в условиях отказа. Восстановление трафика должно рассматриваться на многих уровнях. В нижней части многоуровневого стека оптические сети с кольцевой и ячеистой структурой в настоящее время могут предоставлять динамическую защиту и восстановление выполняемых функций на уровне длины волны.

На уровне цифровых систем передачи с технологией SDH надежность обеспечивается автоматическим защитным переключением (Automatic Protection Switching, APS), а также самовосстанавливающимися кольцевыми и ячеистыми архитектурами. Режим ATM также предоставляет подобные возможности. Ремаршрутизация традиционно используется на уровне IP-протокола, чтобы восстановить обслуживание после отказов тракта и узла, и может быть сквозной или местной (быстрая ремаршрутизация). Маршрутизация на уровне IP-протокола возникает после периода конвергенции маршрутизации, которая может требовать для своего выполнения периода времени от единиц секунд до минут.

Правила обработки

Под правилами обработки понимают набор правил, обычно используемых для администрирования, управления и административного управления доступом к сетевым ресурсам. Эти правила могут характеризовать нужды поставщика услуг либо отражать соглашение между пользователем и поставщиком услуг, которое может содержать требования по надежности и доступности за некоторый период времени и прочие требования по качеству услуг. На основе правил обработки поставщики услуг могут осуществлять реализацию механизмов в плоскости управления и плоскости данных. Некоторые из возможных правил:

- маршрутизация по заданным правилам (направление потока пакетов в порт адресата без использования таблицы маршрутизации);
- фильтрация пакетов на основе заданных правил (маркировка или отбрасывание пакетов на основе правил классификации);
- регистрация пакетов (позволяющая пользователям регистрировать заданные потоки) и заданные правила обработки, связанные с безопасностью.

В документе IETF RFC 2748 описывается простой протокол запросов и ответов, который может быть использован для обмена информацией о правилах обработки между сервером этих правил (или точкой принятия решения по заданным правилам) и его клиентом (или пунктом, где выполняются эти правила).

Взаимодействие между конструктивными блоками

В интегральном решении, обеспечивающем качество услуг доставки информации, обычно используется несколько конструктивных блоков в плоскостях *управления*, *данных* и *административного управления*.

Поэтому необходимо, чтобы между разными конструктивными блоками существовал обмен параметрами о качестве услуг. Эти параметры включают в себя показатели качества транзакций на уровне пакета (например, задержка и потери пакетов) и ожидания по надежности/доступности услуги в форме уровней приоритетов трафика для конкретных сетевых функций, таких, как управление допуском к ресурсам сети и восстановление трафика. Примерами механизмов по переносу этих значений параметров являются сигнализация и анализ содержимого баз данных.

Стеки протоколов мультимедиа (Multimedia protocol stack)

На рисунке 7.17 приведены стеки протоколов, используемых для гарантированной доставки мультимедийной информации.

Протокол транспортного уровня TCP поддерживает гарантированную доставку сигнальных сообщений протоколов:

- управления шлюзами – MGCP/MEGACO;
- описания сеансов связи – SDP;
- инициализации сеанса связи в пакетных сетях – SIP;
- управления вызовом, включая сигнализацию и регистрацию, а также пакетизацию и синхронизацию потоков мультимедийных данных – H.225 (входит в состав стека протоколов H.323 организации мультимедиа связи в пакетных сетях, в том числе в ЛВС Ethernet).

Протоколы прикладного (RTP) и транспортного уровня (TCP) поддерживают гарантированное выделение ресурсов и доставку мультимедийной информации:

- потокового видео – RTSP;
- резервирования транспортных ресурсов для доставки пользовательских данных – RSVP;
- контроля транспортировки информации в реальном масштабе времени – RTCP;
- транспортировки аудио- и видеоинформации в реальном масштабе времени – RTP;
- описания сеансов связи (Session Description Protocol, SDP).

Наивысшее качество доставки информации в реальном масштабе времени на уровне звена данных обеспечивает технология ATM.

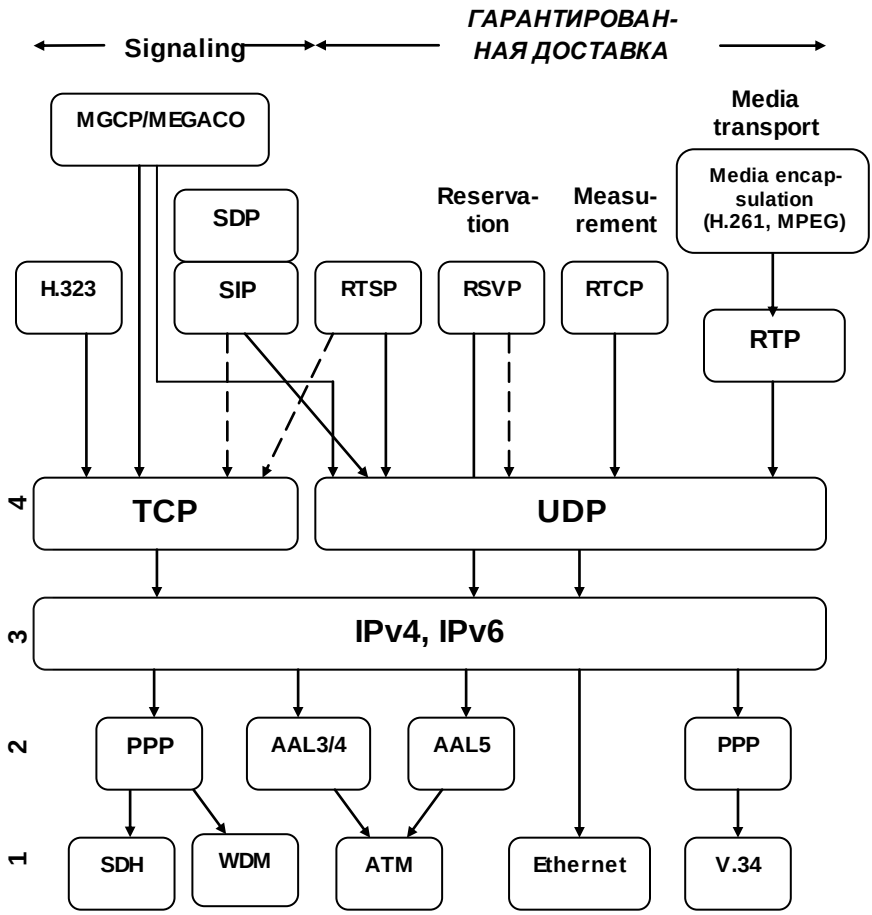


Рисунок 7.17 – Стеки протоколов гарантированной доставки мультимедийной информации

Технологии физического уровня

Технология SDH (Synchronous Digital Hierarchy) - синхронная цифровая иерархия (международный стандарт первичной высокоскоростной синхронной сети с временным разделением каналов и воло-

конно-оптическими линиями связи) [5]. В качестве базовой выбрана скорость V=155,52 Мбит/с синхронного транспортного модуля типа 1 (STM-1). Интерфейсы и требования к каналам первичной сети с технологией SDH определены в стандартах ITU-T G.707–G.709.

Технология WDM (Wavelength Division Multiplexing) – мультиплексирование (с разделением) по длинам волн; оптическое разделение каналов (ОРК). Метод мультиплексирования сигналов, позволяющий передавать *по одному волоконно-оптическому кабелю несколько световых пучков* (обычно до 16) с разной длиной волны (расстояние между мультиплексными каналами обычно не превышает 1,6 нм). Обычно волновое мультиплексирование осуществляется в окне прозрачности 1530-1550 нм, где обеспечивается минимальное затухание сигнала – до 0,2 дБ/км (для одномодового волокна).

Контрольные вопросы

1. Какова предпочтительная область применения технологии IP/MPLS?
2. Что понимают под агрегирование в сети с технологией MPLS?
3. На каком протокольном уровне создаются виртуальные соединения в сетях с технологиями ATM и MPLS?
4. Зависят ли затраты вычислительной мощности любого пакетного коммуникационного устройства от размера пакетов (или кадров, ячеек)?
5. Изобразите эталонную модель протоколов B-ISDN с технологией ATM.
6. Изобразите формат ячейка ATM.
7. Изобразите формат быстрого пакета (fast packet).
8. Изобразите путь (Path), связывающий с помощью LSR два граничных маршрутизатора домена MPLS.
9. На какие *уровни разделены базовые компоненты MPLS?*
10. Охарактеризуйте операции над стеком меток MPLS.
11. Каковы функции *протокола распределения меток LDP?*
12. Что понимают под *стеком меток?*
13. Какие операции могут быть выполнены над стеком меток?
14. Охарактеризуйте известные Вам технологии физического уровня телекоммуникационных сетей.

Библиография

1. Столлингс В. Современные компьютерные сети. 2-е издание. – СПб: ПИТЕР. 2003. 783 с.
2. А.Б. Гольдштейн, Б.С. Гольдштейн Технология и протоколы MPLS. - «БХВ – Санкт-Петербург», 2005, 301 с.

3. Рекомендация МСЭ-Т Y.1291 (05/2004). Архитектурная модель для поддержки качества услуги в сетях с пакетной передачей.
4. Рекомендация МСЭ-Т Y.1281 (09/2003). Аспекты межсетевого протокола (IP) – Архитектура, доступ, сетевые возможности и административное управление ресурсами. Мобильные службы IP через MPLS.
5. В.В. Величко, Е.А. Субботин, В.П. Шувалов, А.Ф. Ярославцев Телекоммуникационные системы и сети. Современные технологии, Том 3 Мультисервисные сети. М.: Горячая линия-Телеком. 2005. 592 с.

Глава 8 Основные сценарии перехода к NGN

8.1 Принципы модернизации ГТС

В рекомендациях ITU-T серии Y.1xx предложена модель инфокоммуникационной системы, состоящая из четырех основных компонентов:

- оборудование в помещении пользователя, которое может состоять как из одного терминала, так и представлять собой комплекс технических средств, образующих одну и более сетей;
- сеть доступа, которая обеспечивает подключение оборудования, находящегося в помещении пользователя, к транзитной сети;
- базовая сеть, состоящая из совокупности узлов и станций коммутации для организации местных, междугородных и международных соединений, а также для выхода к средствам поддержки инфокоммуникационных услуг;
- средства поддержки инфокоммуникационных услуг, состоящие из аппаратно-программных средств и предназначенные для различных задач, которые связаны с получением, обработкой и передачей информации пользователям.

Инфокоммуникационная система, адаптированная к требованиям NGN, показана на рисунке 8.1.

Магистральная сеть использует стек протоколов IP/MPLS с поддержкой качества доставки всех видов информации. Взаимодействие с ССОП обеспечивается с помощью медиашлюзов (Media Gateway, MGW). Пользователи пакетной сети получают доступ к магистральной сети с помощью шлюзов доступа (Litespan), а пользователи сотовой сети подвижной связи – с помощью базовых станции (БС).

Переход к NGN с пакетной технологией в магистральной сети имеет ряд специфических особенностей:

- требования пользователей – это основной стимулирующий фактор перехода к NGN, что предопределяет изменения в терминальном оборудовании и в сетях доступа;
- существенным факторам перехода к NGN для Оператора является возможность повышения его конкурентоспособности на рынке новых услуг;

- альтернативы построения магистральной пакетной сети с технологией TCP/IP пока нет, так как технология с коммутацией каналов не выдерживает критики.

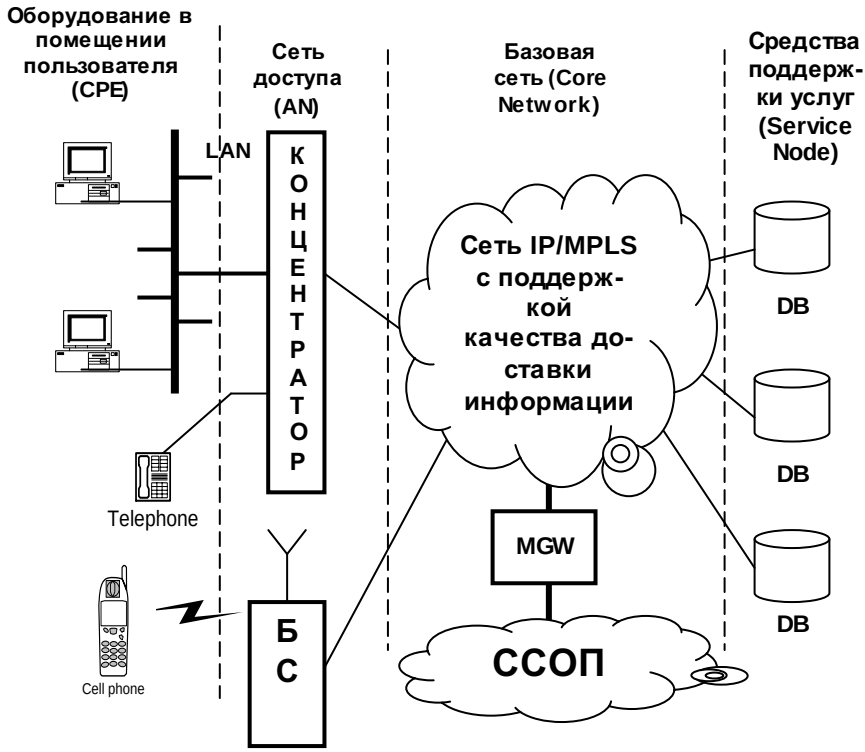


Рисунок 8.1. Инфокоммуникационная система, основанная на технологии IP/MPLS в ядре сети

Модернизация ГТС

Существующий технический уровень сетей фиксированной связи в РФ может быть охарактеризован как низкий [1, 3]: более 70% городских и 90% сельских АТС не поддерживают современные виды централизованной сигнализации (ОКС № 7 и DSS1). Это существенно ограничивает возможности:

- предоставления разнообразных услуг;
- управления качеством услуг;
- управления сетью.

В настоящее время межрегиональные компании (МРК) РФ эксплуатируют несколько типов сетей:

- телефонной связи;
- передачи данных, предназначенные в основном для обеспечения доступа пользователей к Интернет;
- подачи программ звукового вещания, постепенно разделяющиеся на два класса – традиционного распределения и интерактивного обмена (типа Sound on Demand);
- подачи программ телевидения, также постепенно разделяющиеся на два класса – традиционного распределения и интерактивного обмена (типа Video on Demand).

Все эти сети в той или иной степени развиваются. Движущими силами этого процесса, в общем случае, можно считать тенденции развития сетей международной и междугородной связи и оборудования в помещении пользователя [2,4].

Основные затраты при построении и эксплуатации сетей международной и междугородной связи приходятся на транспортные ресурсы. Транспортные ресурсы эффективнее используются в сетях с пакетной коммутацией. Это стимулировало переход от коммутации каналов к коммутации пакетов в международной и междугородной сетях общего пользования. В результате началось формирование так называемого ядра IP сети.

Технологии с коммутацией пакетов предпочтительны также и при построении сетей ограниченного пользования (корпоративных). Сети с коммутацией пакетов создаются благодаря применению шлюза или узла, использующего протокол TCP/IP. К этому узлу могут быть подключены локальные сети и УАТС с коммутацией каналов. Применение способа коммутации пакетов позволяет эффективно вводить услуги типа Triple Play (голос, видео, данные), сократить затраты на поддержку системы внутрикорпоративной связи, снизить расходы на услуги международной и междугородной связи.

Обычно пользователи корпоративных сетей имеют доступ к местной коммутируемой телефонной сети общего пользования. Использование такой сети как транспортной имеет следующие недостатки:

- современные местные телефонные сети в принципе не могут обслуживать мультимедийный трафик (они обеспечивают предоставление коммутируемых каналов только с одной скоростью – 64 Кбит/с);
- переход с одной технологии на другую (IP – TDM – IP) при взаимодействии двух корпоративных сетей с технологией IP приводит к снижению качества доставки информации и надежности связи.

Варианты взаимодействия IP-сетей через транспортные сети с различными технологиями показаны на рисунке 8.2.

Неспособность существующих сетей с коммутацией каналов к обслуживанию мультимедийного трафика приводит к необходимости многократного преобразования информации из одного вида в другой (рисунок 8.2). В данном примере рассматривается вариант поддержки передачи данных, голоса и изображений (Triple Play Service) в местных сетях.

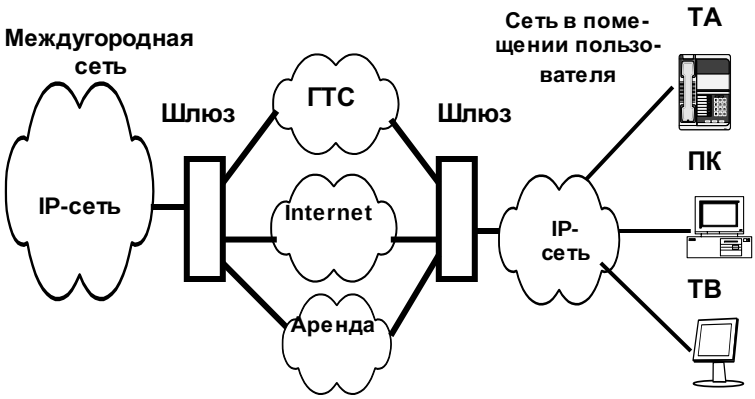


Рисунок 8.2. Взаимодействие IP-сетей через транспортные сети с различными технологиями

Чтобы местные телефонные сети были привлекательна для пользователей IP-сетей, необходима их модернизация с целью придания им свойств NGN. Приведем пример ГТС, подлежащей модернизации (рисунок 8.3). Для перехода к NGN необходимо заменить существующие АТС и узлы (УВС, УИС) на узлы с коммутацией пакетов:

- мультисервисный абонентский концентратор (МАК);
- мультисервисный коммутатор доступа (МКД);
- транзитный коммутатор (ТК);
- магистральный коммутатор (МК).

На рисунке 8.4 приведен результат модернизации ГТС на первом этапе.

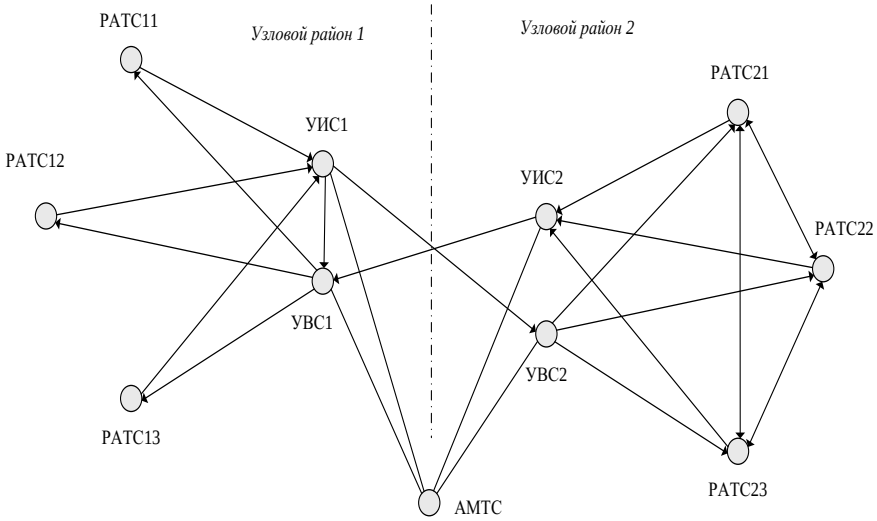


Рисунок 8.3. Пример ГТС, подлежащей модернизации

Три вновь введенные IP-УАТС разбросаны по территории местной сети. Пока для их подключения к IP сети используется всего один МКД с номером 42. В зоне его обслуживания расположена IP-УАТС1. Две другие IP-УАТС соединены с МКД42 через транспортную IP сеть. Это подключение показано на рисунке 8.4 пунктирными линиями. При вводе других мультисервисных коммутаторов доступа (МКД) будут переключаться IP-УАТС, которые входят в зону их обслуживания. Это означает, что IP-УАТС2 и IP-УАТС3 подключены к МКД42 временно.

Второй этап модернизации ГТС подразумевает расширение численности IP-УАТС и развитие сети по принципу "расширяющегося ядра". Сущность этого принципа состоит в том, что ядро IP сети, которое первоначально формируется на международном и междугородном уровнях, будет расширять свои границы путем использования транзитных узлов ГТС. Это означает, что необходимо начать замену УИС и УВС.

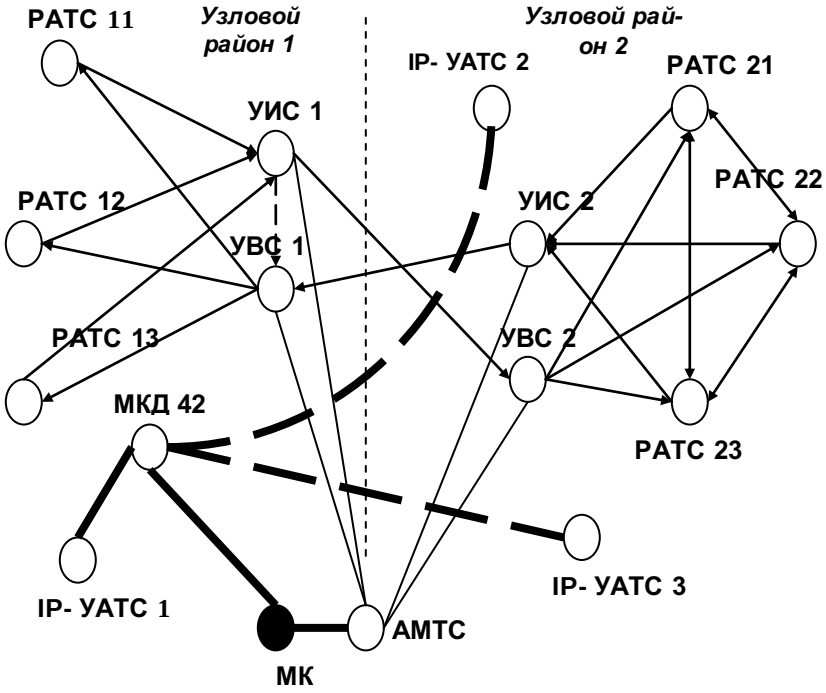


Рисунок 8.4. Результат модернизации ГТС на первом этапе

Структура ГТС на втором этапе ее модернизации представлена на рисунке 8.5. Магистральный коммутатор (МК) в этой сети полностью заменяет АМТС. Происходит также подключение одной из IP-УАТС к ближайшему мультисервисному коммутатору доступа (МКД). МКД42 переключается на транзитный коммутатор ТК 4, его прямая связь с МК может остаться как резервное направление обмена IP пакетами.

Оставшиеся в эксплуатации АТС выполняют своего рода функции узлов доступа к IP сети. Эти станции концентрируют телефонную нагрузку для более эффективной работы IP-сети. На рисунке 8.5 показано введение ряда новых МКД, позволяющих подключить к IP сети тех пользователей, которым нужны новые виды инфокоммуникационных услуг.

Следующий этап модернизации ГТС заключается в постепенной замене всех РАТС. Наличие некоторого числа МКД позволяет подключать все IP-УАТС и иные современные средства, размещаемые в помещении пользователей, к IP сети. В результате ГТС будет транс-

формироваться в сеть, показанную на рисунке 8.6. Эта модель иллюстрирует оптимальную структуру мультисервисной сети, соответствующую идеологии NGN.

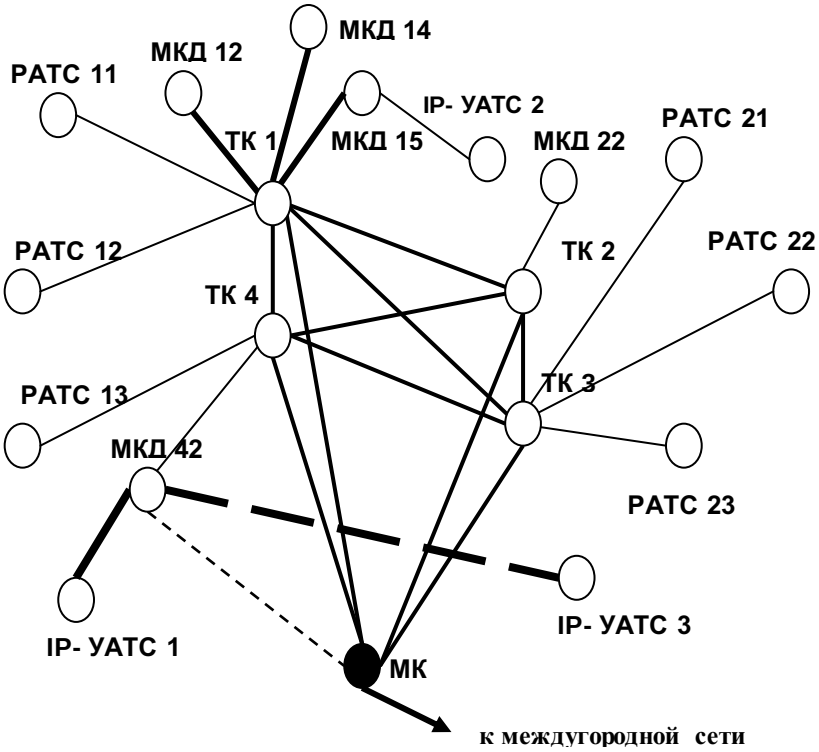


Рисунок 8.5. Структура ГТС на втором этапе ее модернизации

Оптимальная структура NGN будет (для выбранной модели) состоять из четырех транзитных коммутаторов (ТК), связанных по принципу "каждый с каждым". Транзитный коммутатор можно рассматривать как аналог транзитной станции (узла исходящего и входящего сообщения) в ССОП.

К каждому ТК подключаются мультисервисные коммутаторы доступа (МКД), которые, оперируя терминологией ССОП, представляют собой оконечные (опорные) станции местной телефонной сети.

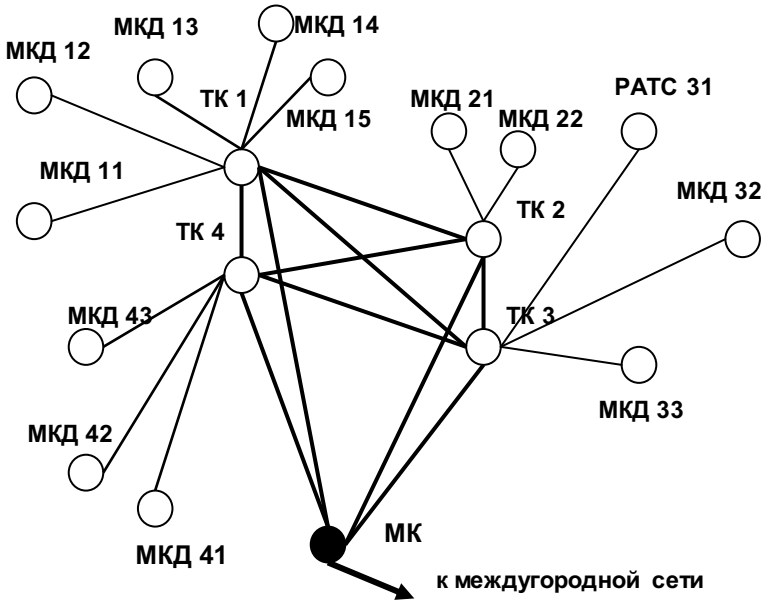


Рисунок 8.6. Оптимальная структура NGN для модернизируемой сети

На рисунке 8.6 показана звездообразная топология связи МКД и ТК, но на уровне транспортной сети (ТК1-ТК4) организуются два независимых (для обеспечения требуемой живучести) пути передачи информации между этими узлами коммутации пакетов. Все ТК связаны с магистральным коммутатором (МК), который обеспечивает выход к междугородной и международной сетям, то есть является аналогом АМТС. В результате создана трехуровневая сеть (МКД–ТК–МК).

Сценарии модернизации ГТС могут также различаться темпами замены эксплуатируемого коммутационного оборудования, численностью МКД и ТК в IP сети и другими особенностями.

8.2 Модернизация СТС

Сельские телефонные сети (СТС) в большинстве регионов РФ имеют ряд особенностей, существенных с точки зрения их перевода на IP технологию.

Одна из особенностей сельских транспортных сетей – наличие устаревших линий передачи (среда распространения сигналов, которая не подходит для NGN) и систем передачи, не стандартизованных ITU-T. Для модернизации всей системы сельской связи необходимо провести существенную реконструкцию транспортных сетей. Эта реконструкция касается и среды распространения сигналов и систем передачи.

Международный союз электросвязи предложил разделить территорию, обслуживаемую СТС, на два уровня – сельская местность (Rural area) и отдаленные пункты (Remote). На рисунке 8.7 приведена типичная структура СТС.

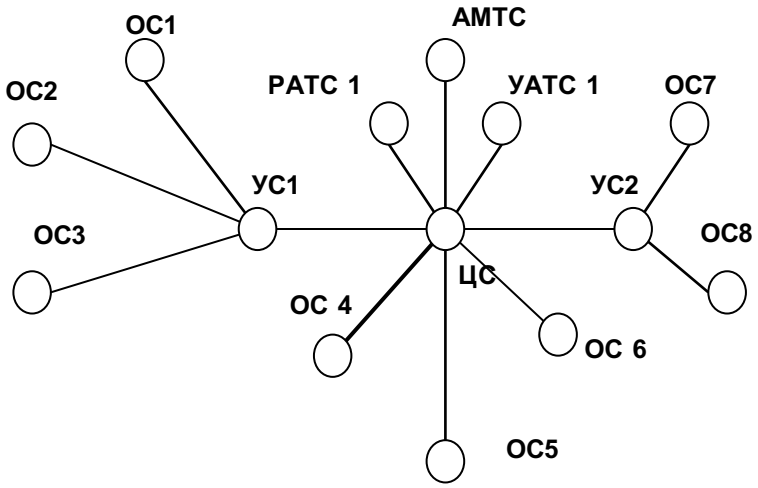


Рисунок 8.7. Структура СТС, подлежащей модернизации

В районном центре расположена центральная станция (ЦС). Она выполняет функцию транзитного узла для всех сельских АТС, обеспечивая им связь между собой и выход к АМТС. Одновременно ЦС входит в состав ГТС районного центра. В сельской местности (Rural area) расположены оконечные станции (ОС), которые подключаются непосредственно к ЦС или к узловым станциям (УС). В состав ГТС райцентра входят РАТС1 и УАТС1. К УС1 подключено три ОС, а к УС2 – две ОС. Три ОС подключены непосредственно к ЦС. На рисунке 8.8 приведен результат модернизации СТС.

Все ОС заменены мультисервисными абонентскими концентраторами (МАК), которые непосредственно подключаются к МКД, последний устанавливается вместо ЦС. Для организации связи в районном центре используется МКД, выполняющий также функции МАК. Для организации внутризоновой, междугородной и международной связи МКД подключается к МК или ТК, что определяется принципом организации дальней связи, принятой в субъекте Федерации. В составе ГТС районного центра появляются две новые IP-УАТС. Аналоговые АТС1 и УАТС1 демонтируются.

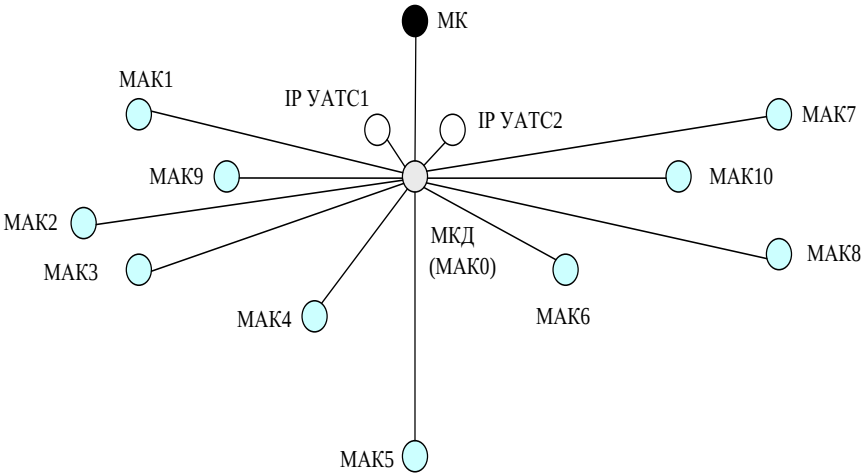


Рисунок 8.8. Результат модернизации СТС

Для большинства отдаленных пунктов рационально применение беспроводной IP технологии (Wireless IP). Этот вариант может быть реализован при установке МАК, подключаемого по беспроводному IP тракту к МКД.

Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте четыре компонента модели инфокоммуникационной системы (в соответствии с Рекомендацией ITU-T Y.100)
2. Каковы особенности перехода к NGN?
3. Каковы преимущества сетей с коммутацией пакетов по сравнению с сетями с коммутацией каналов?

4. Каковы недостатки местной коммутируемой телефонной сети общего пользования, используемой в качестве транспортной корпоративными сетями?
5. Какие узлы с коммутацией пакетов должны заменить существующие АТС и узлы (УВС, УИС) ГТС при переходе к NGN?
6. Изобразите типичную структуру СТС.

Библиография

1. Руководящий технический материал «Принципы построения мультисервисных местных сетей электросвязи», Версия 2.0, 2005, 48 с.
2. ОАО Связьинвест. Принципы построения мультисервисных сетей в сельской местности, версия 1.0, 2004 г.
3. А.Е Кучерявый, А.Л. Цуприков Сети связи следующего поколения. – М.: ФГУП ЦНИИС. 2006, 278 с.
4. Концептуальные положения по построению мультисервисных сетей на ВСС России, 2001 г.

Глава 9 Принципы управления сетями следующего поколения

9.1 Проблема управления сетью

Одной из главных проблем при организации системы управления сетью является то, что операторы часто используют оборудование различных поставщиков. Обычно каждый из них предлагает достаточно мощную и многофункциональную систему управления только своим оборудованием.

С другой стороны, существуют платформы сетевого управления, построенные на принципах взаимодействия открытых систем, такие как HP OpenView (Hewlett-Packard), NetView (IBM) или SunNet Manager, которые позволяют управлять широким спектром различного оборудования, но являются лишь основой для сетевого управления. Эти платформы сетевого администрирования обеспечивают доступ с одной консоли к приложениям управления различных поставщиков.

Готовых решений для реализации конкретной системы управления не существует – даже с учетом разработанных стандартов для систем управления, таких как общий протокол управляющей информации (Common Management Information Protocol, CMIP) и простой протокол сетевого управления (Simple Network Management Protocol, SNMP). Нельзя дать гарантии, что реализованная некоторой компанией система управления сетью будет полностью соответствовать требованиям заказчика. Скорее всего, ее придется дорабатывать с учетом особенностей сети нового заказчика.

Очень важно квалифицированно выбрать платформу управления сетью (ПУС), то есть комплекс программ для поддержки решения всех поставленных задач. Если сеть оператора содержит оборудование различных производителей, то ПУС должна обеспечить высокоэффективное управление как сетью с коммутацией каналов (PSTN), так и с коммутацией пакетов (IP/MPLS, ATM, frame relay, SDH, X.25 и др.).

Платформа управления сетью должна быть приспособлена для решения следующих задач:

- конфигурирования удаленных узлов, модулей, портов, каналов с помощью графического интерфейса;
- управления требуемым количеством мультиплексоров и каналов пользователей;

- создания соединений любой конфигурации: «точка-точка», «точка-группа», «группа-группа»;
- организации контроля состояния сети в режиме реального времени;
- отображения синхронизации сети;
- отображения использования сетевых ресурсов;
- проведения диагностики для локализации и устранения неисправностей;
- просмотра состояния сети в одном из контекстов: объектно-ориентированном и логически ориентированном.

Объектно-ориентированный просмотр позволяет осуществлять представление физических компонентов сети, таких как мультиплексоры, модули, порты, устройства доступа, каналы. Коммуникационные узлы могут быть объединены в группы или подсети по любому принципу группирования, выбранному оператором сети для удобства работы.

Логически ориентированный просмотр дает возможность показать путь, по которому организованы соединения "точка-точка" высокоскоростных (тракты LSP в доменах IP/MPLS, каналы frame relay, виртуальные тракты и виртуальные каналы ATM) и низкоскоростных наложенных сетей.

Платформа управления сетью должна предоставлять:

- средства для организации технического обслуживания элементов сети и взаимодействия технических, расчетных и маркетинговых служб компании;
- широкий спектр возможностей для операторов и администраторов, управляющих конфигурацией оборудования и наблюдающих за состоянием сети.

Основой стабильной работы телекоммуникационной сети является распределение оперативной, статистической и другой информации между всеми службами, обеспечение тесного взаимодействия всех подразделений компании.

Платформа управления сетью должна содержать программные средства, обеспечивающие решение следующих задач при возникновении отказов или перегрузок в сети:

- распределение и сортировку в режиме реального времени аварийных сообщений по группам оборудования коммутационных узлов, линий связи, интерфейсов и абонентских окончаний;
- получение одновременно с аварийными сообщениями подробной информации, необходимой для оперативного решения возникающих проблем;

- регистрацию информации о результатах предпринятых действий, о причине неисправности, а также фамилии оператора или инженера аварийной службы, занимавшегося данной проблемой;
- сбор, накопление и считывание статистической информации о количестве и продолжительности отказов и сбоев по каждому сетевому элементу, в том числе узлу, модулю, порту или каналу, по которому пользователь передает информацию.

Эта информация должна использоваться для анализа работоспособности сети и взаиморасчетов с клиентами.

Планирование и организация процессов управления сетью *(Рекомендации Е.412, Е.413)*

Состояние телекоммуникационной сети изменяется во времени вследствие следующих причин:

- изменения трафика, создаваемого пользователями;
- повреждений оборудования;
- аварий;
- плановых перерывов в работе служб.

Планирование дней большой нагрузки**.** Среди событий, которые могут вызвать большую нагрузку, можно указать следующие:

- всеобщие праздники – Новый год, Рождество;
- религиозные праздники, приходящиеся не на одни и те же дни каждого года, чемпионаты мира или континента по популярным видам спорта;
- национальные праздники;
- непериодические события – такие как торговые ярмарки, официальные визиты государственных деятелей, международные конференции и совещания.

При составлении планов для дней большой нагрузки следует предусматривать следующие меры:

- ввод в действие дополнительных каналов;
- перевод направлений с двусторонним занятием каналов на одностороннее занятие;
- корректировку плана направлений связи, предусматривающего маршрутизацию трафика через обычно не используемые транзитные узлы;
- предотвращение перегрузки обычных транзитных узлов;
- оповещение пользователей о трудностях, которые могут возникнуть в периоды большой нагрузки;
- обоснование критериев, применяемых при разработке плана.

Ситуации повреждения оборудования**.** При составлении планов предупреждения повреждений, если таковые удается составить, исходя из опыта наблюдения за объектами сети, необходимо включать:

- *предварительные меры*, принимаемые в условиях, когда точно еще не определены масштабы повреждения;
- *последующие меры*, принимаемые после выяснения причин и масштабов повреждения;
- *оценку создавшихся условий работы сети*.

В планы реагирования на повреждения в сети должны быть включены следующие меры:

- идентификация пунктов назначения или других объектов, которых могло коснуться повреждение;
- временное направление трафика по обходному пути, используемому для обхода поврежденных или временно выключенных с целью профилактики участков сети;
- специальные инструкции для пользователей;
- критерии выполнения плана (перечень условий, в которых используется данный план).

Аварии**.** Предусмотреть аварии проблематично, но желательно умение предвидеть с определенной точностью их последствия. В планы реагирования на аварийные ситуации должны входить:

- списки уведомлений заинтересованных администраций, собственных сетевых служб и пользователей;
- перечни действий, которые должны быть предприняты в аварийных условиях;
- меры, связанные с увеличением штата персонала и продолжительности рабочего времени.

Плановые перерывы в работе служб**.** Во время предусмотренных перерывов в работе участков сети, узлов и станций необходимо применять следующие меры:

- процедуры контроля, требуемые другими администрациями;
- процедуры установления срочных вызовов, предназначенных для заинтересованных операторов.

Организация управления сетью (Рекомендация Е.413). Организация управления сетью должна включать:

- планирование и организацию взаимодействия служб для управления сетью;
- ввод в действие и выдачу команд управления сетью;
- развитие системы управления сетью.

Отображение информации о состоянии сети на мониторе рабочей станции

Информация о качестве услуг, предоставляемых сетью, должна оперативно отражаться на мониторе рабочей станции (WS) уровня управления услугами (рисунок 9.1). Каждому показателю качества услуги должен быть сопоставлен определенный порог. Если ни один из показателей качества услуг не достигает порога, то на мониторе отображается «NORM». В противном случае отображается «ALARM». Тревожная ситуация может возникать в условиях:

- перегрузки в более чем P направлений связи (***Overload***), %;
- отказов оборудования (***Failure***).

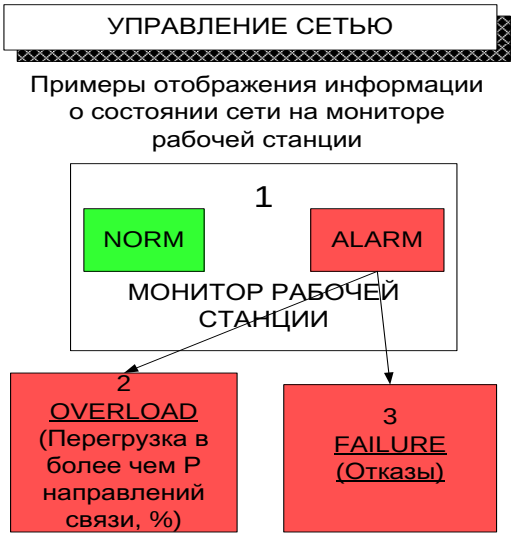


Рисунок 9.1. Пример отображения состояния сети на мониторе рабочей станции

9.2 Задачи управления сетью

Под системой управления сетью понимают совокупность аппаратных и программных средств, предназначенных для решения задач, связанных с транспортировкой потоков информации пользователей с требуемым качеством. Система управления телекоммуникационной сетью (Telecommunication Management Network, TMN) имеет интерфейсы с одной или большим количеством сетей электросвязи. Через эти интерфейсы TMN обменивается данными с элементами управляемых сетей электросвязи и передает команды управления. Система

управления сетью может быть отделена от объектов управляемой телекоммуникационной сети на физическом или логическом уровне. В последнем случае ресурсы телекоммуникационной сети могут частично использоваться TMN. Функции управления реализуются с помощью системы поддержки операций (Operations Support System, OSS).

Основополагающие принципы TMN содержатся в Рекомендациях ITU-T серий M и Q. Систему управления ССОП решено строить в соответствии с этими принципами.

В Рекомендациях ITU-T, относящихся к TMN, вся совокупность функций управления разделена на группы (таблица 9.1):

- бизнесом;
- конфигурацией сети;
- устранением последствий отказов;
- качеством;
- защитой информации;
- взаиморасчетами.

Таблица 9.1. **Задачи управления сетью**

Уровни управления сетью	**Задачи управления**				
	Конфигурацией (Configuration management, CM)	Устранением повреждений (Fault Management, FM)	Качеством (Perfor-mance Management, PM)	Взаиморасчетами (Account-ing Management, AM)	Защитой информации (Security Management, SM)
Бизнесом	x		x	x	x
Услугами			x		
Сетью	x	x	x	x	
Элементами сети		x	x		x

Под управлением бизнесом понимают:

– определение и достижение системных целей оператора сети;

– взаимодействие с системами управления операторов других сетей (зоны, континента, мира);

– разработку регламентирующих документов, определяющих методы и средства сетевого управления.

Под управлением конфигурацией понимают:

– создание плана цифровизации сети и ее развития;

– реконфигурацию сети;

– планирование услуг и работ, связанных с развитием;

– создание и ведение сетевых баз данных.

Под управлением устранением последствий отказов понимают:

– обнаружение, локализация и устранение неисправностей;

– контроль состояния всех значимых элементов сети в реальном времени;

– оперативную реконфигурацию сети;

– регистрация, фильтрация и отображение сообщений об отказах;

– ведение журналов неисправностей;

– корреляционный анализ сообщений на основе используемой модели сети и ее элементов;

– своевременное оповещение пользователей о регламентных и аварийных работах в сети.

Под управлением качеством понимают:

– сбор и анализ статистических данных о функционировании всех значимых элементов сети;

– управление трафиком;

– повышение качества услуг и расширение их ассортимента;

– разработка, заключение и контроль исполнения соглашений об уровне качества предоставляемых услуг (*SLA*);

– сбор и анализ статистических данных о функционировании сетей и их элементов (учет эффективности использования сетевых ресурсов и контроль надежности работы сети и ее элементов);

– разработка рекомендаций для улучшения эксплуатационных характеристик сетей электросвязи, улучшения и расширения ассортимента предоставления услуг связи;

– анализ функционирования систем управления и контроля с целью совершенствования методов управления сетями связи;

– анализ действенности системы управления качеством услуг (после ее создания) и ее совершенствование.

Под управлением взаиморасчетами понимают:

– сбор данных о предоставляемых услугах;

– разработку и совершенствование тарифов за предоставляемые средства связи и услуги;

– учет объема и номенклатуры предоставленных услуг и расчета их стоимости;

– учет сумм платежей за оказанные услуги электросвязи;

– справочно-информационное обслуживание абонентов по вопросам объема и номенклатуры оказанных услуг электросвязи и их оплаты;

– регистрацию и учет абонентов, имеющих договоры в любой законной форме с операторами связи об оказании услуг;
– контроль оплаты за предоставленные услуги;
– формирование статистической отчетности и аналитической информации о предоставленных услугах, об оплате за услуги, о финансовом состоянии лицевых счетов абонентов для оперативного и обоснованного принятия решении;
– проведение взаиморасчетов с клиентами (выписка счетов, прием оплаты за услуги).

Под управлением защитой информации понимают:
– разработку мер для обеспечения закрытости пользовательской и собственной технологической информации;
– классификацию уровня безопасности сети и защиту БД от несанкционированного доступа;
– соблюдения конфиденциальности при предоставлении данных;
– защиты целостности и сохранности данных;
– контроль авторизации пользователей различных услуг связи;
– поддержка различных уровней доступа к услугам связи;
– составление отчетов о попытках несанкционированного доступа к услугам связи;
– поддержка различных классов авторизации для персонала.

Необходимо отметить, что каждый оператор связи распределение этих функций по уровням пирамиды *TMN* решает самостоятельно. Все эти функции реализуются в СУ в виде конкретных программно-аппаратных средств. Объем и перечень этих функций оговаривается оператором при заказе проекта.

В комплекс задач управления ССОП входят [1]:

в предпусковой период:

- планирование структуры и ресурсов сети;
- создание баз данных;
- установка оборудования;

в процессе эксплуатации:

- административное управление ресурсами;
- управление трафиком;
- восстановление потерянных связей между элементами сети;
- контроль качества услуг;
- управление расчетами с пользователями;
- модернизация сети;
- прогнозирование трафика.

Для решения задач автоматизированного управления сетью необходим интенсивный обмен данными между системой управления (СУ)

и объектами управления – элементами сети (Network Element, NE). Интеллектуальные функции системы управления сетью реализуются комплексом компьютеров с мощной операционной системой (например, UNIX), обеспечивающей разделение вычислительных ресурсов для одновременно функционирующих прикладных процессов, и прикладного программного обеспечения, реализующего решение специфических задач управления.

Информационный обмен между СУ и NE должен быть обеспечен сетью ПД, к характеристикам которой предъявляются жесткие требования (высокая скорость передачи данных, малая вероятность потери сообщений, малая вероятность искажения информации, высокая степень живучести). Функции СУ могут быть разделены между группой компьютеров [Рекомендация М.3010], рассредоточенных в сети (рисунок 9.2).

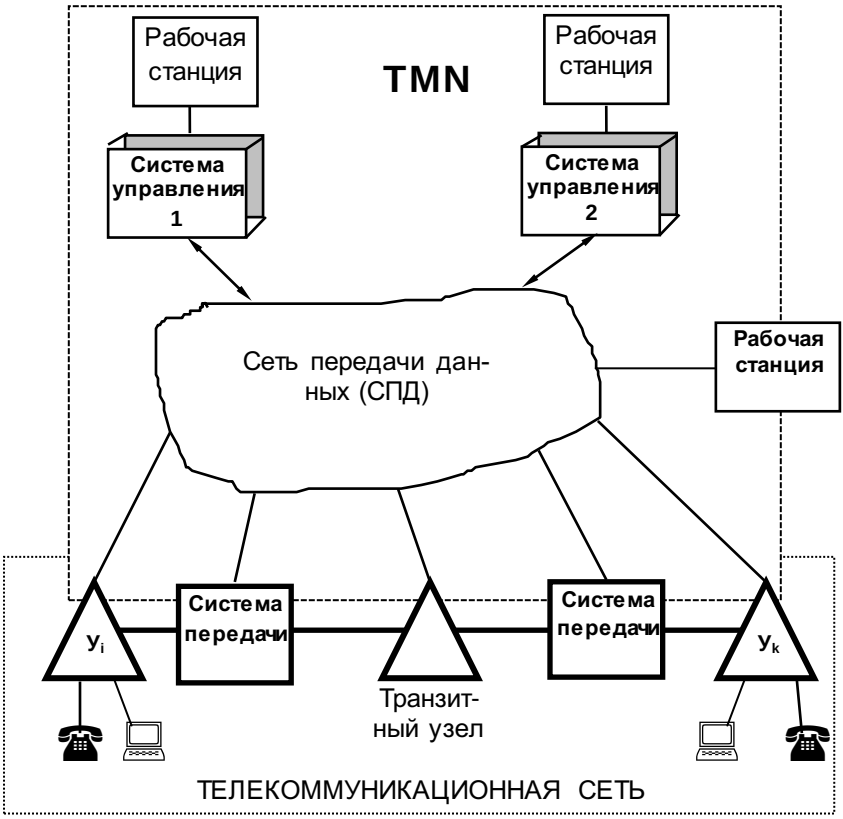


Рисунок 9.2. Взаимодействие СУ с телекоммуникационной сетью

Рабочая станция (РС) – это компьютер, который оснащен средствами интерпретации информации администратора для СУ и сообщений СУ для администратора. Рабочая станция реализует функции человеко-машинного интерфейса, основанного на командах, меню и окнах и должна обеспечивать пользователя средствами ввода-вывода, редактирования, чтобы можно было получить доступ к данным об объектах управления и модифицировать эти данные.

Требования к транспортной сети ПД, являющейся телекоммуникационной инфраструктурой между СУ и объектами управления, весьма высоки и должны соответствовать Рекомендациям М.3010, Q.811, Q.812.

В настоящее время операторы телекоммуникационных сетей применяют стандарты Internet на основе *простого протокола управления сетью SNMP* (Simple Network Management Protocol). Рассмотрим концепцию управления сетью на основе протокола SNMP.

В системах управления Internet и корпоративными сетями стандартизованы следующие элементы:

- протокол взаимодействия администратора и агента;
- язык абстрактной синтаксической нотации ASN.1, описывающий сообщения SNMP и модели *базы данных управления БДУ* (Management Information Base, MIB);
- модели БДУ (MIB-I, MIB-II, RMON).

Известно [2, 3], что агенты SNMP встраиваются в маршрутизаторы компьютерных сетей, коммутаторы широкополосных сетей с технологией ATM, мультиплексоры SDH, аналоговые и цифровые модемы. Протокол SNMP применяется для запроса данных о состоянии элементов сети (производительности, статусе и других характеристик), хранящихся в их базах данных управления (БДУ). Чем проще структура БДУ, тем проще функции протокола SNMP. Структура БДУ, наборы и имена объектов, операции над объектами определяются соответствующим стандартом. БДУ имеет древовидную структуру.

Нотация ASN.1 (Рекомендации ITU-T X.208, ИСО 8824:1987) применяется для установления однозначного соответствия между терминами, взятыми из стандартов, предназначенных для использования людьми, и данными, которые передаются в коммуникационных протоколах элементами сети. Данные, описывающие структуру БДУ с помощью нотации ASN.1, могут быть однозначно представлены в сообщениях протокола SNMP. Для описания многих стандартов ВОС широко используется нотация ASN.1.

Имена переменных после их извлечении из БДУ и передачи на рабочую станцию или в СУ могут быть представлены как в

символьном (на экране дисплея или в текстовых документах), так и в числовом формате (в сообщениях протокола SNMP). В соответствии с концепцией ИСО пространство имен объектов, упоминаемых в сообщениях протокола SNMP, представляет собой дерево с корнем и ветвями (рисунок 8.3). От корня дерева отходят три ветви стандартов, которые контролируются международными организациями стандартизации ISO, ITU-T и совместно ISO и ITU-T. Международная организация стандартизации (ISO) создала ветвь 3 (ORG) для стандартов, создаваемых национальными и международными организациями. Стандарты Internet создавались под контролем министерства обороны США (ветвь 6 – DoD).

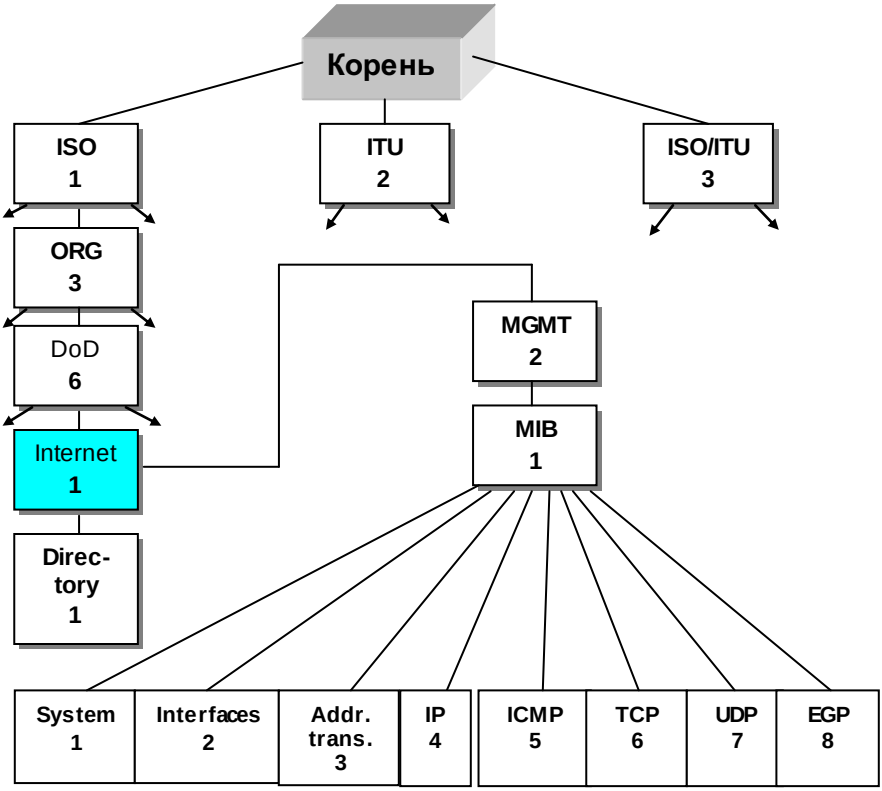


Рисунок 9.3. Фрагмент дерева ИСО (ISO) с группой объектов БДУ

Стандарты TMN (MGMT) и БДУ (MIB) отнесены к Internet (ветвь 6-1-2-1). Каждая ветвь дерева имён объектов нумеруется целыми числами слева направо, начиная с 1 для ИСО, с 2 для ITU-T и с 3 для ИСО/ITU-T. Пример полного символьного и числового имени БДУ (MIB): ISO.ORG.DoD.Internet.MGMT.MIB (1.3.6.1.2.1).

Сейчас имеется немало сетей, в которых для целей управления используется протокол SNMP. Сообщения этого протокола не имеют заголовков с фиксированными полями. Заголовок состоит из произвольного количества полей, и каждое поле содержит описание типа и размера. Формат сообщения протокола SNMP состоит из трех частей: а) версии протокола, б) идентификатора группы (общности), указывающего на группирование элементов сети (NE), управляемых определенным администратором, в) данных. В поле данных помещаются имена объектов и команды. Область данных в сообщении может содержать один из пяти протокольных блоков данных – ПБД (Protocol-Data-Unit, PDU):

– GetRequest – PDU (читать);
– GetNextRequest – PDU (читать следующее);
– GetResponse – PDU (ответить);
– SetRequest – PDU (записать);
– Trap – PDU (сообщение о тревожном событии).

Начало сообщения отмечается открывающим флагом, а конец определяется полем длины (length) или закрывающим флагом (таблица 9.2).

Таблица 9.2. **Формат ПБД протокола SNMP**

	Поле 1			Поле 2	…	Поле n	
Флаг	Тип	Длина	Значение				Флаг
xyyyyyyx	string	length	public				**xyyyyyyx**

В старой версии протокола SNMP возможно было только локальное взаимодействие с БДУ, неприемлемое для TMN, а в новейшей версии (SNMP v3) предусмотрено удаленное взаимодействие с БДУ. Новая версия БДУ (RMON MIB) имеет улучшенный набор свойств, предназначенных для удаленного управления, благодаря более компактному представлению информации об управляемом объекте. Следует отметить, что и агенты RMON MIB более интеллектуальны, чем агенты MIB-I и MIB-II. Агенты, представляющие собой программные модули, могут располагаться в маршрутизаторах, блоках коммутато-

ров, систем передачи, в компьютерах. В базе RMON MIB имеется 10 групп объектов:

- Statistics – текущие статистические данные о характеристиках пакетов, переданных агенту, о количестве коллизий при обмене с агентом;
- History – статистические данные разных периодов наблюдения, сохраняемых для последующего анализа тенденций их изменения;
- Alarms – предельные значения статистических показателей, при превышении которых агент RMON MIB передает тревожное сообщение администратору;
- Hosts – данные об устройствах сети и их адресах;
- Hosts Top N – таблица наиболее загруженных устройств (хостов) сети;
- Traffic Matrix – статистика об интенсивности трафика между каждой парой устройств сети, упорядоченная в виде матрицы;
- Filter – условия фильтрации пакетов;
- Packet Capture – условия захвата пакетов при обмене с агентом;
- Event – условия регистрации и генерации сообщений о событиях.

С помощью агента RMON MIB можно выполнить детальный анализ работы элемента сети. В процессе такого анализа можно получить данные о видах ошибок в работе объекта, а затем с помощью данных в группе History установить зависимость интенсивности этих ошибок во времени. На этом основании часто можно сделать предварительные выводы о причине (причинах) ошибок.

Каждый ЭС содержит в своей базе данных управления (БДУ) информацию, необходимую для управления им со стороны некоторой системы управления. Для управления элементом сети используется Агент, который взаимодействует по протоколу SNMP с рабочей станцией (РС) системы управления. Агент управления принимает от РС пакеты протокола SNMP и выполняет соответствующие им действия. Примеры операций, выполняемых АУ:

– установка значения некоторой переменной в БДУ;
– периодическое обновление информации в БДУ;
– передача рабочей станции или СУ значения запрашиваемой переменной;
– предварительная обработка данных, хранящихся в БДУ.

Пакет SNMP позволяет строить карту телекоммуникационной сети или работать непосредственно с базой данных управления выбранного ЭС. Для решения задач управления некоторым объектом администратору достаточно открыть документацию, где описана БДУ этого

объекта, и изучить возможности управления, заложенные разработчиком. Одна из возможностей управления – чтение статистических данных из БДУ, другая – запуск тестов функциональных возможностей ЭС, результаты выполнения которых могут помочь ответить на вопрос о необходимости более радикального воздействия на него. Определенного вида тесты поддерживаются различными производителями для своих продуктов и находят отражение в соответствующих переменных БДУ. Протокол SNMP облегчает администратору работу с громоздкими именами переменных БДУ в элементах сети.

Технология управления с помощью протокола SNMP основана на следующих компонентах:

- принцип обмена управляющей информацией «Manager – Agent» (M - A);
- структуризация управляющей информации (Structure of Management Information, SMI) – способы описания информации, способы организации хранения управляющей информации, способы кодирования управляющей информации [RFC 1157];
- спецификация баз данных (Management Information Base, MIB);
- стек протоколов TCP/IP.

На рисунке 9.4 приведен пример системы управления сетью, использующей протокол SNMP.

Менеджер выполняет следующие функции:

- генерация запросов для мониторинга (Get Request, GR);
- генерация активных воздействий на MIB удаленного элемента сети;
- обработка ответов от агента (Response, Resp);
- обработка прерываний от агентов (trap's).

Функции агента:

- генерация ответов на запросы;
- генерация прерываний в чрезвычайных ситуациях;
- генерация уведомлений;
- частичная (предаварийная) обработка информации от менеджера и от управляемых агентов (фильтрация сообщений, поиск и хранение информации).

В MIB отражены основные характеристики управляемого объекта.

Менеджер использует метод упорядоченного опроса для сбора информации от агентов. Агенты хранят свою информацию об объектах в БД (MIB). Чтобы агент был виден со стороны менеджера, ПО соответствующего агента должно иметь базу данных, где записана информация об этом объекте. Базы данных содержат характеристики каждого элемента сети, включая описание действий. Внешние систе-

мы могут с помощью MIB организовать, изменить и создавать управляющие записи в БД.

MIB – это модель управляемого объекта, где хранится вся информация об этом объекте. Структура MIB представляется в виде иерархически организованного дерева информации управления (Management Information Tree, MIT). На верхних уровнях MIT расположены наиболее важные атрибуты, которые более детально характеризуются на нижних уровнях.

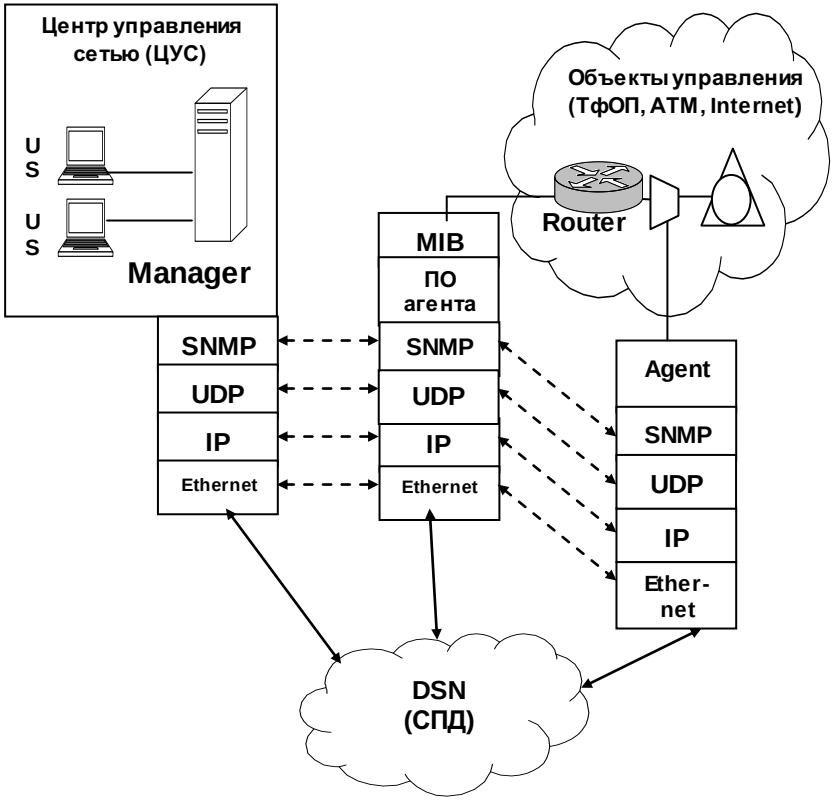


Рисунок 9.4. Пример системы управления сетью по протоколу SNMP

В рекомендации ITU-T X.208 стандартизована только вершина дерева MIT. Нижние ветви отражены в фирменных стандартах соответ-

ствующих организаций, основанных разработчиками MIT. Основными разработчиками дерева информации управления (MIT) являются фирмы-изготовители средств управления сетями и разработчики ПО, но их стандарты еще не опубликованы.

Внедрение агентов управления, предусмотренных выбранной платформой, предполагает установку в помещении каждого узла сети сервера эксплуатации и техобслуживания *OMS* (рисунок 9.5), который располагает ресурсами обработки, необходимыми для управления модулями внутри узла (станции) и связи с платформой управления сетью. Сервер, выполняющий функции менеджера, включается в локальную сеть *Ethernet* платформы управления.

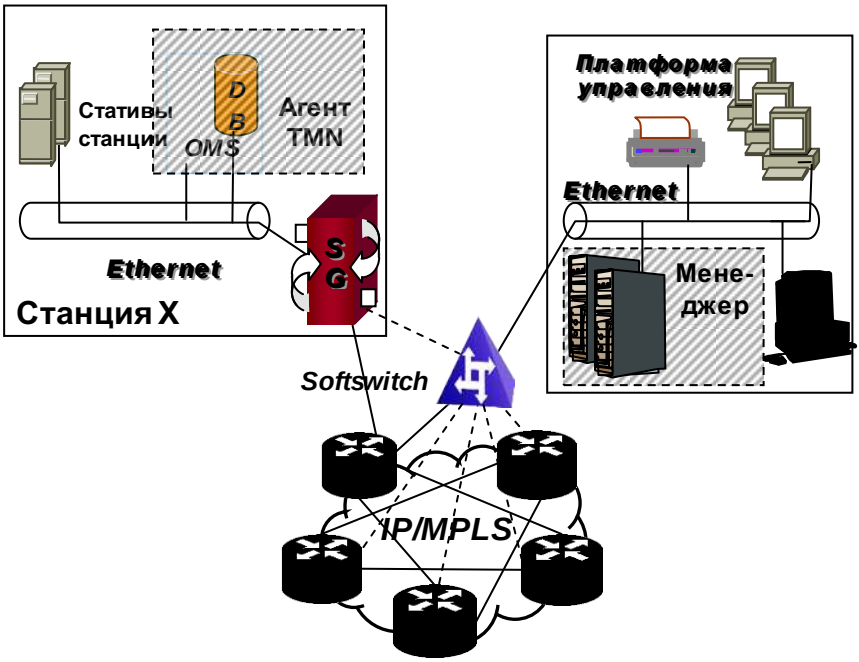


Рисунок 9.5. Взаимодействие менеджера с одним из агентов

9.3 Принципы управления трафиком в ядре транспортной сети нового поколения (NGN)

Сетевой трафик может быть классифицирован по нескольким признакам:

- по видам услуг и приложений Internet (HTTP, FTP, Telnet и т.д.);
- по видам источников;
- по адресу получателя;
- по группе пользователей;
- по группе услуг Internet;
- по ресурсам Internet (например, по специфическим URL);
- по направлениям (входящие или исходящие);
- по критериям управления полосой пропускания.

Возможности управления трафиком в сетях с технологией MPLS

Управление трафиком в сетях с технологией IP/MPLS предполагает наличие следующих функциональных средств и возможностей [4, 5]:

- набор атрибутов, которые связаны с объединёнными потоками передаваемых пакетов;
- набор атрибутов, которые связаны с ресурсами (топологические ограничения);
- маршрутизация на основе ограничений, которая применяется при выборе маршрута в соответствии с заданными наборами параметров.

Все вышеприведённые атрибуты в совокупности представляют собой набор управляющих переменных, которые могут быть модифицированы в результате действий администратора или автоматически.

При функционировании сети необходимо, чтобы данные атрибуты можно было изменять динамически, то есть в реальном масштабе времени.

Атрибуты объединённых потоков данных

Атрибут объединённого потока данных описывает характеристики данного потока. Значения атрибутов могут быть явно присвоены потокам администратором или заданы неявно базовыми протоколами при сортировке пакетов по классам доставки (FEC) на входе в домен MPLS.

Основные атрибуты объединённых потоков пакетов:

- *атрибуты параметров трафика* – используются при сборе данных о потоках информации (о классах доставки – FEC), которые необходимо транспортировать в тракте (LSP) домена. Параметры трафика определяют требования к ресурсам данного LSP;
- *атрибуты управления и выбора маршрута* – определяют правила выбора маршрутов в домене MPLS, а также правила работы с маршрутами, которые уже существуют;

- *атрибут приоритета* – определяет относительную важность объединённого потока пакетов. Приоритеты используются в случае отказов для того, чтобы определить порядок, в котором выбираются из имеющегося списка маршруты для соответствующих LSP, а также для реализации приоритетов обслуживания;
- *атрибут Preemption* – определяет, может ли поток информации заместить другой поток в данном тракте, и задаёт условия приоритетного замещения:
- preemptor enabled – может замещать;
- non-preemptor – не может замещать;
- preemptible – допускает замещение;
- non-preemptible – не допускает замещение;
- *атрибут устойчивости (resilience)* – определяет поведение звена в случае возникновения ошибок;
- *атрибут Policing* – определяет действия, которые необходимо предпринять, когда звено становится неполноценным, то есть когда какие-либо его параметры выходят за допустимые пределы.

Атрибуты сетевых ресурсов

Атрибуты ресурсов сети входят в параметры топологии и служат для того, чтобы определить ограничения маршрутизации потоков информации, учитывающие характеристики заданных ресурсов:

- MAM (Maximum Allocation Multiplier) – административно задаваемый атрибут, который определяет долю ресурса, доступную звену передачи данных. Данный атрибут используется для распределения полосы пропускания, может применяться и для резервирования ресурсов LSR;
- Resource Class – административно задаваемый атрибут. Вводит понятие класс ресурса. Присваивает определённый класс набору ресурсов.

Контрольные вопросы

1. Решение каких задач должна обеспечить платформа управления телекоммуникационной сетью?
2. Что понимают под *объектно-ориентированным просмотром* состояния сети?
3. Что понимают под *логически ориентированным просмотром* состояния сети?
4. Какие средства и возможности должна предоставлять платформа управления сетью?
5. Вследствие каких причин изменяется состояние телекоммуникационной сети?

6. Каковы причины, которые могут вызвать большую нагрузку в сети?
7. Какие меры следует предусматривать при составлении планов для дней большой нагрузки?
8. Какие меры должны быть включены в планы реагирования на повреждения в сети?
9. Что понимают под системой управления сетью (Telecommunication Management Network, TMN)?
10. На какие группы разделена вся совокупность функций управления сетью?
11. Что понимают под управлением*: бизнесом, конфигурацией сети, устранением последствий отказов, качеством, взаиморасчетами, защитой информации?*
12. Изобразите схему взаимодействия системы управления с телекоммуникационной сетью.
13. Изобразите формат сообщения протокола SNMP.
14. Приведите наименования протокольных блоков данных – ПБД (Protocol-Data-Unit, PDU), которые могут содержаться в сообщениях протокола SNMP?
15. Изобразите формат протокольного блока данных (ПБД) протокола SNMP.
16. Приведите примеры операций, выполняемых агентом управления (АУ).
17. Приведите примеры операций, выполняемых менеджером системы управления сетью.
18. Какая информация отражена в БДУ (MIB) управляемого объекта?
19. По каким признакам может быть классифицирован сетевой трафик?
20. Укажите основные атрибуты, которые характеризуют объединённые потоки пакетов в сетях с технологией MPLS.

Библиография

1. В.Б. Булгак, Л.Е. Варакин и др. Основы управления связью Российской Федерации. – М.: ″Радио и связь″, 1998, 184 с.
2. М. Кульгин. Энциклопедия. Технологии корпоративных сетей. – С.-Петербург, «Питер», 1999. – 699 с.
3. В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. 3-е издание – С.-Петербург, «Питер», 2000. – 668 с.

4. А.Б. Гольдштейн, Б.С. Гольдштейн Технология и протоколы MPLS. – «БХВ – Санкт-Петербург», 2005, 302 с.
5. ITU-T. Recommendation Y.1221 (03/2002). Traffic control and congestion control in IP based networks.

Глава 10 Проектирование телекоммуникационных сетей

10.1 Методология проектирования телекоммуникационных сетей

Задачи проектирования телекоммуникационных сетей

Проектная документация должна содержать следующие разделы:

- Объем телекоммуникационного оборудования и линейных сооружений;
- Услуги, классы доставки информации для каждой категории пользователей, потребность в полосе пропускания;
- Режим работы оборудования;
- Номенклатура, площадь и размещение оборудования.

Методика расчета объема телекоммуникационного оборудования и линейных сооружений приведена ниже. Основой расчета является нагрузка, качество обслуживания и доставки информации в сетях с пакетной технологией, перечень предоставляемых услуг.

Количество и емкость шлюзов доступа (AGW) должны быть рассчитаны с учетом состава абонентов, количества заявок и номенклатуры предоставляемых услуг.

Фрагменты NGN могут предоставлять следующие услуги:

- Телефонии;
- Передачи данных;
- Поиска документов;
- Цветного факса;
- Передачи файлов;
- Видеотелефонии;
- Поиска видео;
- Доступа к Internet.

Основными показателями качества доставки информации мультимедиа в пакетных сетях являются:

- Время установления виртуального соединения;
- Средняя задержка доставки информации мультимедиа;
- Вероятность потери пакетов.

Время установления соединения – это задержка после набора номера (Call Set-up Time):

- Местное соединение – менее 3 с;
- Междугородное соединение – менее 5 с;
- Международное соединение – менее 8 с.

Значения средней задержки переноса IP-пакетов «из конца в конец» (в одном направлении) и доли потерянных IP пакетов могут быть взяты из Рекомендации Y.1541.

Обоснование решений при проектировании мультисервисной сети

Проект мультисервисной сети может быть реализован в три этапа.

На этапе 1 оценивается нагрузка, создаваемая разнообразными терминалами при заказе различных услуг. Для оценки нагрузки, которую необходимо обслужить узлам проектируемой сети, необходимо иметь следующие данные:

- количество терминалов;
- типы услуг, заказываемых терминалами;
- удельная нагрузка, создаваемая терминалом при заказе каждой услуги;
- статистические свойства нагрузки, соответствующие каждой услуге;
- суммарную нагрузку по всем видам услуг и терминалов;
- распределение нагрузки по направлениям.

Нагрузка, создаваемая каждым терминалом, может быть оценена на основе имеющихся статистических данных или нормативов.

В мультисервисных сетях используются в основном многофункциональные терминалы, способные поддерживать различные услуги. Поэтому необходимо оценить нагрузку по каждой услуге.

Для распределения нагрузки по направлениям используются методы, основанные на расчете коэффициентов тяготения.

На этапе 2 проектирования мультисервисной сети необходимо:

- выбрать и обосновать применение технологий для реализации транспортной сети;
- выбрать и обосновать топологии построения транспортной сети, включая топологию физического уровня (шина, звезда, кольцо, смешанная и т.п.), логические топологии организации соединений на физическом уровне, а также на вышележащих уровнях с учетом резервирования физических путей, логических каналов и организации альтернативных маршрутов;
- детализировать стеки и профили протоколов трех нижних уровней (оценить необходимость поддержки с помощью того или иного протокола, тип протокола, его положение в стеке) по всем сетевым узлам (узлам доступа, коммутаторам, мультиплексорам, маршрутизаторам, шлюзам), включая служебные протоколы сетевого уровня (ICMP, IGMP, IGRP, RSVP, протоколы маршрутизации);
- детализировать стеки и профили протоколов для конечных терминалов, а также сетевых узлов поддержки услуг (серверов служб web, E-mail, DNS, FTP, billing, SN и т.п.) – с учетом протоколов верхних уровней для поддержки служб;

- определить, в соответствии с выбранной технологией и типом взаимодействующих сетей, типы сетевых интерфейсов, пропускную способность которых необходимо в дальнейшем рассчитать.

На этапе 3 проектирования необходимо выполнить следующие действия:

- рассчитать информационный трафик (в плоскости U) по каждой из услуг, а также общий (суммарный) трафик по всем услугам в точках концентрации, мультиплексирования, других видов агрегирования трафика сетей и узлов доступа (AN);
- рассчитать информационный трафик всех услуг в узлах коммутации и маршрутизации ядра (Core Network, CN) магистральной сети с учетом распределения трафика по направлениям между сетевыми узлами (включая узлы коммутации-маршрутизации и серверы поддержки служб);
- оценить долю избыточного трафика, вносимую служебной частью информационных протоколов, протоколов RTP/UDP/IP/MPLS;
- оценить долю избыточного трафика, вносимую служебными протоколами, необходимыми для:
  - управления вызовами (сигнальные протоколы SIP, ISUP, Q.931, PSTN-V5.2, H.225, …);
  - управления шлюзами (H.245, H.248, MGCP, RAS, …);
  - управления маршрутизацией, биллингом, авторизацией, службой DNS и т.п.;
- выбрать дисциплины обслуживания очередей для различных услуг с соблюдением требуемых для данной услуги показателей качества доставки;
- оценить объемы буферной памяти сетевых узлов и требуемую производительность этих узлов;
- оценить и рассчитать пропускную способность используемых интерфейсов для выбранной топологии сети.

Рассмотрим содержание первого этапа проектирования мультисервисной сети.

ЭТАП 1

1. Оценка количества терминалов.

Для оценки количества терминалов используются различные методы:

- ма́ркетинговые исследования (для сетей общего пользования в основу оценок может быть положен рост продаж персональных компьютеров);

- прогнозирование роста терминалов на основе имеющихся данных за предыдущий период (для корпоративных сетей).

Прогнозируемый прирост может быть вычислен с использованием математических методов на базе прикладных программ – Excel, Matchcad, Statistic и т.п.

2. Типы услуг, заказываемых терминалами, и их распределение по узлам доступа.

Графически или в табличном виде отобразить распределение терминалов по узлам доступа с указанием типов услуг.

3. Удельная нагрузка, создаваемая терминалом при заказе каждой услуги.

Нагрузка, создаваемая каждым терминалом, может быть оценена на основе имеющейся статистики или нормативов.

4. *Статистические свойства нагрузки, соответствующие каждой услуге.*

На рисунке 10.1 представлены графики загрузки интерфейса E1 потоками пакетов с компрессированной речевой информацией по часам суток и дням недели.

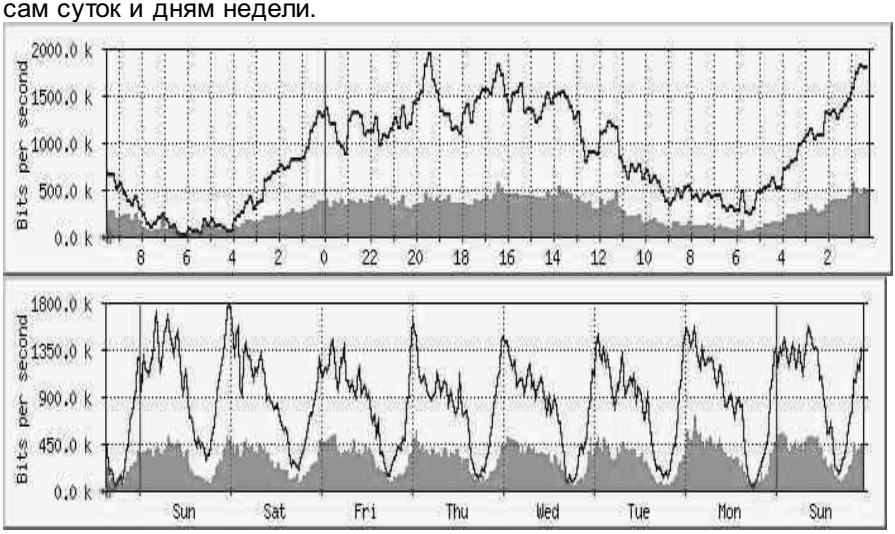


Рисунок 10.1. Графики загрузки интерфейса E1 потоками пакетов с компрессированной речевой информацией по часам суток (сверху) и дням недели (снизу)

Из графиков на рисунке 10.1 видно, что соотношение между пиковыми объемами передаваемой информации и средним объемом передаваемой информации является величиной достаточно стабильной, лежащей в диапазоне 2-3. В расчетах можно принять это соотношение равным 2,5.

Такое же соотношение между пиковой и средней нагрузками можно наблюдать и для услуг передачи данных.

Среднее значение нагрузки можно вычислить на основе имеющихся статистических данных. Зная среднее значение нагрузки, можно рассчитать пиковое значение нагрузки в течение часа.

Например, известно, что средние затраты одного Интернет-пользователя на автоматическое подключение в доступе (dial-up) составляют 400 рублей в месяц при средних тарифах (день/ночь) – 20 рублей/час. Следовательно, нагрузка от одного пользователя составляет 20 часов в месяц. При средней скорости dial-up соединения 40 Кбит/с можно рассчитать средний объем информации, который пользователь получает, запрашивая услуги у наиболее популярных служб Интернет: web/E-mail/FTP.

В таблице 10.1 приведен пример данных об услугах.

Таблица 10.1. **Пример данных об услугах**

		Требуемая скорость (информационная), Кбит/с	Нагрузка, Эрл	$К_{пач}$	$К_{эффIP}$	Доля трафика
Услуги Internet-net	WWW (http) (поиск документов)	4,8…128	*	5…50	0,9 (1–57/576)	90%
	E-mail	2,4…64	**	2…5	0,9	5%
	FTP	64…2048	***	2…5	0,9	5%
Другие услуги	IP-Tlf	6,4…64	0,1/канал	2…10	0.25…0.75	
	FAX	9,6…64	0,15/канал	2…10	0,6…0.8	
	V/Tlf	128…384	0.03/канал	5…50	0,4…0,8	
	V/Conf	512…2048	****	5…20	0,4…0,8	

Коэффициент эффективности ($К_{эффIP}$) доставки информации с помощью протокола IP определяется как доля объема передаваемой информации пользователя из общего объема протокольных блоков данных 3-го и 2-го уровней. Коэффициент пачечности – это отношение пиковой скорости потока данных к средней скорости.

Нагрузку, создаваемую потоком данных в интерфейсе, можно рассчитать, зная скорость передачи, коэффициент пачечности и коэф-

фициент эффективности использования средств доставки информации в IP-сети.

Требуемая скорость передачи информации для каждого вида услуги колеблется в широких пределах и зависит от следующих параметров:

- уровня обслуживания (Grade of Service, GoS), выбираемого абонентом (более высокий уровень обслуживания соответствует более высокому тарифу и требует более высокой скорости передачи информации);
- структурного состава клиентов (по уровням доходов или платежеспособному спросу).

Так, например, время доставки *срочного электронного сообщения* (E-mail), в соответствии с РД 45-129-2000 [3], не должно превышать 4 часов, а *время ожидания отклика на запрос информации* не должно превышать одной минуты.

5. Суммарная нагрузка по всем видам услуг и терминалов

Если отсутствуют статистические данные, то можно полагать, что потоки информации, передаваемые по предварительно установленным соединениям с резервированием полосы пропускания канала на все время сеанса, в пакетных сетях не подвергаются статистическому мультиплексированию. Это значит, что нагрузку, создаваемую отдельными терминалами, можно, как и в ТфОП, суммировать.

Полоса пропускания каждого соединения, используемого для передачи речевой информации, определяется типом используемого кодека и избыточностью протокольного стека RTP/UDP/IP. В отличие от этого, для трафика относительного времени можно использовать статистическое мультиплексирование, то есть суммировать нагрузку разных услуг с учетом их коэффициентов пачечности ($К_{пач}$).

6. Распределение нагрузки по направлениям.

При распределении нагрузки, создаваемой диалоговыми службами (в первую очередь – телефонной), по направлениям используются методы, известные из теории телетрафика (расчет коэффициентов тяготения).

Для переноса потоков информации из существующих телефонных сетей общего пользования в пакетные мультисервисные сети можно использовать имеющуюся сложившуюся модель распределения трафика в ТфОП.

При расчете нагрузки, создаваемой источниками, которые требуют поддержки служб сетевых серверов (web, E-mail, DNS, FTP, billing, SN и др.), необходимо учитывать размещение этих серверов по точкам подключения к сетевым узлам (CN).

Необходимо соблюдать определенные соотношения между всеми видами трафика, чтобы обеспечить требуемое качество доставки информации для всех служб. Наиболее критичными к задержкам являются те виды информации, которые должны быть доставлены в реальном времени.

Если требуемая пропускная способность для трафика реального времени достигает 30% от общей пропускной способности интерфейса, то качество доставки этого вида информации резко снижается. Поэтому для гарантированного качества доставки информации всех видов на этапе проектирования и начальной эксплуатации сети необходимо соблюдать следующее соотношение между трафиком реального времени/транзакций/данных: 30/30/40.

Для передачи речевой информации по пакетной сети (IP-телефония) необходимо оценить:

- количество пользователей;
- избыточный трафик для профиля G.7xx/RTP/UDP/IP/MPLS/(технологии первичной сети).

Нагрузку, создаваемую речевыми терминалами, можно рассчитать одним из трех способов:

- по значениям удельной нагрузки из НТП (РД45.120-2001) [4] в Эрлангах;
- по требуемой скорости передачи данных, для каждого типа кодека, с учетом резервирования полосы пропускания и протокольной избыточности IP-технологии (заголовки протоколов Ethernet+IP+UDP+RTP), в Кбит/с;
- по объему передаваемых данных, при среднестатистической длительности речевого сеанса Ts (в минутах) и скорости аудиокодека V (в Кбит/с) (в течение одного сеанса необходимо передать объем Q=NxV Кбайт).

В таблице 10.2 приведен пример расчета трафика при использовании различных кодеков. В таблице 10.2 не учитывается протокольная избыточность речевой информации, пересылаемой в IP-пакетах, которая может достигать значений от 25 до 100%. Речевую информацию как высокоприоритетную следует передавать в пакетной сети с высоким приоритетом для уменьшения задержки.

Для повышения качества доставки информации, чувствительной к задержке, могут быть использованы как механизмы дифференциации с помощью приоритетов (Diff-Services), так и резервирования необходимой полосы пропускания канала в интерфейсе (Int-Services) с помощью протоколов RSVP, RAS и др.

При использовании этих двух механизмов в пакетной сети создаются условия для эмуляции канала. Отличием такого эмулированного

канала от канала в TDM-телефонии является принципиальная возможность гибкого изменения его полосы пропускания.

В транспортных сетях с технологиями ATM, MPLS или VLAN/Ethernet предусмотрены следующие классы доставки информации:

- CBR (ATM) или EF (IP/MPLS);
- RT-VBR (ATM) или AF1 (IP/MPLS).

Под EF (IP/MPLS) подразумевается *класс беспрепятственной (срочной) переадресации* (Expedited Forwarding, EF), а под AF1 (IP/MPLS) – *класс гарантированной переадресации* (Assured Forwarding, AF).

Таблица 10.2. **Пример расчета трафика реального времени при использовании различных кодеков**

Тип кодека	Ts (длительность сеанса), сек	V (скорость), Кбит/с	Q (объем данных в течение сеанса), Кбайт
G.711	120	64	960
G.723.1 (MP-MLQ)	120	6,4	96
G.723.1 (ACELP)	120	5,3	80
G.726	120	32	480
G.729	120	8	120
GSM-FR	120	13	195

Для класса CBR/EF в пакетной сети резервируется минимально необходимая полоса пропускания. Именно этот класс услуг доставки позволяет эмулировать каналы в сети с коммутацией пакетов для пересылки информации, поступающей из других сетей. При этом для доставки речевой информации создаются наиболее благоприятные условия. Однако этот класс качества соответствует наибольшей избыточности информации, передаваемой через сеть. Например, при использовании аудиокодека G.711 (скорость кодирования V=64 Кбит/с) необходимо резервировать полосу пропускания, соответствующую скорости 128 Кбит/с, что в два раза больше, чем для TDM-телефонии. Если использовать более низкоскоростные аудиокодеки (например, G.729 – 8 Кбит/с), то можно значительно уменьшить выделяемую ширину полосы пропускания канала.

При предоставлении дифференцированных услуг (Differentiated Service, Diff-Serv) все IP-пакеты, проходящие через канал и требую-

щие того же уровня Diff-Serv, образуют ***ансамбль пакетов*** (Behavior Aggregate, BA). Во входном узле области Diff-Serv пакеты классифицируются и помечаются с помощью кода DSCP (Diff-Serv Code Point), который соответствует их ансамблю (BA). В каждом промежуточном узле (LSR) DSCP используется для определения *пошагового поведения* (Per Hop Behavior, PHB), которое задает последовательность обработки и, в некоторых случаях, вероятность отбрасывания пакетов.

Схема поддержки ансамблей BA Diff-Serv определена для сетей с технологией MPLS. Данная схема основана на использовании комбинации двух типов путей (LSP) домена MPLS:

- пути (LSP), которые могут транспортировать несколько ансамблей BA, так что поле EXP метки MPLS передает LSR характер пошагового поведения (PHB), которое следует применить к пакету;
- пути (LSP), которые транспортируют только один ансамбль BA, так что обработка пакетов в LSR целиком определяется значением их метки, приоритет отбрасывания пакета задается полем EXP заголовка MPLS или на уровне инкапсуляции канала специфическим механизмом отбрасывания (ATM, Frame Relay, 802.1).

Класс RT-VBR (ATM) или AF1 (IP/MPLS) обеспечивает высокую эффективность использования полосы пропускания за счет статистического мультиплексирования, но неэффективен при доставке речевой информации.

Расчет нагрузки, создаваемой источниками речевой информации, в пакетной сети (CBR/EF) во многом аналогичен расчету нагрузки в телефонной сети. Различие состоит в том, что в ТфОП с КК используются физические каналы (TDM-каналы), пропускная способность которых фиксирована и равна 64 Кбит/с. После расчета числа соединительных линий (СЛ) между узлами сети определяется количество стандартных интерфейсов, например, E1.

Расчет количества СЛ на выходе медиашлюза мультисервисной сети выполняется по известной нагрузке и выбранной доле потерь по времени.

Медиашлюз H.323 или MGW (например, шлюз трактов TGW или шлюз доступа AGW) коммутирует виртуальные каналы (пакетные или эмулированные), пропускная способность которых может гибко меняться, например, для голоса – от 10 Кбит/с до 130 Кбит/с – в зависимости от:

- типа используемого аудиокодека (например, для G.711 – 64 Кбит/с, для G.729 – 8 Кбит/с и т.п.);

- протокольной избыточности, к исходной скорости кодека добавляется избыточность стека протоколов RTP/UDP/IP/ и протоколов 2-го уровня (например, Ethernet, ATM или других протоколов второго уровня). Так, например, длина заголовка RTP – от 12 до 16 байт, заголовка UDP – 8 байт, заголовка IP – 20 байт;
- установленной администратором шлюза избыточности, например, с помощью указания количества речевых фреймов, которое допускается помещать в один IP-пакет, что в, свою очередь, зависит от допустимой абсолютной задержки пакета из конца в конец.

  Следует учитывать, что протокольная избыточность – сумма длин заголовков (не смешивать с коэффициентом избыточности) протоколов RTP/UDP/IP/Ethernet, содержимое которых используется при доставке информации через сеть, составляет 54 байта ($Q_{загол}$ =12+8+20+14).

В таблице 10.3 приведены характеристики аудиокодеков.

Таблица 10.3. **Характеристики аудиокодеков**

№ п. п.	Тип кодека	V (скорость аудиокодека), Кбит/с	Размер речевого кадра, мс/байт	Общая длина кадра, байт	Коэффициент избыточности ($К_{изб}$)	Требуемая пропускная способность (R) на физическом уровне, Кбит/с
1	G.711	64	10/80	134	134/80=1,7	108
2	G.723.1 (l/r)	6,4	30/20	74	74/20=3,7	24
3	G.723.1 (h/r)	5,3	30/24	78	78/24=3,25	17
4	G.729	8	10/10	64	64/10=6,4	51
5	GSM-FR	13	20/32	86	86/32=2,7	35

Расчет требуемой полосы пропускания на физическом уровне и коэффициента избыточности выполняется по формулам:

$R=V_{кодека} \bullet К_{изб}$;

$К_{изб} =(L_{RTP/UDP/IP/Ethernet}+L_{речевого\ кадра})/L_{речевого\ кадра} = L_{общ}/L_{речевого\ кадра}$.

Пропускная способность канала на физическом уровне рассчитана в предположении, что в один RTP-кадр помещается один речевой кадр.

Однако, как пакетные речевые терминалы, так и шлюзы позволяют размещать в одном RTP-кадре несколько речевых кадров. Это позво-

ляет уменьшить удельный вес заголовков RTP/UDP/IP/L2, а значит и требуемую полосу пропускания на физическом уровне.

Однако при таком уплотнении возрастает задержка формирования RTP-кадра и может снизиться качество речевой услуги, поэтому необходимо соблюдать компромисс между экономией полосы пропускания и необходимым качеством доставки речевой информации по такому параметру, как абсолютная задержка (IPTD), одной из составляющих которой является задержка формирования RTP-кадра.

На рисунке 10.2 приведены протоколы, принимающие участие в доставке речевой информации в IP-сети.

Расчет пропускной способности сети доступа

На рисунке 10.3 приведена модель инфокоммуникационной системы, предложенная международным союзом электросвязи (МСЭ-Т) в рекомендациях серии Y. Эта модель позволяет однозначно определить место сети доступа в инфокоммуникационной системе.

Примером оборудования в помещении абонента может быть как обычный телефонный аппарат (квартирный сектор), так и сложный комплекс аппаратно-программных средств – учрежденческая АТС (УАТС), локальная сеть Ethernet и другое оборудование (производственный сектор). В первом случае функции сети доступа может выполнять абонентская линия, представляющая собой двухпроводную физическую цепь. Во втором случае в состав сети доступа (для существующей системы электросвязи) должны входить:

- цифровой тракт E1 (или несколько таких трактов) для подключения УАТС к местной телефонной сети;
- цифровой тракт, поддерживающий стек протоколов TCP/IP, для подключения локальной сети к Internet;
- арендуемые линии, если они необходимы для подключения того оборудования, которое не использует телефонную сеть или Internet.

Основное назначение сети доступа – обеспечение надежной и высококачественной связи между всеми видами оборудования, установленного в помещении потенциальных клиентов оператора, и соответствующими транзитными сетями. Одна из существенных особенностей сети доступа – длительное использование технологии доставки информации.

Сеть доступа является наиболее капиталоемкой, поэтому ни один элемент телефонной системы не пребывал столь долго в состоянии «стагнации», как сеть доступа [1].

Сложившаяся ситуация объясняется двумя основными причинами:

- до недавнего времени не существовало технических средств, с помощью которых можно было бы строить обычные (узкополосные) сети доступа более экономично;
- физические цепи обеспечивали потребности в информационном обмене (пока он не потребовал более мощных ресурсов, чем канал ТЧ) и поддерживали значительную часть новых услуг.

В настоящее время перед операторами связи, работающими в условиях жесткой конкуренции, стоит задача обеспечения широкого спектра телекоммуникационных услуг, который не ограничивается функциональными возможностями традиционной телефонии.

Эта задача требует пересмотра подходов к построению телекоммуникационных сетей. Одно из самых современных решений – создание мультисервисной сети нового поколения. Такой подход позволяет экономично развивать телекоммуникационную систему, удерживая эксплуатационные расходы в разумных пределах. В качестве базовой технологии для построения таких сетей все чаще выступает протокол IP (Internet Protocol).

С другой стороны, телефонная связь по-прежнему остается важнейшей из предоставляемых услуг. Номерная емкость телефонных сетей продолжает увеличиваться в ряде стран, в том числе в России и странах бывшего СССР. Более того, пока основную долю доходов операторы связи получают за счет предоставления услуг телефонии.

Таким образом, оператор должен так развивать сеть, чтобы обеспечить предоставление традиционных услуг телефонии и эффективно вводить новые виды услуг. Эти услуги часто подразумевают использование технологий, отличающихся от традиционной "коммутации каналов". Именно для таких сетей в НТЦ «ПРОТЕЙ» (Россия) разработан мультисервисный абонентский концентратор (МАК). Он позволяет реализовать мультисервисный доступ, как к телефонным сетям, так и к сетям передачи данных с коммутацией пакетов. В телефонных сетях общего пользования (ТфОП) оборудование МАК подключается к опорным цифровым АТС на основе стандартного интерфейса V5.2 по трактам E1 (рекомендация ITU-T G.703) со скоростью передачи 2048 Кбит/с. Его подключение к IP-сети осуществляется по стандартному интерфейсу Ethernet 100 Base -T.

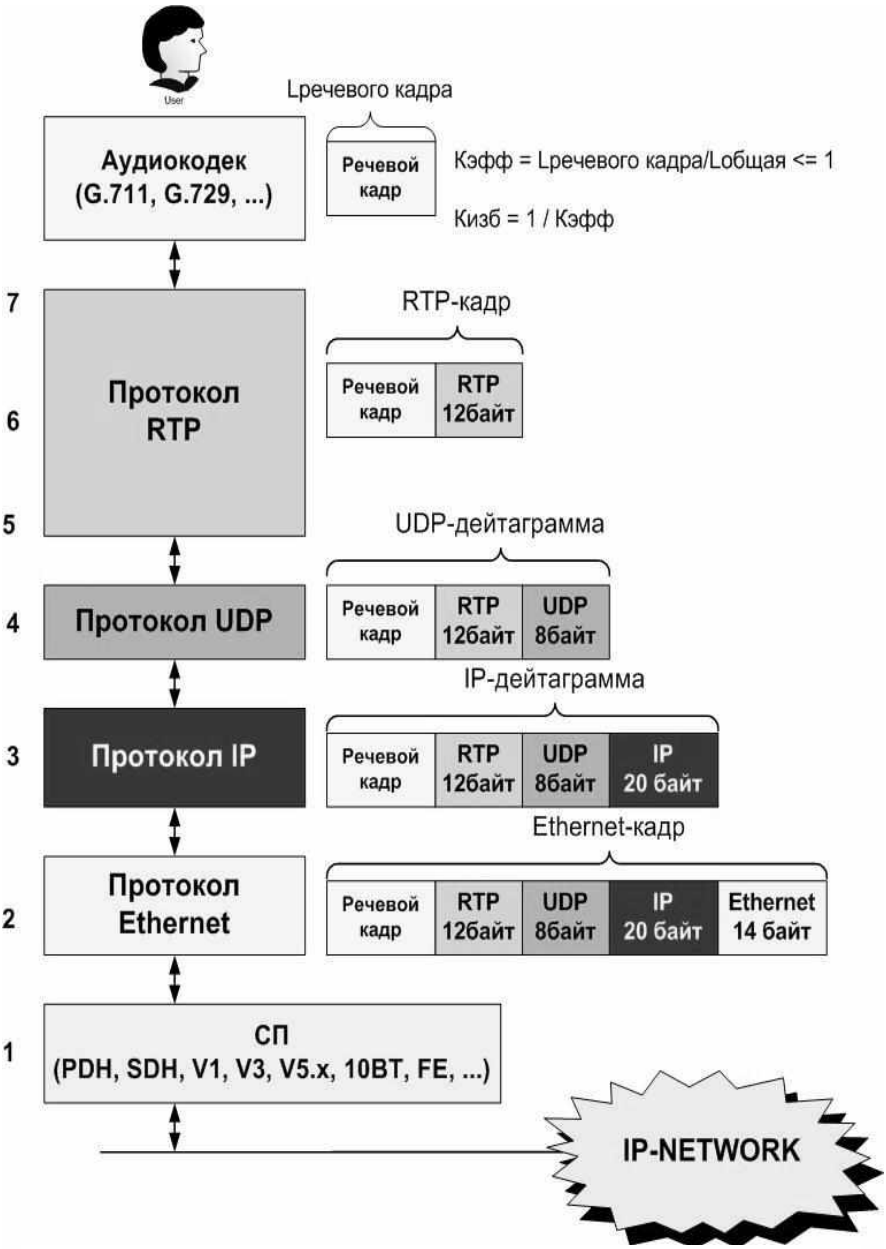


Рисунок 10.2. Протоколы, обеспечивающие доставку речевой информации в IP-сети

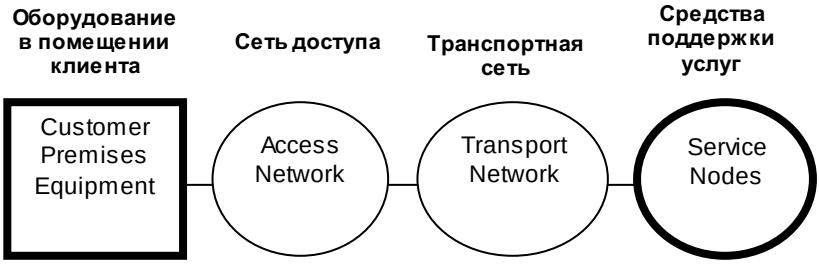


Рисунок 10.3. Модель инфокоммуникационной системы, предложенная ITU-T

Мультисервисный абонентский концентратор ПРОТЕЙ-МАК обеспечивает возможность постепенного перехода к NGN. На рисунке 10.4 приведена схема подключения МАК к ТфОП, программному коммутатору (Softswitch) и сети с коммутацией пакетов Internet.

С абонентской стороны к МАК могут подключаться практически все виды терминального оборудования. На рисунке 10.4 показаны наиболее типичные ситуации:

- подключение ТА по двухпроводной физической цепи (по индивидуальной абонентской линии);
- объединение ТА и LAN в устройстве интегрированного доступа (IAD), которое соединяется с МАК цифровой линией SHDSL;
- подключение группы ТА к МАК через систему PMP (беспроводный множественный доступ), что требует наличия в базовой станции (БС) стандартного стыка с цифровым коммутационным оборудованием.

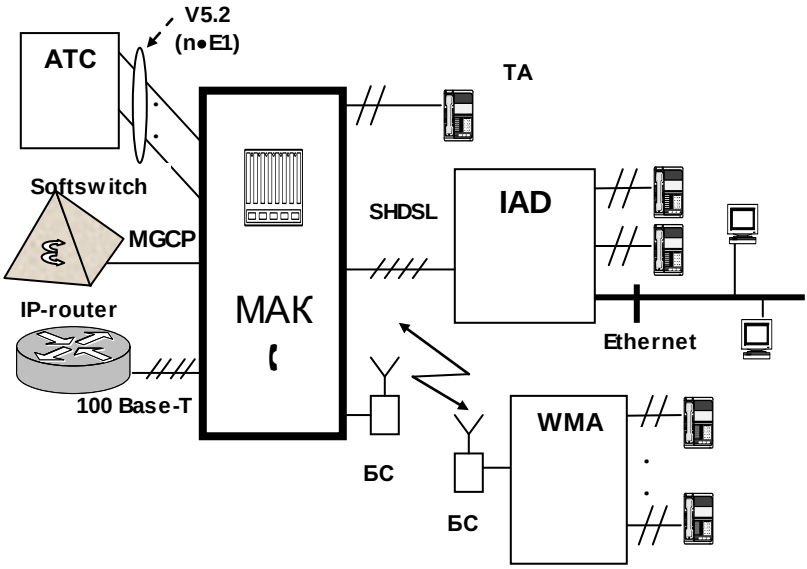


Рисунок 10.4. Схема, иллюстрирующая использование МАК

На рисунке 10.4 используются следующие обозначения:

MGCP (Simple Gateway Control Protocol) – простой протокол управления шлюзом, предназначенный для управления концентраторами, взаимодействия с ТфОП и станциями других сетей;

100 Base-T – обозначение спецификации физического уровня Fast Ethernet со скоростью передачи 100 Мбит/с (стандарт 802.3u). В данной технологии в качестве среды передачи используется волоконно-оптический кабель (символ F), либо две витые пары (символ T) категории 5, либо четыре витых пары категории 3 и выше. Термин Base обозначает прямую (немодулированную) передачу;

Softswitch – программный коммутатор (специально создавался для обоих типов сетей – ТфОП и IP, в каждой из них это оборудование будет восприниматься по-разному: для работы в ТфОП Softswitch должен выполнять функции пункта сигнализации ОКС № 7 и иметь интерфейсы для поддержки других систем сигнализации ТфОП (EDSS1, 2ВСК, R2 и др.); в сети с коммутацией пакетов Softswitch выступает в качестве единого устройства управления транспортными шлюзами (Media Gateway Controller, MGC) и/или контроллера сигна-

лизации (Signaling Controller, SC), диспетчера H.323 и серверов SIP (Signaling Initial Protocol));

SHDSL (High-bit-rate Digital Subscriber Line) – четырехпроводная высокоскоростная цифровая абонентская линия, по которой обеспечивается передача потока со скоростью 2,048 Мбит/с (E1) с использованием кодирования типа 2B1Q (рекомендация ANSI);

IAD (Integrated Access Device) – интегрированное устройство доступа;

WMA (Wireless Multiple Access) – оборудование беспроводного множественного доступа.

Оборудование WMA на стороне концентратора должно подключаться по стандартному тракту E1 или через абонентские комплекты.

Оборудование МАК позволяет подключать обслуживаемых пользователей к нескольким сетям. Типичное требование (на начальном этапе формирования NGN) состоит в том, что потоки информации должны направляться в две сети. Во-первых, по интерфейсу V5.2 через опорную АТС осуществляется доступ к ТФОП. Для этого между МАК и АТС может быть организовано несколько трактов E1. Во-вторых, должен быть реализован доступ к пакетной сети с использованием технологии Ethernet. На рисунке показан маршрутизатор (IP Router), который обеспечивает обслуживание потоков пакетов IP.

Для поддержки некоторых видов инфокоммуникационных услуг может понадобиться взаимодействие с программным коммутатором (Softswitch). Эти функции могут быть реализованы при применении протокола MGCP (Media Gateway Control Protocol), который предназначен для управления медиашлюзом. Он разработан для архитектуры, в которой вся логика обработки вызовов располагается вне шлюзов и управление выполняется внешними устройствами, такими, как контроллеры медиашлюзов (Media Gateway Control, MGC) или агентами вызовов. Модель вызовов MGCP рассматривает медиашлюзы как набор конечных точек, которые можно соединить друг с другом.

Технология физического уровня Fast Ethernet 100Base-T со скоростью 100 Мбит/с используется в локальных сетях ЭВМ. Термин Base указывает на прямую (немодулированную) передачу. Признак T указывает на использование витой пары (Twisted pair).

Термин «Softswitch» в его широком смысле используется для описания коммуникационных систем нового поколения, основанных на открытых стандартах и позволяющих строить мультисервисные сети с выделенным «интеллектом», интегрирующим все виды телекоммуникационных услуг. Такие сети обеспечивают эффективную передачу речи, видео и данных и обладают бóльшим потенциалом для развертывания дополнительных услуг, чем традиционные телефонные сети.

Таким образом, под термином Softswitch понимают и устройство, и технологию, обеспечивающую решение задачи создания мультисервисных сетей.

Аппаратное обеспечение МАК состоит из следующих элементов:

- аппаратной части концентратора, которая включает средства самотестирования;
- аппаратной части сервера технического обслуживания;
- аппаратной части терминала для оператора, выполняющего функции технического обслуживания.

Оборудование МАК выполнено в виде законченных независимых модулей, которые устанавливаются в стандартных каркасах высотой 19 дюймов, объединяемых общей сетью управления и технического обслуживания. В аппаратной части использованы четыре типа плат:

- управляющая плата (Consul2) является контроллером концентратора, она предназначена для управления абонентскими платами SLAC30, а также цифровыми трактами E1 с различными интерфейсами (V5.1, V5.2) и протоколами сигнализации (ОКС № 7, DSS1);
- плата SLAC30 поддерживает 30 абонентских линий и предназначена для подключения стандартного аналогового терминального оборудования (телефонных и факсимильных аппаратов, модемов) по двухпроводным абонентским линиям;
- плата интерфейсов SHDSL и SLDH8 обеспечивает одновременную передачу речи и данных по двухпроводной линии, она используется для одновременного подключения стандартного аналогового терминального оборудования (либо подключения по трактам E1 оборудования УАТС) и оборудования высокоскоростной передачи данных;
- плата цифровых абонентских интерфейсов SLI8 позволяет подключить 8 интерфейсов основного доступа ISDN (2B+D).

Основные технические характеристики МАК приведены в таблице 10.4.

Все аппаратные средства МАК реализованы на современной элементной базе. Программное обеспечение отвечает международным нормам. На рисунке 10.5 приведены: состав оборудования МАК и протоколы обмена с ТфОП, ISDN, Internet, Ethernet.

В состав средств НТЦ ПРОТЕЙ входит оборудование, позволяющее строить мультисервисные сети доступа (рисунок 10.6): мультисервисный коммутатор доступа ПРОТЕЙ-МКД. Мультисервисный коммутатор доступа является узлом мультисервисной сети, решающим задачи обработки информации сигнализации, управления вызовами и соединениями.

Таблица 10.4. **Основные технические характеристики концентратора МАК фирмы ПРОТЕЙ**

Наименование характеристики	Значение
Количество аналоговых двухпроводных интерфейсов: - в модуле; - в каркасе	 до 570 до 3420
Интерфейсные платы: - модуль аналоговых двухпроводных линий; - модуль цифровых интерфейсов “U” (основной доступ ISDN)	 30 интерфейсов 8 интерфейсов
Тип интерфейса с ЦСП	E1 (импеданс 120 Ом, линейный код HDB3)
Синхронизация	Внешняя
Тип интерфейса с АТС	V5.1, V5.2, PRI, ОКС № 7
Поддерживаемые виды соединений	исходящие к АТС входящие от АТС междугородные
Поддерживаемые дополнительные услуги ТФОП	Набор услуг опорной АТС
Интегрированные устройства доступа: - IAD-A; - IAD-D	 8 АЛ; 10 Base-T E1; 10 Base-T
Потери при обслуживании абонентской нагрузки (при средней интенсивности абонентского трафика 0,125 Эрл)	 не более 0,1 %
Электропитание: - напряжение питания; - потребляемая мощность в расчёте на один аналоговый интерфейс, не более	 (–36В…–72В) – для всей системы. 0,5 Вт

Мультисервисный коммутатор доступа является ядром мультисервисной сети доступа и выполняет следующие функции:

- управление оборудованием доступа – мультисервисными абонентскими концентраторами;
- маршрутизация вызовов по номеру абонента ТфОП, номеру направления, IP-адресу;
- предоставление ДВО.

Основная идея, реализуемая аппаратно-программными средствами Softswitch (рисунок 10.7), состоит в том, что между логическими уровнями (в модели NGN) необходимо применять только *открытые протоколы*, которые позволяют легко адаптировать выполняемые

функции при формировании новых требований со стороны клиентов, системы тарификации и других компонентов инфокоммуникационной системы.

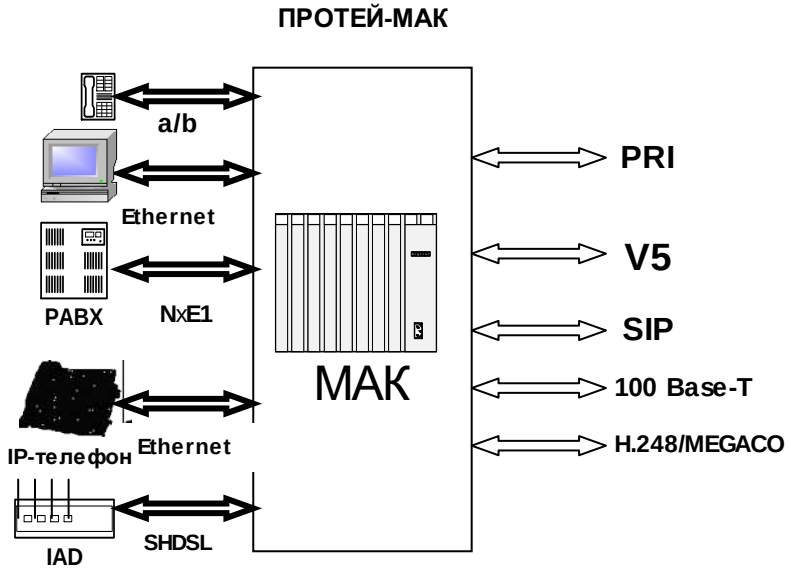


Рисунок 10.5. Протоколы и оборудование МАК

Особенность коммутационных станций ССОП состоит в том, что они имеют стандартные интерфейсы на входе и выходе. Практически все внутренние процессы в коммутационной станции, как в «черном ящике», поддерживались фирменными протоколами, разработка которых осуществлялась изготовителем соответствующего оборудования.

В мультисервисной сети нового поколения (NGN) должен использоваться ряд новых элементов, которых не было в телекоммуникационной системе 20-го века. Качественно новым видом аппаратно-программных средств, используемых в NGN, является Softswitch. На рисунке 10.7 показаны его основные свойства с архитектурной точки зрения.

В настоящее время все ведущие изготовители телекоммуникационного оборудования уже выпускают оборудование класса Softswitch или заканчивают его разработку. Основные решения практически

всех поставщиков, применительно к реализации Softswitch, совпадают.

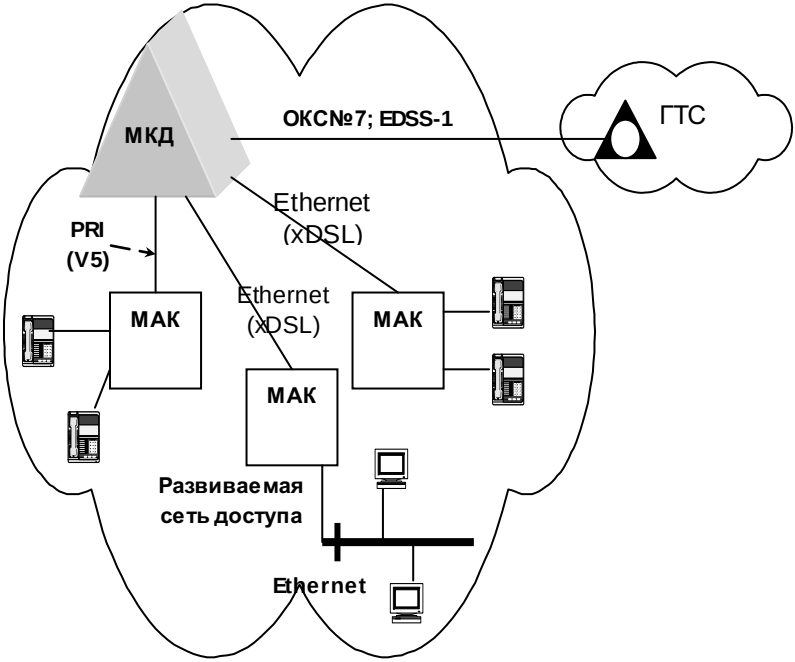


Рисунок 10.6. Пример мультисервисной сети доступа, развиваемой с помощью оборудования НТЦ ПРОТЕЙ

Оборудование создается только на платформах, характеризующихся высоким показателем готовности. Широко используется дублирование основных элементов системы. Число обслуживаемых попыток вызовов в час наибольшей нагрузки (ЧНН) составляет несколько миллионов. Обязательно поддерживается сигнализация по протоколу ОКС № 7.

Одна из важнейших функций Softswitch – поддержка услуг IP-телефонии. Оборудование Softswitch всех поставщиков взаимодействует по наиболее распространенному протоколу RADIUS. На рисунке 10.8 показана модель сети, построенной на базе оборудования класса Softswitch.

Рисунок 10.7. Функции коммутационных станций ТФОП и Softswitch

Оборудование Softswitch взаимодействует со многими компонентами в телекоммуникационной системе. В верхней части рисунка показаны подсистемы: тарификации, платформа услуг и приложений, а также сеть передачи данных по протоколу ОКС № 7. Необходимость взаимодействия Softswitch с этими подсистемами очевидна. Следует только отметить возможность обмена через сеть ОКС № 7 с узлом управления услугами (Services Control Point, SCP), входящим в состав интеллектуальной сети (ИС). Эта возможность позволяет дополнить услуги и приложения, доступные абонентам непосредственно через Softswitch, теми видами обслуживания, которые присущи ИС.

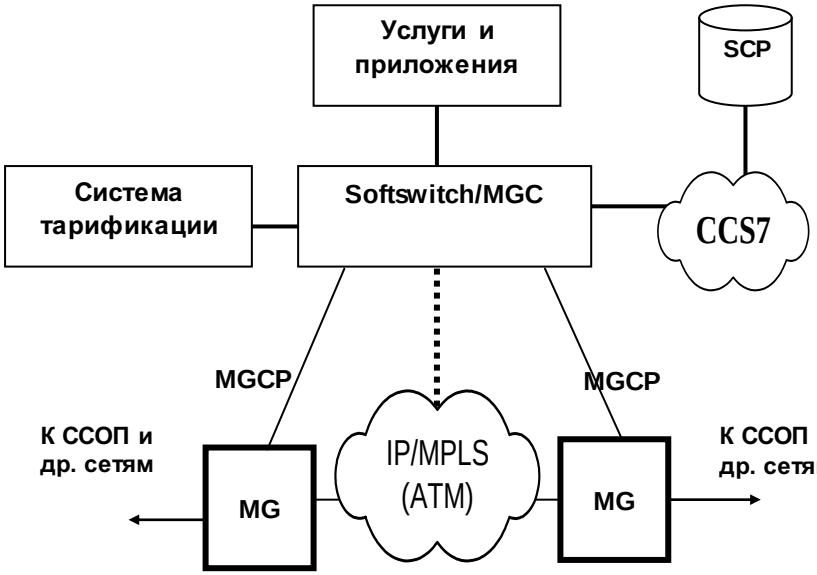


Рисунок 10.8. Модель сети, построенной на базе оборудования класса Softswitch

Логика обработки вызовов реализуется контроллерами шлюзов (Media Gateway Controller, MGC). Взаимодействие Softswitch с коммутационными станциями других сетей (в первую очередь, с ССОП) осуществляется через оборудование Media Gateway (MG). Для этих целей используется протокол MGCP (Media Gateway Control Protocol), разработка которого была выполнена IETF (Инженерная группа по проблемам Internet). Группа, которая предложила этот протокол, именуется Megaco (Media Gateway Control). Поэтому протокол иногда называют по имени группы – Megaco. Протокол MGCP был разработан IETF и ориентирован, в основном, на IP технологии. В настоящее время МСЭ-Т разработан протокол H.248 для управления медиашлюзами. Пунктирной линией на рисунке 10.8 показана связь Softswitch по управлению с транспортной пакетной сетью, которая, как правило, базируется на технологиях IP/MPLS, IP/GE, ATM. Пакетная сеть будет обеспечивать доставку основной части потоков данных телекоммуникационной системы. Существенно то, что переход к транспортной сети с коммутацией пакетов намечено осуществлять в соответствии с прагматической стратегией, то есть постепенной эволюции телеком-

муникационной системы. Кроме Softswitch, в NGN используются еще два сравнительно новых элемента – медиашлюз и шлюз сигнализации. Понятие "шлюз" часто используется при описании концепции NGN.

На начальном этапе эволюции инфокоммуникационной системы основную роль играет оборудование с коммутацией каналов. Основные ресурсы общей транспортной сети используются для доставки речевой информации. Оборудование с коммутацией пакетов использует меньшую долю ресурсов общей транспортной сети. Для решения задач коммутации, компрессии и передачи речевой информации из сети с коммутацией каналов в сеть с коммутацией пакетов устанавливаются медиашлюзы.

Часть ресурсов транспортной сети должна использоваться совместно обеими коммутируемыми сетями (с КК и КП). Это позволяет избежать перегрузок в том случае, если ЧНН в обеих сетях не совпадают.

На предпоследнем этапе эволюции инфокоммуникационной системы основную роль играет оборудование с коммутацией пакетов, обеспечивающее доставку мультимедийной информации. Основные ресурсы общей транспортной сети используются для транспортировки мультимедийной информации в режиме коммутации пакетов. Оборудование с коммутацией каналов теперь использует меньшую долю ресурсов общей транспортной сети.

Пропускная способность транспортной сети должна быть большей, что объясняется наличием в мультимедийном трафике видео информации. Часть ресурсов транспортной сети продолжает использоваться обеими коммутируемыми сетями совместно.

Среди проблем, с которыми сталкиваются практически все операторы телекоммуникационных сетей, следует подчеркнуть сложность выбора сценария для дальнейшего развития сети доступа. Такое положение обусловлено множеством факторов, но доминантой можно считать сложность прогнозирования спроса на рынке инфокоммуникационных услуг. Поэтому для оператора телекоммуникационной сети большой практический интерес представляют такие системно-сетевые решения, которые с минимальными затратами могут изменяться в зависимости от требований рынка. Этим условиям отвечают аппаратно-программные средства, подобные МАК-ПРОТЕЙ. Они не диктуют оператору выбор технологий и не сдерживают процессы ввода новых видов услуг.

Взаимодействие сетей

Физическая архитектура NGN, включает 3 уровня (платформы), между которым используются стандартные интерфейсы, что позволяет

обеспечить масштабируемость, независимость от поставщиков, сохранение инвестиций и много других выгодных для оператора связи свойств.

На рисунке 10.9 приведена физическая архитектура NGN.

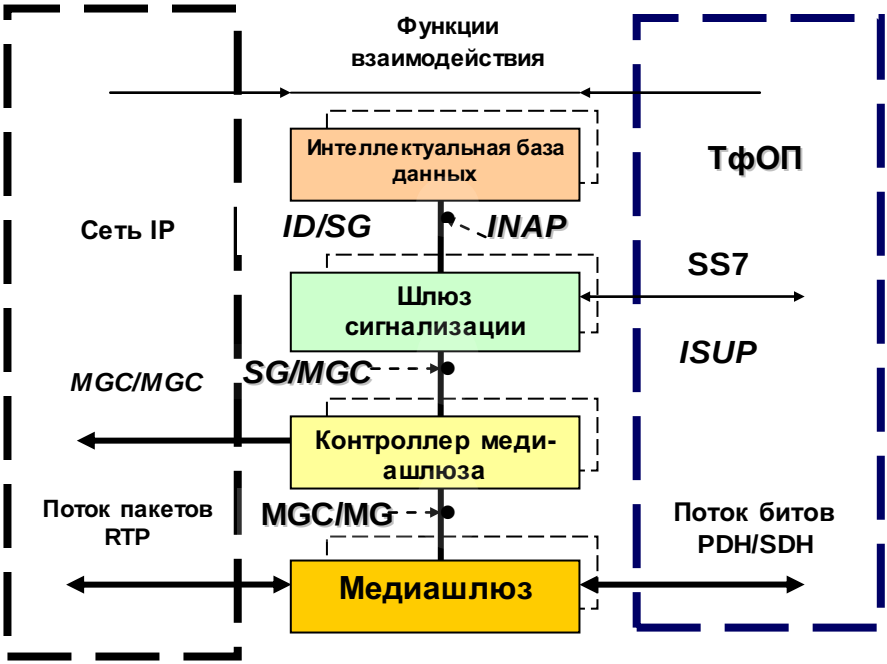


Рисунок 10.9. Архитектура NGN (Recommendatin ITU-T Y.100)

Физическая архитектура сети нового поколения (NGN) включает:

- *транспортную платформу*;
- *платформу управления и сигнализации*, реализуемую на базе новых программно-аппаратных комплексов;
- *платформу серверов*, обеспечивающих необходимый набор услуг.

Транспортная платформа содержит следующие уровни:

- *уровень ядра транспортной сети (Core Network, CN),* реализуемый на базе технологий мультисервисных транспортных сетей (в настоящее время наиболее проработаны технологии ATM, IP/MPLS/all, IP/VLAN/Ethernet);

- *уровень сетей доступа (Access Network, AN).* Наиболее распространенными в настоящее время являются следующие технологии доступа – xDSL, ETTH, Wi-Fi, Wi-Max, PON. Многообразие технологий, используемых в AN, вызвано следующими обстоятельствами:
  - многообразием используемых сред передачи (как новых, например – оптических, ранее в сетях доступа не использовавшихся, так и старых, например – многопарных телефонных кабелей и систем узкополосного беспроводного доступа);
  - многообразием типов терминалов (от прежних примитивных, но дешевых телефонных аппаратов, до многофункциональных терминалов, поддерживающих предоставление всех услуг).

Платформа управления и сигнализации реализуется на базе новых программно-аппаратных комплексов, за которыми закреплено название ***Softswitch*** (гибкая система управления коммутацией).

Платформа серверов обеспечивает необходимый набор услуг.

В настоящее время разработаны универсальные открытые интерфейсы, позволяющие гибко настраивать взаимодействие между этими платформами.

На рисунке 10.10 приведена схема организации взаимодействия сетей. Ресурсы для взаимодействия существующих сетей (PSTN и PLMN) предоставляет шлюз MGW. Конвертация протоколов сигнализации в процессе обработки вызовов реализуется шлюзом сигнализации SGW. Для управления шлюзами используется контроллер MGC.

На рисунке 10.11 приведен состав компонентов, входящих в Softswitch [5], и нумерация поддерживаемых протоколов. В таблице 10.5 приведены интерфейсы и протоколы оборудования Softswitch.

Изначально спецификация H.323 разрабатывалась в целях поддержки видеоконференций в локальных сетях. Используя межпользовательский или одноранговый (peer-to-peer) протокол, клиенты с интеллектуальными терминалами могли установить соединение с другими клиентами, использующими интеллектуальные терминалы.

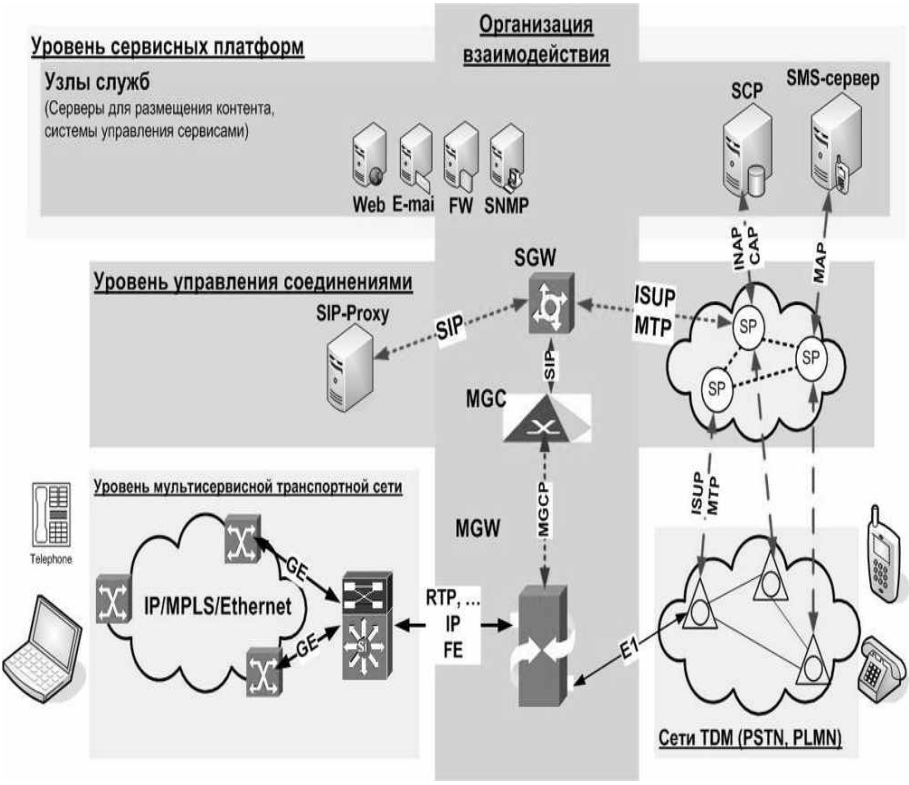


Рисунок 10.10. Схема организации взаимодействия сетей

Последующие версии H.323 предусматривали Gatekeeper Routed Model, в соответствии с которой привратник должен был принимать активное участие в установлении всех соединений и предоставлении услуг для каждого вызова. При такой модели H.323 больше не является одноранговым протоколом. Шлюз берет на себя многие традиционные интеллектуальные функции централизованного предоставления услуг.

В сети нового поколения *функции создания и предоставления услуг и приложений* отделяются от *функций управления вызовом и ресурсами коммутации*, а также создаются *стандартизованные интерфейсы между уровнями*, выполняющими эти функции.

Уровневая архитектура сети нового поколения приведена на рисунке 10.12.

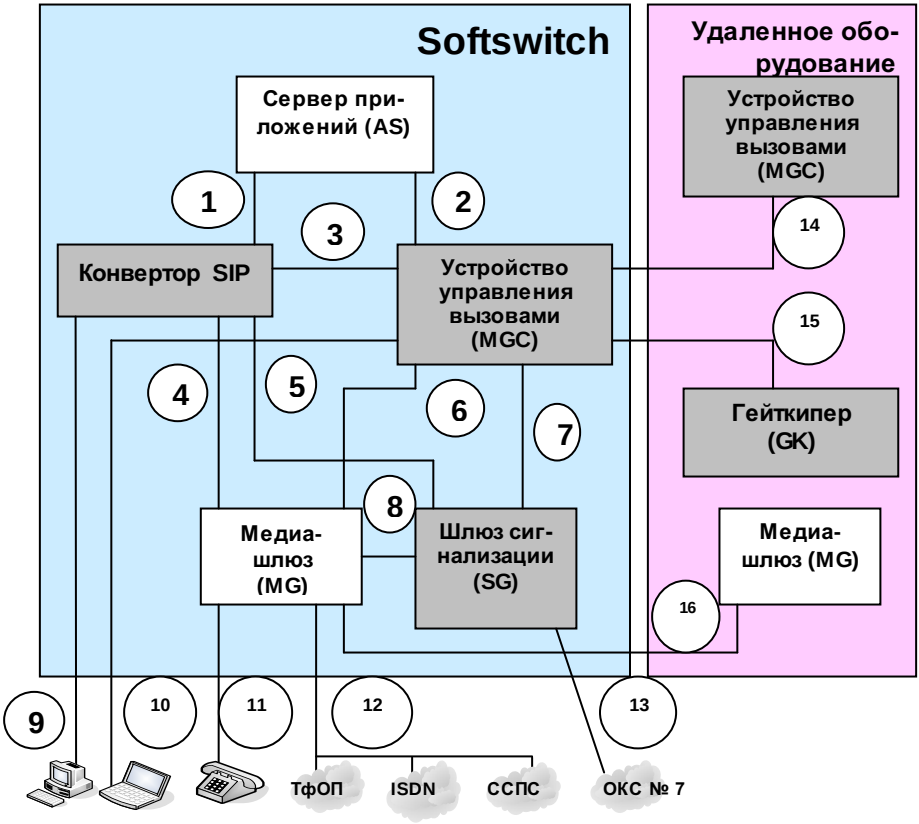


Рисунок 10.11. Состав компонентов, входящих в Softswitch, и нумерация поддерживаемых протоколов

На уровне доступа осуществляется подключение терминалов пользователей к сети на основе применения разнообразных средств, а также преобразование исходного формата данных в соответствующий формат, используемый для передачи в данной сети. На уровне доступа используются следующие устройства:

- медиашлюзы доступа (AGW);
- медиашлюзы сигнализации (SGW);
- устройства интегрированного доступа (IAD);
- медиашлюзы соединительных линий (TGW).

Таблица 10.5. **Интерфейсы и протоколы оборудования Softswitch**

Интерфейсная точка	Интерфейсы	Протоколы
1,2	- Ethernet (10 Base-T, 10 Base-F), - Fast Ethernet (100 Base-TX, 100Base-FX, 100 Base-FL), - Gigabit Ethernet (1000 Base-TX, 1000 Base-CX, 1000 Base-LX, 1000 Base-LH, 1000 Base-SX), - Token Ring, - FDDI, CDDI, - сети передачи данных (V.10, V.11, V.24, V.28, V.35, X.21, X.21bis, E1 ПЦИ), - xDSL	- IP, UDP, TCP, - TCAP, SIP, XML
3		- IP, TCP, - SIP, RAS, H.225, H.245
8		- IP, UDP, - MGCP
10		- IP, UDP, TCP, - RAS, H.225, H.245, MGCP, MEGACO
4,5		- IP, TCP, - SIP
6,14		- IP, UDP, TCP, - RAS, H.225, H.245, MGCP, MEGACO, SIGTRAN (IUA, V5UA, M3UA)
7		- IP, UDP, TCP, - RAS, H.225, H.245, SIGTRAN (V5UA, M3UA)
9		- IP, TCP, - RAS, H 225, H 245, SIP
15		- IP, TCP, - RAS, H 245
16		- RTP
11	- 2-х проводная аналоговая телефонная линия, - ISDN BRI	- частотный набор (DTMF) - DSS1
12	- 2-х проводная аналоговая телефонная линия; - ISDN BRI;	- частотный набор (DTMF); - DSS1
13	- ISDN PRI; - E1 ПЦИ, E3 ПЦИ, STM-N СЦИ	- ОКС №7.

Медиашлюз (AGW) обеспечивает: пересылку заявок из телефонной сети, компрессию и пакетизацию голоса, передачу компрессированных голосовых пакетов в сеть IP, а также проводит обратную операцию для вызовов пользователей телефонной сети из сети IP. В случае вызовов, поступающих от ISDN/PSTN, медиашлюз передает сигнальные сообщения контроллеру медиашлюза. Возможны преобразования протокола сигнализации ISDN/PSTN в сообщения H.323 средствами самого медиашлюза. Медиашлюз может также поддерживать удаленный доступ, виртуальные частные сети, фильтрование потоков данных при взаимодействии с пакетной IP-сетью и выполнять другие задачи.

Медиашлюз сигнализации (SG) находится на границе между PSTN и IP-сетью. Он служит для преобразования сигнальных протоколов и прозрачной доставки сигнальных сообщений через пакетную сеть. Медиашлюз сигнализации транслирует сигнальную информацию через пакетную сеть контроллеру медиашлюза или другим шлюзам сигнализации и обеспечивает взаимодействие с базами данных ID. В интеллектуальных сетях это взаимодействие происходит по протоколу INAP.

На уровне коммутации и транспорта осуществляется коммутация пакетов с помощью *маршрутизаторов* или *IP-коммутаторов уровня 3*, в которых обработка пакетов выполняется аппаратно. Эти устройства распределены территориально в магистральной сети. На этом уровне осуществляется предоставление пользователям стандартизованных средств доставки информации (цифровых каналов, трактов) с высоким качеством и большой пропускной способностью.

На уровне управления ресурсами транспортной сети осуществляется управление вызовами с использованием требуемого набора протоколов сигнализации. На этом уровне используется многофункциональный объект NGN Softswitch – апофеоз совершенствования телекоммуникационных средств. Softswitch осуществляет управление:

- вызовами;
- медиашлюзами (Media Gateway, MG);
- распределением ресурсов магистральной сети;
- обработкой сигнальных сообщений;
- аутентификацией;
- учетом стоимости услуг;
- предоставлением пользователям основных речевых услуг связи, мобильной связи, мультимедиа связи, а также интерфейсов программирования приложений (API).

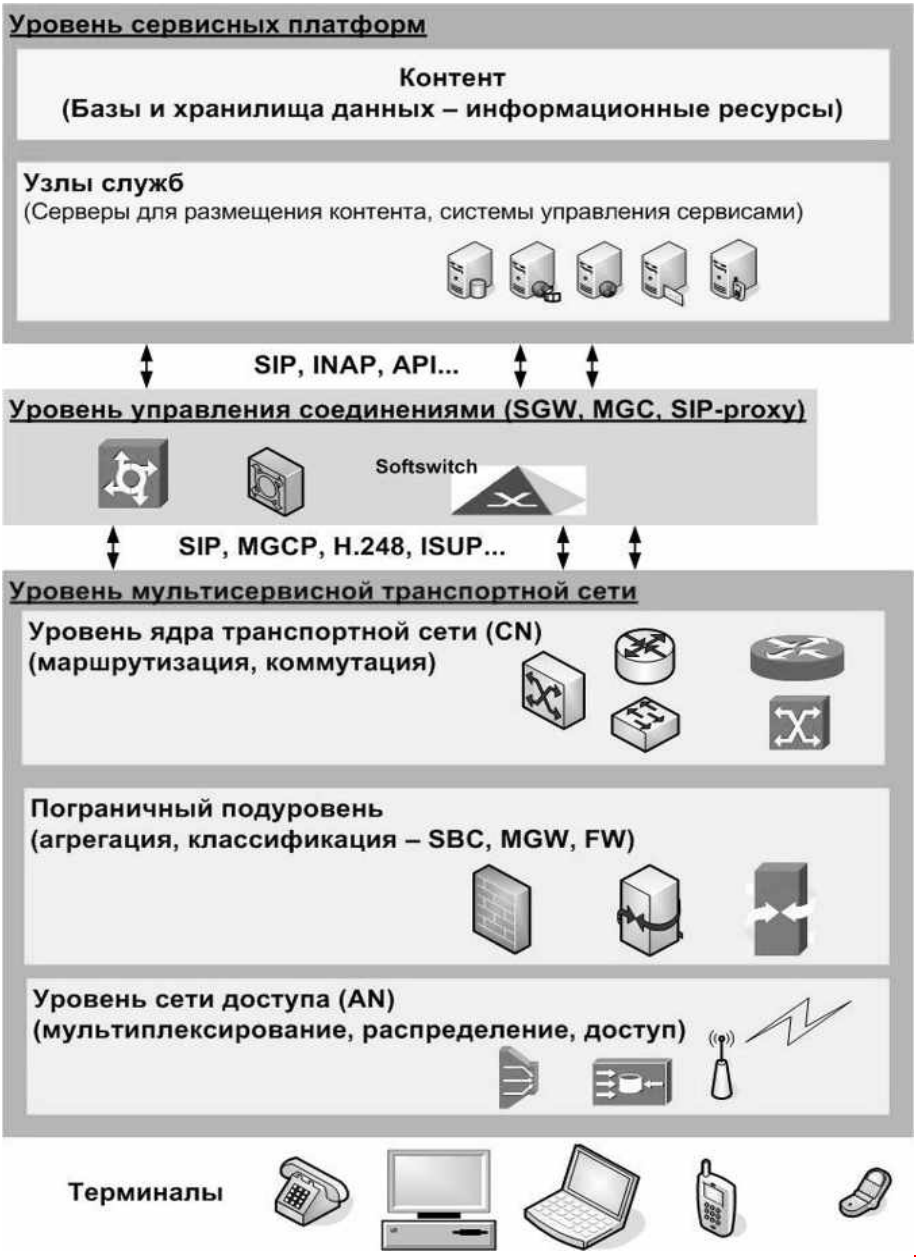


Рисунок 10.12 – Платформы NGN

Контроллер медиашлюза (Media Gateway Controller, MGC) выполняет регистрацию и управляет пропускной способностью медиашлюза, обменивается сообщениями с узлами ISDN/PSTN. Взаимодействие MGC с SGW (по протоколу SIP) и TGW (по протоколу H.248) происходит в IP-сети (рисунок 10.13).

На уровне сервисных платформ (управления услугами) осуществляется предоставление большого разнообразия услуг, а также поддержка целостности установленных соединений. На этом уровне применяются следующие системы:

- OSS (Operation Support System) – система поддержки эксплуатации, состоящая из двух подсистем: системы управления сетью (NMS) и интегрированной системы тарификации услуг;
- AS (Application Server) – сервер приложений, используемый для создания и управления логикой различных услуг с добавленной стоимостью и услуг интеллектуальной сети, а также для предоставления инновационной платформы по разработке услуг и предоставления услуг сторонних провайдеров с помощью открытых интерфейсов (API) для программирования приложений;
- LS (Location Server) – сервер местоположения, используется для динамического распределения маршрутов между Softswitch в NGN, определяет возможность установления соединений с пунктом назначения;
- Сервер RADIUS (Remote Authentication Dial-In User Service) – сервер службы аутентификации удаленных вызывающих пользователей (используется для централизованной аутентификации пользователей, шифрования пароля, выбора услуг и фильтрации, а также централизованной тарификации услуг);
- MRS (Media Resource Server) – сервер медиаресурсов, используется для реализации функций выбора среды передачи при организации основных и услуг с добавленной стоимостью (обеспечение тональных сигналов в процессе предоставления услуг, конференцсвязи, интерактивного голосового ответа (Interactive Voice Response, IVR), услуг записанных сообщений и речевого меню);
- SCP (Service Control Point) – узел управления услугами, является основным узлом интеллектуальной сети (IN) и используется для хранения абонентских данных и управления логикой услуг.

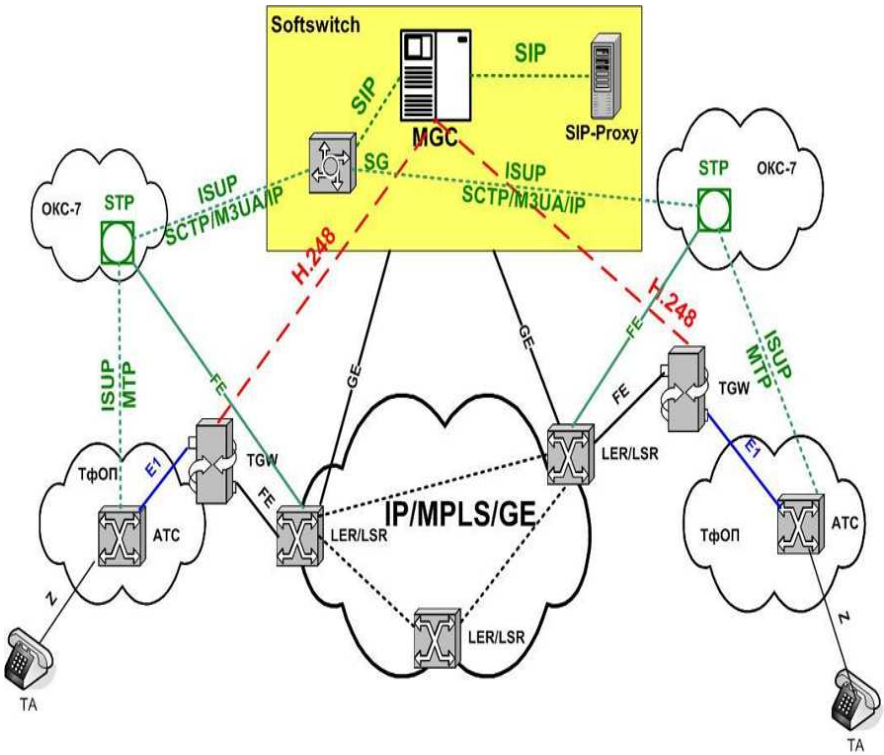


Рисунок 10.13. Взаимодействие контроллера медиашлюзов (MGC) с SGW и TGW в NGN

Пример построения мультисервисной сети с помощью оборудования фирмы НТЦ ПРОТЕЙ

Мультисервисная сеть может быть построена с использованием оборудования отечественной фирмы ПРОТЕЙ.

На рисунке 10.14 приведена схема мультисервисной сети, построенной с помощью оборудования НТЦ ПРОТЕЙ.

При взаимодействии ССОП с ПРОТЕЙ-МКД используются интерфейс V5.2 (плоскость U) и протоколы CCS7 (плоскость C). В интерфейсе «ПРОТЕЙ-МКД – IP-router» используются протоколы SIP; H.248 (плоскость C) и IP (плоскость U). В интерфейсе «ПРОТЕЙ-МАК – IP-router» используются протоколы SIP; H.248 (плоскость C) и FE (плоскость U).

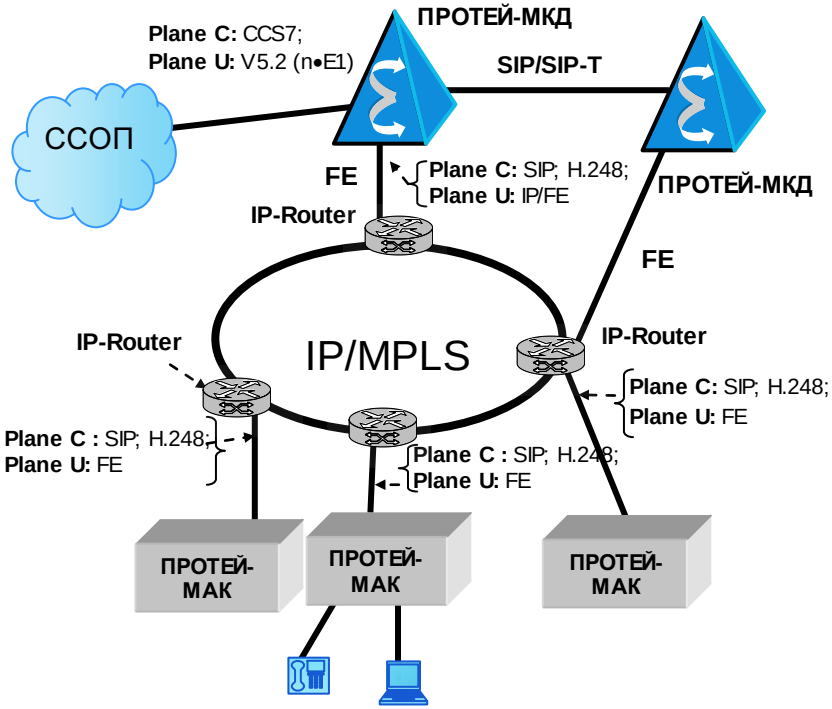


Рисунок 10.14. Схема мультисервисной сети, построенной с помощью оборудования НТЦ ПРОТЕЙ

10.2 Организация сети абонентского доступа

Организация проводной сети абонентского доступа

Для организации в одной физической цепи нескольких абонентских линий используются специальные системы передачи (рисунок 10.15).

Для передачи в интерфейсе V1 ISDN используются двухпроводные линии в кабеле с медными жилами.

Для организации цифровых потоков 2,048 Мбит/с в интерфейсах V3 и V5 ISDN могут использоваться пары кабелей с медными жилами и оптические кабели. В цифровых системах передачи, работающих по кабелям с медными жилами, используется стандартный код HDB3.

В технологии семейства xDSL (HDSL, ADSL), предназначенной для организации передачи данных с высокой скоростью по существующим кабелям с медными жилами, используют специальное кодирование сигнала для передачи на расстояния большие, чем при использова-

нии стандартного канала E1 (с кодом HDB3) без применения промежуточных усилителей. Данная технология является перспективной для организации цифровой сети доступа при использовании существующих ресурсов первичной телефонной сети. Сравнительная характеристика технологий xDSL приведена в таблице 10.6.

Все технологии семейства xDSL обеспечивают полнодуплексный режим и позволяют организовать симметричную и асимметричную передачу. Для симметричного варианта передачи скорости восходящего (от пользователя) и нисходящего (к пользователю) потоков равны, а для асимметричного варианта передачи скорость нисходящего потока превосходит скорость восходящего.

Технология HDSL позволяет использовать существующий кабель для симметричной дуплексной передачи цифровых потоков E1 на большие расстояния без регенерации. В цифровой линии модем HDSL использует линейный код 2B1Q или CAP, определяемый фирмой-производителем оборудования. На стороне пользователя, т.е. на стороне модема HDSL, подключаемого к устройствам пользователя, интерфейс является стандартным (E1), регламентированным в Рекомендации ITU-T G.703.

Технология ADSL обеспечивает передачу на скорости до 8 Мбит/с в направлении «от сети к пользователю» и до 1 Мбит/с в направлении «от пользователя к сети» по одному симметричному кабелю. На рисунке 10.16 приведена основная схема применения оборудования ADSL. Оборудование пользователя подключается к модему ADSL по интерфейсу 10/100 Base-T.

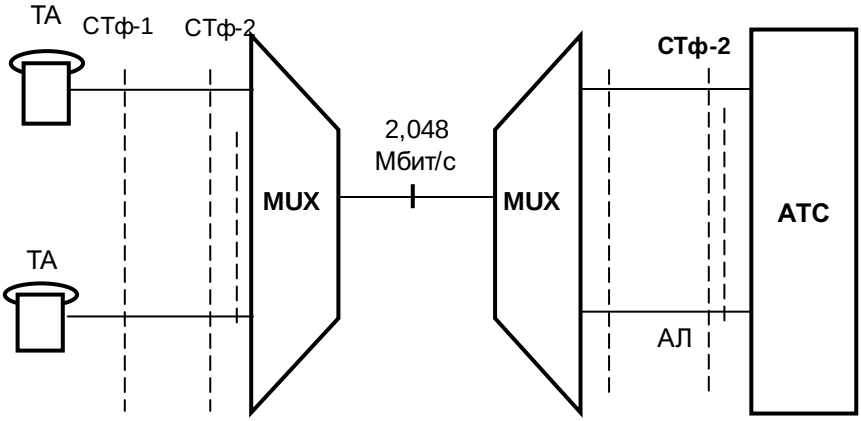


Рисунок 10.15. Схема формирования нескольких абонентских линий в одной физической цепи

Сплиттеры (частотные разделители) обеспечивают передачу в нижней части спектра сигнала аналоговой телефонии, что позволяет использовать телефон, факс и другое абонентское оборудование одновременно с передачей данных по той же самой линии.

Технология ADSL использует DMT-модуляцию. Цифровой многотональный сигнал (Digital Multi-Tone) состоит из 256 тональных сигналов в нисходящем направлении и из 16 тональных сигналов в восходящем направлении. Каждый тональный сигнал занимает полосу шириной 4 кГц.

Таблица 10.6. **Сравнительная характеристика технологий xDSL**

Вид технологии	Линия передачи	Максимальная скорость передачи, Мбит/с	Дальность (без регенераторов), км
HDSL	4 или 6 проводов	2 (симметричная)	6-8
ADSL	2 провода	до 8 (с-п), до 1 (п-с) *	4-6
*) «п-с» - направление «пользователь – сеть», «с-п» - направление «сеть – пользователь».			

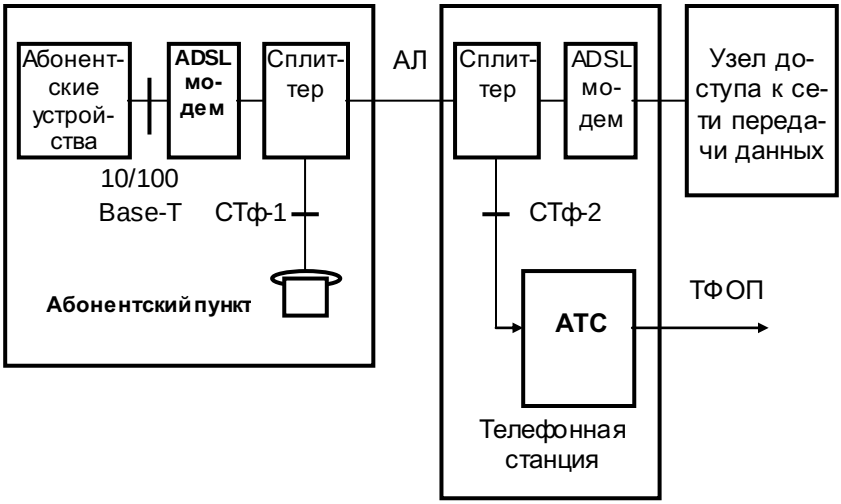


Рисунок 10.16. Основная схема применения оборудования ADSL

10.3 Расчет нагрузки, создаваемой пользователями мультисервисной сети

Исходные данные

Пример исходных данных для расчета приведен в таблице 10.7.

В качестве концентраторов трафика служб телефонии, поиска документов, цветного факса и передачи файлов в сети доступа могут использоваться, например, мультисервисный абонентский концентратор (МАК) фирмы ПРОТЕЙ или Litespan фирмы ИСКРАТЕЛ, обеспечивающие повышение эффективности использования средств доступа к транспортной сети.

Количество терминалов пользователей всех служб, подключаемых к одному МАК (Litespan), определяется при реальном проектировании.

На рисунке 10.17 приведен пример мультисервисной сети доступа, в которой используются программно-аппаратные средства фирмы ПРОТЕЙ.

Таблица 10.7. **Исходные данные**

Службы МС	Телефонная		Поиск документов		Цветной факс		Передача файлов		Видеотелефония		Поиск видео	
Параметры трафика	**КС***	**ДС***	**ДС**	**ВС***	**ДС**	**ВС**	**ДС**	**ВС**	**ДС**	**ВС**	**ДС**	**ВС**
Колич. источников N, тысяч	2,0	2,0	0,05	0,01	0,04	0,01	0,01	-	0,01	0,005	0,01	0,005
Удельная нагрузка (a_y) в ЧНН, Эрл	0,1	0,4	0,25	0,5	0,01	0,03	0,2	-	0,02	0,1	0,1	0,4
Пиковая скорость $V_{пик}$, Мбит/с	0,064	0,064	0,064	0,064	2,0	2,0	2,0	2,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Пачечность	1	1	200	200	1	1	1	1	5	5	18	18
Доля исходящей нагрузки к другим сетям	0,03	0,03	0,01	0,01	–	–	0,01	0,01	0,01	0,01	–	–

Примечание*:

КС – квартирный сектор; ДС – деловой сектор; ВС – ведомственные сети.

Будем считать, что все службы генерируют потоки вызовов пуассоновского типа. На этом основании будем создаваемые ими интенсивности потоков суммировать. По формуле (10.1) найдем суммарную входящую нагрузку, создаваемую пользователями *телефонной службы (Т)*, *службы поиска документов (ПД), цветного факса и передачи файлов* на порты МАК:

$$Y^{вх}_{т,пд,\ цф,\ пф} = a^{т}_{у} \bullet N^{т} + a^{пд}_{у} \bullet N^{пд} + a^{цф}_{у} \bullet N^{цф} + a^{пф}_{у} \bullet N^{пф} \quad \text{..... (10.1)}$$

Для обслуживания пользователей служб видеотелефонии и поиска видео создадим локальную сеть с технологией Fast Ethernet и подключим ее к маршрутизатору IP.

Источники видеотелефонии и поиска видео характеризуются высокой пачечностью (для видеотелефонии коэффициент пачечности равен 5, а для поиска видео – 18).

Напомним, что под пачечностью понимают отношение пиковой скорости потока, принимаемого от источника, к средней скорости, измеренной в течение большого интервала времени. Нагрузку, создаваемую источниками видеотелефонии и поиска видео найдем по формуле (10.2):

$$Y^{вх}_{вт,пв} = a^{вт}_{у} \bullet N^{вт} + a^{пв}_{у} \bullet N^{пв} \quad \text{..... (10.2)}$$

В процессе обслуживания пользователей служб видеотелефонии и поиска видео в компьютерной сети происходит статистическое мультиплексирование потоков в едином тракте, где цифровой поток передается со скоростью 100 Мбит/с (тип физической среды – 100Base-FX).

Количество терминалов пользователей видеотелефонии и поиска видео, обслуживаемых одним трактом со скоростью 100 Мбит/с, следует выбирать таким, чтобы при одновременном предоставлении услуг группе пользователей не возникали перегрузки. При расчете требуемой скорости в физической среде необходимо учитывать коэффициент пачечности источников нагрузки.

Мультисервисный коммутатор доступа ПРОТЕЙ-МКД представляет собой программно-аппаратный комплекс, предназначенный для предоставления услуг связи в ССОП. На его базе возможно также создание корпоративных сетей и организация связи в офисах. Мультисервисный коммутатор доступа выполняет функции Softswitch в мультисервисной сети связи, т.е. поддерживает обмен речевой и мультимедийной информацией в пакетной сети.

В мультисервисных сетях ПРОТЕЙ-МКД взаимодействует с транспортной IP-сетью по интерфейсу Ethernet 100 Мбит/с и использует протоколы сигнализации SIP, H.248/MEGACO для взаимодействия с узлами NGN. На рисунке 10.18 приведены возможные варианты использования ПРОТЕЙ-МКД.

На базе одной системы ПРОТЕЙ-МКД возможна организация телефонной сети емкостью до 25 тысяч номеров. Расширение сети возможно с помощью установки дополнительных модулей обработки вызовов (CPS).

Мультисервисный коммутатор доступа ПРОТЕЙ-МКД может взаимодействовать со следующими видами оборудования:

- с ТфОП/IN по интерфейсам E1:
  - цифровые телефонные станции, УАТС по протоколам E-DSS1, ОКС7, R1.5;
  - оборудование доступа по протоколу E-DSS1;
  - мультисервисный абонентский концентратор доступа ПРОТЕЙ-МАК;
  - узлы управления услугами (SCP) по протоколу INAP-R;
- с сетями с коммутацией пакетов по интерфейсам Ethernet 100/1000 Мбит/с.;
- с Softswitch по протоколам SIP/SIP-T, H.248/MEGACO;
- с оборудованием мультисервисного доступа, в том числе с мультисервисным абонентским концентратором ПРОТЕЙ-МАК по протоколам SIP/SIP-T, H.248/MEGACO;
- с прокси-серверами и др. узлами SIP-доменов по протоколу SIP;
- с серверами приложений по протоколу Parlay;
- с IP-телефонами, шлюзами IP-телефонии (в том числе с шлюзами IP-телефонии ПРОТЕЙ-ITG).

Основные технические характеристики ПРОТЕЙ-МКД приведены в таблице 10.8.

Таблица 10.8. **Основные технические характеристики ПРОТЕЙ-МКД**

Наименование характеристики	Значение
Количество обслуживаемых абонентов при стандартной комплектации	до 25 000
Количество обслуживаемых вызовов в ЧНН	до 150 000
Тип интерфейса с сетями с коммутацией каналов	E1 (2048 Кбит/с, G.703, 120 Ом)
Протоколы сигнализации при взаимодействии с ТФОП/IN	PRI/DSS1, ОКС7, R1.5, INAP-R
Тип интерфейсов с сетями с коммутацией пакетов	100/1000 Base-T
Протоколы при взаимодействии с узлами NGN	SIP/SIP-T, H.248, Parlay
Типы поддерживаемых протоколов	G.729, G.711, G.165, T.38, V.150
Поддерживаемые виды соединений	- исходящее к IP-сети; - входящее от IP-сети; - исходящие к АТС; - входящие от АТС; - транзитные от АТС к АТС; - междугородные; - международные
Поддерживаемые дополнительные услуги	- автодозвон; - перехват вызова; - удержание вызова; - приглашение к конференции; - передача вызова; - различные виды переадресации; - объединение пользователей в различные группы; - ожидание вызова; - горячая линия; - интеллектуальные услуги набора CS-1 и т.д.
Управление	на основе WEB-технологий
Электропитание	(-36В:-72В) - для всей системы

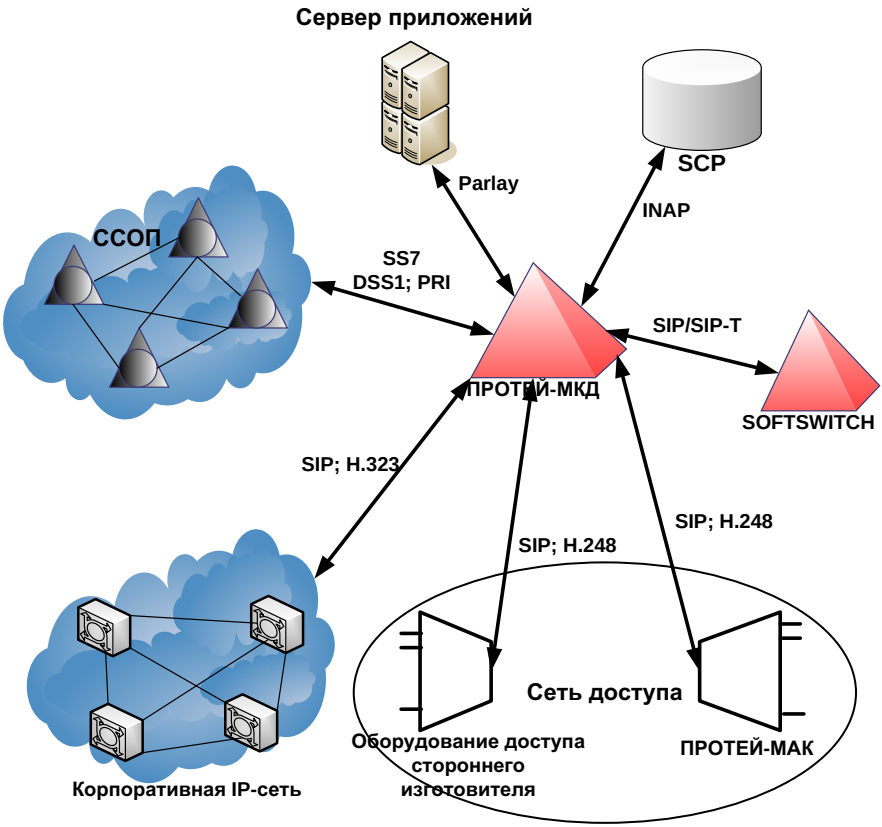


Рисунок 10.18. Варианты применения мультисервисного коммутатора доступа ПРОТЕЙ-МКД

Расчет нагрузки, создаваемой сетью доступа на транспортную сеть

Использование формул (10.1) и (10.2) позволяет найти суммарную исходящую нагрузку сети доступа, поступающую на проектируемую транспортную сеть. Эта нагрузка Y_{out} поступает на порты шлюза трактов (TGW). Если в шлюзе используется кодек G.711 без подавления пауз в разговоре, то ресурс, который должен быть выделен для переноса пользовательской информации сети доступа через транспортную пакетную сеть (рисунок 10.19), определим по формуле 10.3 [2]:

$$V^{AN}_{TGW} = V_{G.711} \bullet K \bullet Y_{out}\ , \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (10.3)$$

где $V_{G.711}$ – скорость передачи кодека G.711 в шлюзе трактов,

K – коэффициент избыточности;

V^{AN}_{TGW} – транспортный ресурс для переноса пользовательской информации, поступающей из сети доступа.

Недостатком кодека G.711 по сравнению с другими типами кодеков является необходимость выделения большой полосы канала в транспортной сети и большая задержка доставки. Его использование обосновано только при высоких требованиях пользователей к качеству речевой информации и небольшом количестве одновременных сеансов связи, организуемых шлюзом.

Будем считать, что TGW реализует функции как транспортного, так и сигнального шлюза. Поэтому в шлюзе должен быть предусмотрен транспортный ресурс для обмена сообщениями протокола сигнализации с Softswitch и протокола MGCP (Media Gateway Control Protocol) с контроллером управления шлюзом MGC:

$$V_{SIGN} = k_{SIGN} \cdot L_{SIGN} \cdot N_{SIGN} \cdot Y_{out} / 450;$$

$$V_{MGCP} = k_{MGCP} \cdot L_{MGCP} \cdot N_{MGCP} \cdot Y_{out} / 450 \text{ (бит/с)}, \ldots\ldots\ldots (10.4)$$

где k_{MGCP} = 5 – коэффициент избыточности при передаче сообщений протокола сигнализации и MGCP;

L_{SIGN} – средняя длина сообщений (в байтах) протокола сигнализации;

L_{MGCP} – средняя длина сообщений (в байтах) протокола MGCP;

N_{SIGN} – среднее количество сообщений протокола сигнализации при обслуживании вызова;

N_{MGCP} – среднее количество сообщений протокола MGCP при обслуживании вызова;

1/450 = 8/3600 – коэффициент, с помощью которого выполняется пересчет размерности «байт в час» в «бит в секунду».

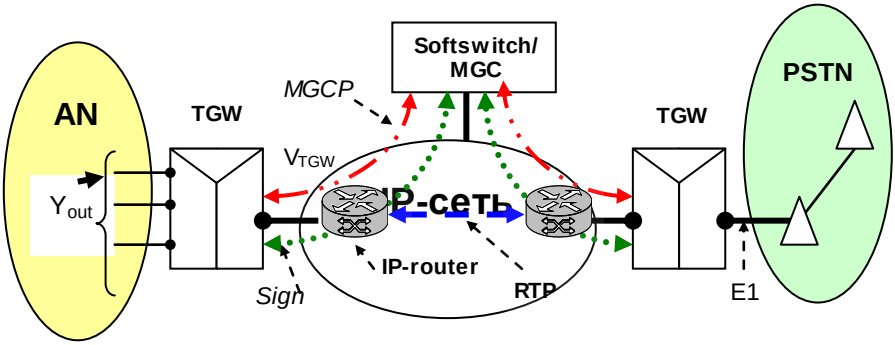


Рисунок 10.19. Согласование сети доступа с транспортной сетью с помощью шлюза трактов, совмещенного со шлюзом сигнализации

Объем общего транспортного ресурса шлюза может быть оценен с помощью соотношения (10.5):

$V_{TGW}=[Y_{out}\bullet(N_{SIGN}\bullet L_{SIGN}+N_{MGCP}\bullet L_{MGCP})]/90$ (бит/с), ……(10.5)

где $1/90 = k_{MGCP}/450$.

В таблице 3.20 [2] приведены параметры кодеков, используемых в шлюзах.

Пример расчета

Пусть: Y_{out} = 2500 Эрл; N_{SIGN} = 6; L_{SIGN} = 20; N_{MGCP} = 5; L_{MGCP} = 30.

Тогда:

$V^{SIGN}_{TGW}=[Y_{out}\bullet(N_{SIGN}\bullet L_{SIGN}+N_{MGCP}\bullet L_{MGCP})]/90=[2500(6\bullet 20\bullet 8+5\bullet 30\bullet 8)]/90= 2500\bullet 2160/90 = 60000.0$ (бит/с);

$V^{AN}_{TGW}=V_{G.711}\bullet K\bullet Y_{out}=84.8\bullet 1.25\bullet 2500=265000$(Кбит/с) = 265.0 Мбит/с

Общий транспортный ресурс шлюза:

$V_{TGW} = V^{AN}_{TGW}+ V^{SIGN}_{TGW}=265.0+0.06 \approx 265.0$ (Мбит/с).

Примечание:

$V_{G.711}$ = 84.8 Кбит/с (см. табл. 3.20 в [2]).

Расчет суммарной производительности коммутаторов транспортной пакетной сети

Минимально допустимую производительность коммутаторов транспортной пакетной сети определим, используя выражение:

$$H_{SW} = \sum_{i=1}^{K} V_{i\_TGW} \bullet L_{IP}, \quad \text{……(10.6)}$$

где i – номер шлюза трактов;

L_{IP} – длина пакета в байтах;

K – количество шлюзов.

Пример расчета

Пусть K=1, L_{IP} = 300 байт (300 байт=2400 бит).

Тогда, в соответствии с (10.6):

$H_{SW} = V_{TGW} \bullet L_{IP} = 265.0\bullet 10^6/2400 = 0.110416\bullet 10^6 = 110416$ (пак./с)

Количество и типы интерфейсов TGW с пакетной сетью определяется транспортными ресурсами шлюза и топологий пакетной сети. Транспортный ресурс шлюза и количество интерфейсов найдем по формуле:

$V_{TGW} = N_{INT} \bullet V_{INT}$ (бит/с), …… (10.7)

где N_{INT} – количество интерфейсов;

V_{INT} – полезный транспортный ресурс одного интерфейса.

Будем считать, что интерфейсы TGW с пакетной сетью относятся к одному типу, например, FE (Fast Ethernet).

Учитывая эти условия, искомое количество интерфейсов TGW с пакетной сетью (рисунок 10.20):

$$N_{INT} =](V_{TGW} / V_{INT} + 1)[=](265.0/100 + 1)[= 3.$$

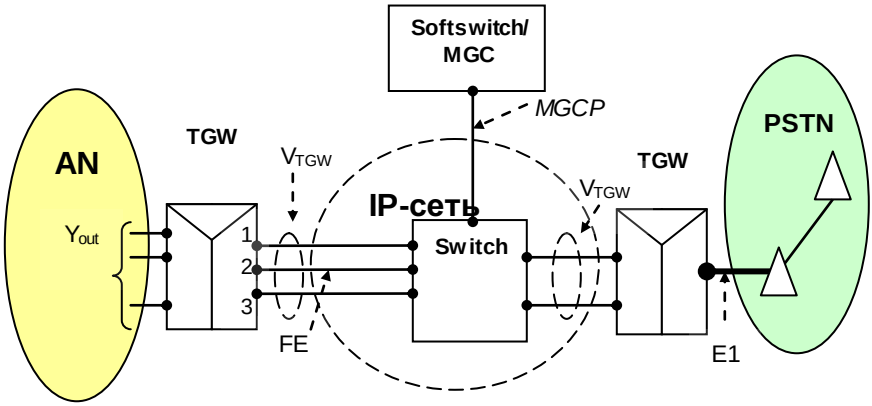


Рисунок 10.20. Согласование TGW
с транспортной сетью с помощью интерфейсов FE

Если предполагается использование интерфейсов разных типов, то выражение (10.7) приобретает вид:

$$V_{TGW} = \sum_{i=1}^{R}(N_{i\_INT} \bullet V_{i\_INT}) \text{ [бит/с]} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (10.8)$$

где R – количество типов интерфейсов;

N_{i_INT} – количество интерфейсов типа i;

V_{i_INT} – полезный транспортный ресурс интерфейса типа i.

Расчет нагрузки шлюза

Шлюзы, как правило, устанавливаются в существующих объектах сети и обеспечивают подключение к пакетной транспортной сети новых сетей доступа и существующих АТС. Нагрузка, поступающая на порты шлюза, может быть найдена по количеству интерфейсов E1 и удельной нагрузке, приходящейся на канал DS0 (V=64 Кбит/с).

Для расчета нагрузки Y_{i_TGW}, поступающей на шлюз от пользователей PSTN, воспользуемся выражением (10.9):

$$Y_{i\_TGW} = N_{i\_E1} \bullet 30 \bullet a_{E1} \text{ (Эрл)}, \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (10.9)$$

где N_{i_E1} – количество интерфейсов PSTN со шлюзом;

a_{E1} – удельная интенсивность нагрузки одного канала DS0 в интерфейсе E1.

Интенсивность нагрузки, поступающей с выходов шлюза в транспортную сеть, зависит от применяемых в шлюзе кодеков. Для вычисления транспортного ресурса V_{TGW_USER}, необходимого для переноса информации в транспортной сети, используем выражение (10.10):

$$V_{TGW\_USER} = V_{COD\_m} \bullet Y_{i\_TGW} \text{ , (бит/с)} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (10.10)$$

где V_{COD_m} – скорость передачи кодера типа m;

Y_{i_TGW} – общая интенсивность нагрузки, поступающей на TGW от сети доступа или АТС.

При расчете необходимо учитывать, что часть вызовов (от источников факсимильной информации, модемных соединений) будет обслуживаться с использованием кодека G.711 без компрессии пользовательских данных. Для учета доли такой нагрузки в общей нагрузке используем выражение (10.11):

$$V_{TGW\_USER} = (r \bullet V_{G.711} + (1 - r) \bullet V_{COD\_m}) \bullet Y_{i\_TGW} \text{ , (бит/с)} \ldots. \quad (10.11)$$

где $V_{G.711}$ – ресурс для передачи информации с выхода кодека G.711 без компрессии пользовательских данных, используемого для эмуляции канала.

Расчет производительности Softswitch

Основное назначение Softswitch состоит в обработке сигнальной информации в процессе обслуживания вызова и установления соединения. Требования к производительности Softswitch определяются интенсивностью вызовов, требующих обработки. Обычно новые сети доступа и существующие телефонные сети подключают к транспортным шлюзам с помощью интерфейсов типа E1.

В этих условиях интенсивность вызовов, поступающих к Softswitch, определяется количеством интерфейсов E1 и интенсивностью вызовов, приходящихся на канал DS0 (V=64 Кбит/с). Интенсивность вызовов, поступающих на i-ый TGW, может быть найдена из выражения (10.12):

$$\Lambda_{i\_TGW} = N_{i\_E1} \bullet 30 \bullet \Lambda_{DS0\_}, \text{ (выз./ЧНН)} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (10.12)$$

где N_{i_E1} – количество трактов E1;

Λ_{DS0} – интенсивность вызовов, обслуживаемых одним каналам DS0.

Интенсивность вызовов, поступающих на Softswitch от множества шлюзов, может быть найдена из выражения (10.13):

$$\Lambda_{Ssw} = \sum_{i=1}^{L} \Lambda_{i\_TGW} = 30 \bullet \Lambda_{DS0} \bullet \sum_{i=1}^{L} N_{i\_E1}, \text{(выз./ЧНН)} \quad \ldots\ldots\ldots (10.13)$$

где L – количество транспортных шлюзов, обслуживаемых одним Softswitch.

Необходимо иметь в виду то обстоятельство, что производительность, как шлюза, так и Softswitch может быть разной в зависимости от типа обслуживаемого вызова. Так, например, для обслуживания пользователей ISDN от шлюза и Softswitch требуется более высокая производительность, чем при обслуживании пользователей PSTN. В документации изготовителей, как правило, указывается производительность при обслуживании вызовов с наиболее простыми требованиями к сети.

Контрольные вопросы

1. Каков состав проектной документации, предназначенной для проектирования телекоммуникационных сетей?
2. Какие услуги может предоставлять NGN?
3. Каковы основные показатели качества доставки информации мультимедиа в пакетных сетях?
4. Какие данные нужно иметь для оценки нагрузки, которую необходимо обслужить узлам проектируемой сети?
5. Какие обоснования необходимо выполнить в проекте мультисервисной сети?
6. Какие виды информации наиболее критичны к задержкам доставки через сеть?
7. Как вычисляется коэффициент эффективности ($К_{эффIP}$) доставки информации с помощью протокола IP?
8. Чем определяется полоса пропускания соединения, используемого для передачи речевой информации в IP-сети?
9. Благодаря чему обеспечивается высокая эффективность использования полосы пропускания при использовании *класса гарантированной переадресации* (Assured Forwarding, AF)?
10. Что понимают под протокольной избыточностью?
11. От чего зависит задержка формирования RTP-кадра?

12. Изобразите модель инфокоммуникационной системы, предложенной МСЭ-Т.
13. Какие виды терминального оборудования могут быть подключены к мультисервисному абонентскому концентратору МАК фирмы ПРОТЕЙ?
14. Охарактеризуйте уровни транспортной платформы сети нового поколения (NGN).
15. Какие компоненты входят в состав Softswitch?
16. Изобразите уровневую архитектуру сети нового поколения (NGN).
17. Что понимают под коэффициентом пачечности?
18. Каково назначение мультисервисного коммутатора доступа ПРОТЕЙ-МКД?
19. С какими видами оборудования может взаимодействовать мультисервисный коммутатор доступа ПРОТЕЙ-МКД?

Библиография

1. РТМ «Модернизация сети доступа» (Ред. 2.0). – НТЦ ПРОТЕЙ, Санкт-Петербург, 2003.
2. Семенов Ю.В. Проектирование сетей связи следующего поколения. – Спб. «Наука и техника», 2005, 240 с.
3. РД 45-129-2000. Телематические службы. – М.: Министерство Российской Федерации по связи и информатизации. 48 с.
4. РД 45.120-2001. Нормы технологического проектирования. Городские и сельские телефонные сети. – М.: Министерство Российской Федерации по связи и информатизации. 128 с.
5. РД 45.333–2002. Оборудование связи, реализующее функции гибкого коммутатора (Softswitch)

Глава 11 Примеры построения мультисервисных сетей

11.1 Использование оборудования отечественной фирмы ПРОТЕЙ

Конвергенция сетей, обусловленная необходимостью одновременной поддержки процессов обмена речевой информацией, данными, видеоинформацией, породила две глобальные технические проблемы:

- необходимость поддержки большого разнообразия систем сигнализации, используемых в каждой из объединяемых сетей, которые базируются на технологиях TDM, ATM, IP и др.;
- "конвергенция услуг связи" (наряду с "конвергенцией сетей") - ввод новых инфокоммуникационных услуг с универсальным доступом из ССОП, ISDN, интеллектуальной сети (IN), сети IP.

Жесткая конкуренция и внедрение передовых технологий передачи данных ведут к снижению цен на пересылку информации в транспортных сетях. Стабильный доход телекоммуникационным компаниям может обеспечить только наличие модернизированных средств доставки информации с расширенными возможностями и предоставление широкого спектра новых услуг.

При внедрении новых услуг необходима модификация или замена функционирующих коммутационных узлов и средств доступа. Чтобы услуга была прибыльной, операторы сетей должны иметь возможность реализовывать новые услуги, не затрагивая коммутирующую инфраструктуру сети. Для этого необходимо создать *открытую стандартизованную архитектуру* на базе соответствующих протоколов, например, SIP, в соответствии с моделью, принятой в Internet. В результате пользователи смогут получать новые голосовые услуги, предлагаемые провайдерами, и обращаться к новым услугам сторонних организаций с помощью технологий наподобие интерфейсов прикладного программирования Java.

Конвергенция коммутации каналов и пакетов открывает новые возможности для построения сетей общего пользования с поддержкой разнообразных услуг.

Основным компонентом NGN является программный коммутатор Softswitch. В настоящее время в отечественной технической литературе еще нет ни общепринятого перевода термина "Softswitch", ни точного перечня функций, которые выполняют соответствующие ап-

паратно-программные средства. Можно найти такие варианты перевода содержания термина Softswitch: программный, гибкий, интеллектуальный коммутатор и иные определения. Следует указать, что функции коммутации в традиционном смысле вообще не свойственны этому объекту. Некоторая неясность в перечне тех функций, которые должен выполнять Softswitch, объясняется тем, что концепция NGN еще только формируется.

В процессе развития телефонии также существовали различные мнения о разделении функций между коммутационными станциями и другими видами оборудования (узлами спецслужб, центрами технической эксплуатации, центрами расчета с абонентами и другими). Более того, в процессе цифровизации ССОП функции аналого-цифрового преобразования перешли из систем передачи в абонентские комплекты коммутационных станций.

Различие в принципах построения сетей с коммутацией каналов (КК) и пакетов (КП), как и одноименных технологий, не позволяет провести простую аналогию между Softswitch и оборудованием распределения информации, которое используется в ТФОП. Это объясняется тем, что в Softswitch часто используется комплекс функций, которые в ТФОП распределены между коммутационными станциями, узлами Интеллектуальной сети (ИС), средствами обработки сигнальной информации (включая соответствующие конверторы), устройствами управления сетью электросвязи, а также другими элементами системы.

С функциональной точки зрения Softswitch можно рассматривать как аппаратно-программное средство для управления вызовами в тех телекоммуникационных сетях, которые используют технологии IP и/или ATM.

Многие Операторы телекоммуникационных сетей уже используют новые аппаратно-программные средства, входящие в состав классического коммутатора – цифровой коммутационной станции ТФОП. Для таких Операторов большое практическое значение имеют те варианты реализации Softswitch, которые характеризуются свойством модульности. Это свойство позволяет экономично создавать и развивать сеть, приобретая только требуемые на данном этапе аппаратно-программные средства.

Такой подход, в частности, был использован НТЦ "Протей" [1, 2] при разработке мультисервисного коммутатора доступа (МКД), который может рассматриваться как распределенный Softswitch (рисунок 11.1). В левой нижней части рисунка 11.1 показан фрагмент пакетной сети, в которой МКД обеспечивают подключение мультисервисного абонентского концентратора (МАК). Взаимодействие МКД с ССОП в

процессе обработки вызовов обеспечивается через шлюз (конвертер) сигнализации (SGW). МКД обеспечивает взаимодействие любой сети ограниченного пользования, использующей пакетные технологии, с сетью мобильной связи. Кроме того, МКД поддерживает дополнительные услуги, предоставляемые как интеллектуальной сетью, так и серверами приложений (Application Server).

Системы сигнализации в NGN

Новые виды коммутационного оборудования должны взаимодействовать с эксплуатируемыми станциями, которые обычно используют несколько систем сигнализации. Чем больше разнообразных систем сигнализации используется в узлах сети, тем больше затраты оператора сети. В настоящее время для пакетных сетей предложено множество систем сигнализации. Часть этих систем сигнализации имеет несущественные различия. Поэтому реализация в оборудовании всех возможных видов систем сигнализации не представляется целесообразной.

При минимизации количества систем сигнализации решаются две важные задачи:

- упрощается взаимодействие NGN с эксплуатируемыми сетями связи (в частности, с ССОП);
- уменьшаются затраты Оператора на создание NGN за счет того, что упрощаются процессы взаимодействия отдельных элементов сети.

На рисунке 11.2 показан фрагмент мультисервисной сети доступа с коммутацией пакетов, в котором используется оборудование МАК и МКД. Мультисервисный абонентский концентратор выполняет функции транспортного шлюза (Media Gateway, MG), а МКД – функции Softswitch. Взаимодействие МАК с МКД осуществляется по протоколу SIP или H.248.

Под управлением Softswitch, который входит в состав МКД, между двумя МАК осуществляется сессия обмена речевыми пакетами. Обмен пакетами осуществляется под управлением транспортного протокола реального времени (RTP). Тракт обмена информацией между концентраторами следует рассматривать как логическую связь. Физический путь передачи информации может состоять из несколько составных трактов транспортной сети. Процесс обмена речевыми пакетами обычно называют RTP-сессией.

Один из существенных аспектов эффективного использования нового оборудования состоит в минимизации затрат на сопряжение с остающимися в эксплуатации средствами передачи и коммутации.

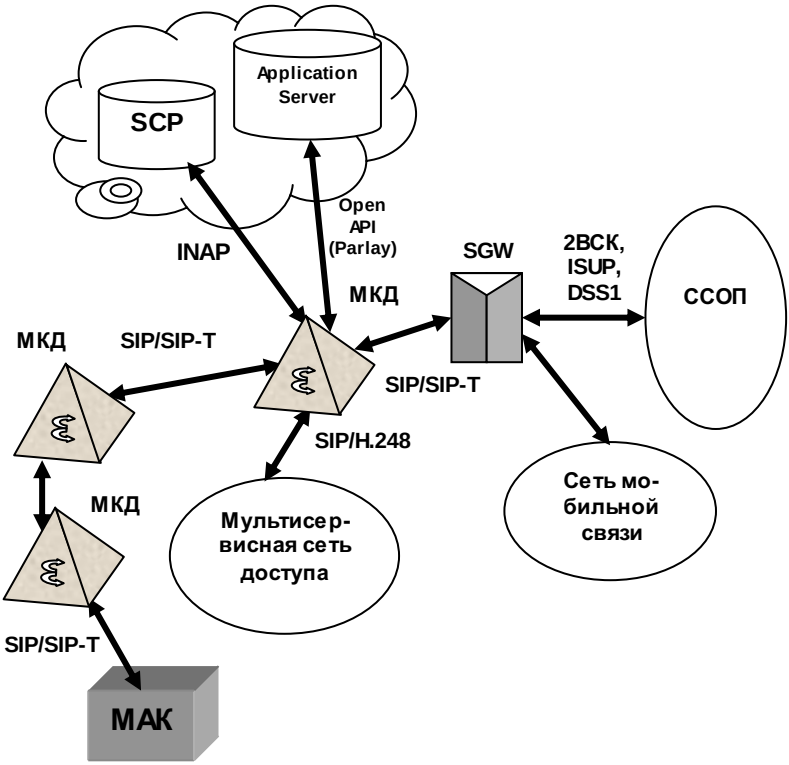


Рисунок 11.1. Пример использования Softswitch НТЦ "Протей"

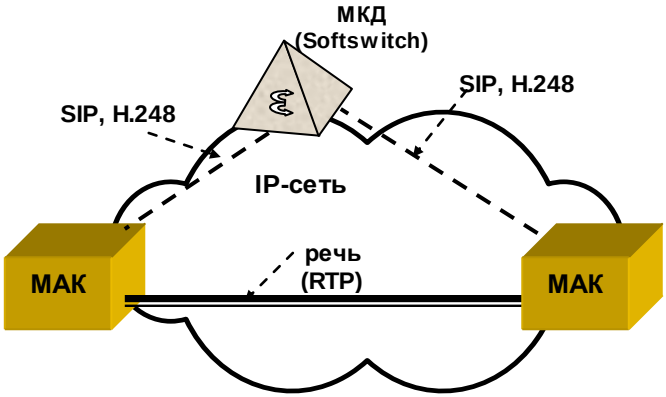


Рисунок 11.2. Взаимодействие МКД и МАК в мультисервисной сети

Такой сценарий может быть реализован только в тех аппаратно-программных средствах, в которых была заложена возможность эффективного перехода к NGN, включая поддержку функций распределенного Softswitch.

МКД (Softswitch) может взаимодействовать со следующими видами оборудования:

- *с другими МКД* той же сети по протоколам SIP/SIP-T;
- *с конвертером сигнализации* по протоколам SIP/SIP-T (конвертер способен выдавать сообщения в сторону ТфОП в той форме, которая предусмотрена системами сигнализации 2ВСК, ISUP и DSS1);
- *с Прокси-сервером* (Proxy-Server) или Привратником частной сети (ведомственной или другого Оператора) по протоколам SIP или H.323;
- *с интерпретатором услуг интеллектуальной сети* (SCP) по протоколу INAP;
- *с серверами приложений* (Application Server), предоставляющими различные дополнительные услуги по открытым интерфейсам API (в частности, Parlay).

11.2 Использование оборудования фирмы Huawei Technologies (КНР)

В сети нового поколения (NGN) фирмы Huawei используются программно-аппаратные средства, разделенные на четыре уровня [3]:

- пограничного доступа (Edge Access);
- ядра транспортной пакетной сети (Core Network);
- управления сетью (Network Control);
- управления услугами (Service Management).

Архитектура сети нового поколения приведена на рисунке 11.3.

На рисунке 11.3 используются следующие обозначения:

- Service management – управление услугами;
- iOSS (integrated Operations Support System) – интегрированная система поддержки функционирования;
- Application Server – сервер приложений;
- Location Server – сервер местоположения;
- RADIUS Server – сервер RADIUS (система биллинга);
- SCP (Service Control Point) – пункт управления услугами;
- Network Control – управление сетью;
- SoftSwitch – «гибкий коммутатор»;
- Core Switching – ядро транспортной сети;
- Packet core Network – ядро сети с коммутацией пакетов;

- Edge Access – уровень доступа;
- Broadband Access – уровень широкополосного доступа;
- PSTN – ССОП;
- PLMN/3G – сеть мобильной связи/ сеть мобильной связи 3-го поколения (3G);
- IAD (Integrated Access Device) – устройство интегрированного доступа;
- SG (Signaling Gateway) – шлюз сигнализации;
- TMG (Trunk Mediagateway) – медиашлюз соединительных линий;
- UMG (Universal Mediagateway) – универсальный медиашлюз;
- MRS (Media Resource Server) – сервер медиаресурсов, используется для реализации функций выбора среды передачи при организации основных и услуг с добавленной стоимостью (обеспечение тональных сигналов в процессе предоставления услуг, конференцсвязи, интерактивного голосового ответа (Interactive Voice Response, IVR), услуг записанных сообщений и речевого меню).

Уровень доступа

На уровне доступа осуществляется подключение терминалов абонентов к сети на основе применения разнообразных средств и преобразование формата поступающей информации в соответствующий формат, используемый для передачи в данной сети.

Устройство интегрированного доступа (IAD) обеспечивает передачу данных, речи, видеоинформации по пакетной сети. В каждом устройстве предусмотрено максимум 48 абонентских портов.

Медиашлюз доступа (AMG) предоставляет абонентам разнообразные услуги доступа, такие как аналоговый абонентский доступ, доступ к цифровой сети с интеграцией служб (ISDN), доступ по интерфейсу V5 и доступ к цифровой абонентской линии (xDSL).

Медиашлюз сигнализации (SG) находится на стыке сетей ОКС № 7 и Internet и обеспечивает преобразование протоколов сигнализации коммутируемой телефонной сети общего пользования (PSTN) в протоколы IP- сети.

Медиашлюз соединительных линий (TMG) находится на стыке сетей с коммутацией каналов и IP-сетью, обеспечивая преобразование формата ИКМ-цикла в информационные потоки среды передачи IP.

Универсальный медиашлюз (UMG) выполняет преобразование формата потоков среды передачи и преобразование сигнализации в режимах TMG, встроенного SG или AMG. Обеспечивается подключение разнообразных устройств, таких как телефонная станция PSTN, учрежденческая телефонная станция УТС (PBX), сеть доступа, сервер сети доступа (NAS) и контроллер базовой станции.

Ядро транспортной пакетной сети

В ядре транспортной пакетной сети осуществляется коммутация пакетов. На этом уровне используются такие устройства как маршрутизаторы и IP-коммутаторы уровня 3, распределенные в магистральной и транспортной сетях. На этом уровне осуществляется предоставление абонентам единообразной и интегральной платформы передачи с высокой надежностью, высоким качеством доставки информации и большой пропускной способностью.

Уровень управления сетью

На уровне сетевого управления. Основная технология на этом уровне – гибкая коммутация, которая используется для управления установлением соединений с целью переноса информации в режиме реального времени.

Гибкий коммутатор (SoftSwitch) является основным компонентом NGN, осуществляющим в основном управление вызовами, управление доступом к медиашлюзам, распределение ресурсов, обработку протоколов, маршрутизацию, аутентификацию и учет стоимости услуг, а также предоставление абонентам основных речевых услуг связи, услуг мобильной связи, услуг мультимедиа, а также интерфейсы программирования приложений (API).

Уровень управления услугами

На уровне управления услугами в основном осуществляется предоставление дополнительных (интеллектуальных) услуг, а также поддержка установленных соединений.

Интегральная система поддержки эксплуатации (integrated Operation Support System, iOSS) состоит из двух подсистем: подсистемы управления сетью (NMS), предназначенной для централизованного управления сетевыми элементами NGN, и интегрированной подсистемы тарификации услуг.

Сервер управления предоставлением абоненту средств связи (Policy Server) используется для управления средствами связи, предоставленными пользователю (список контроля доступа (ACL), полоса пропускания, трафик, качество обслуживания и т.д.).

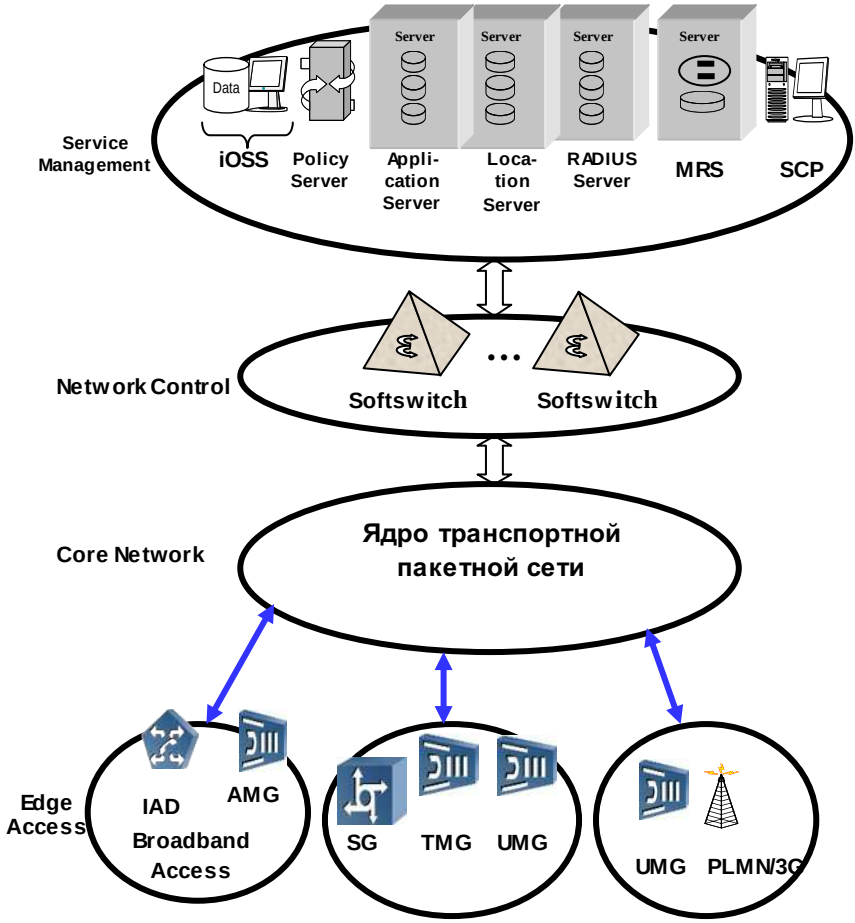


Рисунок 11.3. Архитектура сети нового поколения фирмы Huawei

Сервер приложений (Application Server) используется для создания и управления логикой различных услуг с добавленной стоимостью и услуг интеллектуальной сети, а также для предоставления инновационной платформы по разработке услуг и предоставлению услуг сторонних провайдеров с помощью открытых интерфейсов программирования приложений (API). Поскольку сервер приложений является физически выделенным устройством, он независим от оборудования SoftSwitch, находящегося на уровне сетевого управления. Это обес-

печивает разделение функции предоставления услуг и функции управления вызовом и содействует вводу новых услуг.

Сервер местоположения (Location Server) используется для динамического распределения маршрутов между оборудованием гибких коммутаторов SoftSwitch в NGN, определяет возможность установления соединений с пунктом назначения.

Сервер службы аутентификации удаленных вызывающих пользователей (Remote Authentication Dial-In User Service, RADIUS) используется для централизованной аутентификации пользователей, шифрования пароля, выбора услуг и фильтрации, а также централизованной тарификации услуг.

Сервер медиаресурсов (Media Resource Server, MRS) используется при предоставлении основных и дополнительных услуг (обеспечение тональных сигналов в процессе предоставления конференцсвязи, интерактивного голосового ответа (Interactive Voice Response, IVR), услуг записанных сообщений и речевого меню).

Узел управления услугами (Service Control Point, SCP) является основным узлом интеллектуальной сети (IN) и используется для хранения абонентских данных и логики предоставления услуг. При поступлении вызова, о котором сообщает узел коммутации услуг (SSP), узел управления услугами SCP задействует соответствующую логику услуги, осуществляет поиск базы данных услуги и базы данных пользователя на основе задействованной логики услуги, и затем осуществляет посылку надлежащих команд управления вызовом в соответствующий узел коммутации услуг (SSP) для указания последующих действий.

Протоколы NGN

На рисунке 11.4 приведены протоколы, используемые в процессе взаимодействия объектов NGN.

Протокол INAP (Intelligent Network Application Protocol) используется при взаимодействии пункта коммутации услуг (SSP) с пунктом управления интеллектуальными услугами (SCP).

Протокол SNMP (Simple Network Management Protocol) используется в процессах централизованного управления сетью и тарификации услуг.

Открытый интерфейс PARLAY используется в процессе программирования приложений в системах прикладного программирования.

Облегченный протокол доступа к сетевым каталогам LDAP через Internet без установления соединения представляет собой упрощенную версию ориентированного на соединение протокола DAP из набора стандартов X.500.

Протокол TRIP (Telephony Routing over IP) используется при трассировке телефонных соединений поверх IP.

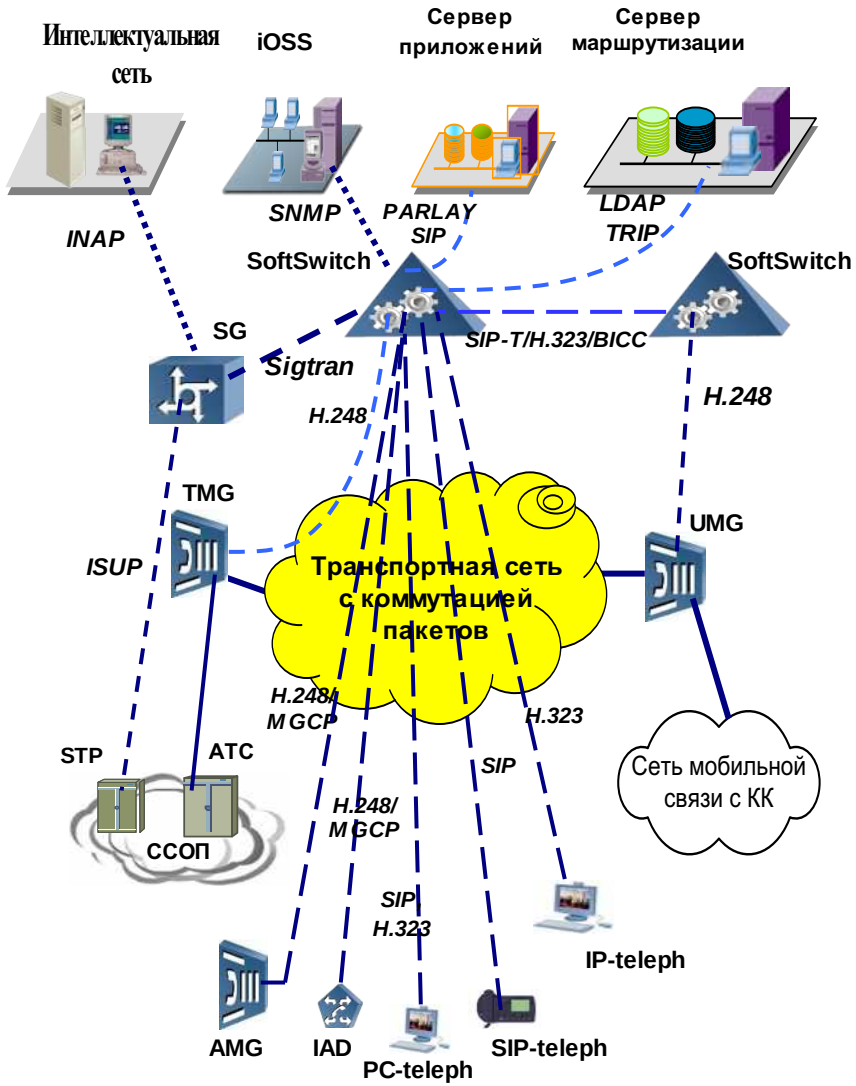


Рисунок 11.4. Протоколы, применяемые в NGN фирмы Huawei

Набор протоколов SIGTRAN (Signaling Transport) M3UA, IUA, SUA, V5UA применяется при транспортировке сигнальной информации через Internet.

Протокол SIP (Session Initiation Protocol) используется при инициализации сеанса связи в пакетных сетях, а протокол SIP-T (SIP extension for Telephony) – при взаимодействии с ТфОП (PSTN).

Протокол BICC (Bearer Independent Call Control) используется при управлении обслуживанием вызовов.

Протокол ITU-T H.248 используется для управления медиашлюзом. Протокол H.323 является стандартом ITU-TS (ITU-Telecommunication Standardization), определяющим требования к видеоконференциям, проводимым через сети с коммутацией пакетов (т.е. по линиям связи с негарантированным качеством доставки), например по Ethernet. Является расширением стандарта H.320.

Протокол IETF MGCP/MEGACO (Media Gateway Control Protocol) используется для управления медиашлюзами NGN.

Контрольные вопросы

1. Какова основная функция Softswitch?
2. Каковы функции мультисервисного абонентского концентратора МАК-ПРОТЕЙ?
3. Каковы функции мультисервисного коммутатора доступа МКД-ПРОТЕЙ?
4. Изобразите схему взаимодействия МКД-ПРОТЕЙ и МАК-ПРОТЕЙ в мультисервисной сети.
5. С какими видами оборудования может взаимодействовать МКД-ПРОТЕЙ (Softswitch)?
6. Каковы функции *уровня доступа NGN* фирмы Huawei Technologies (КНР)?
7. Каковы функции *ядра транспортной пакетной сети?*
8. Каковы функции *уровня управления сетью?*
9. Каковы функции *уровня управления услугами?*
10. Каковы функции сервера приложений (Application Server)?
11. Каковы функции узла управления услугами (Service Control Point, SCP)?
12. Какие протоколы используются для управления объектами уровня доступа *NGN?*

Библиография

1. Техническое описание продуктов НТЦ Протей, 2003 г.
2. РТМ «Модернизация сети доступа» (Ред. 2.0). – НТЦ ПРОТЕЙ, Санкт-Петербург, 2003.

3. Техническое руководство – Описание системы U-SYS SoftX3000 Huawei Technologies, 2003 г.

Перечень сокращений

(на русском языке)

А:

АВРК – асинхронное временное разделение каналов;
АДИКМ – адаптивная импульсно-кодовая модуляция;
АИМ – абонентский идентификационный модуль;
АО – абонентское оборудование;
АС – абонентская станция ССПС

Б:

БДУ – базы данных управления сетью;
Биллинг – тарификация, составление и выписывание счетов за предоставление телекоммуникационных услуг;
БКП – быстрая коммутация пакетов;
БПС – базовая приемопередающая станция ССПСЭ;
БС – базовая станция ССПС

В:

ВОЛС – волоконно-оптическая линия связи;
ВРК – временное разделение каналов

Г:

Гетерогенный (heterogeneous) - неоднородный, разнородный, разнотипный;
ГТС – городская телефонная сеть

Е:

ЕСЭ РФ – единая сеть электросвязи РФ

З:

Зеркалирование (mirroring) – зеркальное копирование; параллельная запись одних и тех же данных на разных компьютерах с целью их резервирования

И:

Идентификация (identification) – процесс отождествления любого объекта;
ИСС – интеллектуальная сеть связи;
ИТ (информационные технологии) – процедуры обработки информации, а также технические и программные средства сбора, хранения, обработки, передачи и отображения различных видов информации

К:

КБС – контролер базовой станции ССПС;
КТЧ – канал тональной частоты

М:

МАК – мультисервисный абонентский концентратор;
МК – магистральный коммутатор;
МКД – мультисервисный коммутатор доступа;
МС – мультисервисная сеть;
МСКК – многоскоростная коммутация каналов

О:

ОГСТфС – общегосударственная система автоматизированной телефонной связи;
ОС – оконечная станция

П:

Профиль (протоколов) – взаимоувязанная упорядоченная совокупность базовых стандартов, ориентированная на выполнение определенной прикладной, коммуникационной функции или на построение конкретной системы;
ПЭТО – подсистема эксплуатации и технического обслуживания ССПСЭ;
ПБС – подсистема базовых станций

Р:

Ресурсы информационные – документы и массивы *документов,* зафиксированные на материальном носителе информации (бумажном или компьютерном), с реквизитами, позволяющими их идентифицировать в *информационных системах;*
РИО – регистр идентификации оборудования в цифровой сотовой сети с технологией GSM;
РС – рабочая станция

С:

СВРК – синхронное временное разделение каналов;
СП – система передачи;
СПС – сетевая подсистема ССПСЭ;
ССПС – система сотовой подвижной связи;
ССПСЭ – система сотовой сухопутной подвижной электросвязи;
СТС – сельская телефонная сеть;
СТфОП – система телефонной связи общего пользования;
СУ – системой управления

Т:

ТКО – оборудование транскодирования подсистемы базовых станций ССПСЭ;
ТО – техническое обслуживание;
ТЭ – техническая эксплуатация

У:

УВС – узел входящих сообщений;
УИС – узел исходящих сообщений;

УК – узел коммутации;
УПАТС – учрежденческо-производственная АТС
УС – узловая станция;
УСП – узел сельско-пригородной связи

Ц:

ЦКПС – центр коммутации подвижной службы;
ЦРРЛ – цифровая радиорелейная линия;
ЦС – центральная станция;
ЦСП – цифровая система передачи;
ЦТЭ – центр технической эксплуатации;
ЦУС – центр управления сетью

Ч:

ЧРК – частотное разделение каналов;
ЧТП – частотно-территориальный план

Э:

ЭМВОС – эталонная модель взаимодействия открытых систем;
ЭС – элемент сети

(на английском языке)

3G (3-rd Generation) – семейство систем мобильной связи 3-го поколения, способных предоставлять как традиционные, так и новые (мультимедийные) услуги;
3GPP2 (3-rd Generation Partnership Project-2) – второй проект партнерства по системам 3-го поколения Международного органа стандартизации, разрабатывающего спецификации семейства технологий мобильной связи;
4G (4-th Generation) – перспективные технологии систем мобильной связи, основу которых составят услуги мультимедиа и мобильного телевещания

A:

AAL (ATM Adaptation Layer) – уровень адаптации ATM;
ABR (Available Bit Rate) – служба ATM, обеспечивающая доставку с доступной скоростью;
ACE (Advanced Computing Element) - усовершенствованный вычислительный элемент;
Access Unit: TV, PC, Phone – устройства доступа: телевизор, персональный компьютер, телефон;
AE (Application Element) – прикладной объект (элемент);
AF1 (Assured Forwarding, AF) IP/MPLS – класс гарантированной переадресации в сети с технологией IP/MPLS;
AGW (Access Gateway) – шлюз доступа;
AM (Accounting Management) – управление взаиморасчетами;

AN (Access Network) – сеть доступа;
API (Application Programming Interface) – прикладной программный интерфейс;
ARPANET (Advanced Research Project Agency Network) – Управление перспективных исследовательских программ (проект сети с коммутацией пакетов, созданный в начале 70-х годов; явился прообразом сегодняшней Internet, было расформировано в июне 1990);
ARS (Automatic Route Selection) – автоматический выбор маршрута (в сети);
ASN.1 (Abstract Syntax Notation One) – абстрактная синтаксическая нотация версии 1, язык ASN.1 (язык, используемый в рамках протоколов взаимодействия открытых систем для описания абстрактных синтаксических структур, в том числе пакетов SNNP);
ATM (Asynchronous Transfer Mode) – асинхронный режим передачи. Высокоскоростная, ориентированная на соединение, коммутируемая и мультиплексирующая технология, которая использует ячейки размером 53 байта (5 байт - заголовок, 48 байт - полезная нагрузка) для одновременной передачи данных различных видов, включая голос, видео и собственно данных. Использование асинхронного режима означает, что информационные потоки могут быть посланы независимо от общего таймера. Технология ATM описывается архитектурой с тремя плоскостями: *пользователя* (Plane User, U) – координирует интерфейс между протоколами верхних уровней, такими как IP, и ATM; *управления* (Plane Management, M) – координирует все уровни стека протоколов ATM; *сигнализации* (Plane Control, C) – координирует процессы обмена сигнальными сообщениями, установления и разъединения виртуальных каналов и трактов;
ATM Backbone – базовая сеть с технологией ATM

B:

BER (Bit Error Rate) – коэффициент битовых ошибок;
BHCA (Busy Hour Call Attempt) – число попыток установления соединения в ЧНН;
BICC (Bearer Independent Call Control) – протокол управления обслуживанием вызовов, независимый от носителя (Rec. ITU-T Q.1901);
Billing – биллинг. Тарификация, составление и выписывание счетов за предоставление телекоммуникационных услуг;
B-ISDN – широкополосная ISDN;
B-ISDN, Internet and Mobile Phone via Satellite – широкополосная ISDN, Internet и мобильный телефон через спутник;
Browsing – просмотр;

BSS (Business Support System) – система поддержки бизнеса, автоматизированная информационная система, поддерживающая финансовую деятельность оператора связи

C:

CBR (Constant Bit Rate) – служба ATM, обеспечивающая доставку с постоянной скоростью;

CCH (Control Channel) – каналы управления;

CDBC(Common Data Bus Computer) – общая информационная шина для работы ЭВМ с базами данных;

CDRbi (Call Detail Records) – запись параметров вызова. Регистрируемые параметры вызова абонента, которые заносятся в базу данных и в дальнейшем используются для выполнения биллинговых операций;

SIP (Session Initiation Protocol) – протокол инициализации сеанса связи в пакетных сетях;

CL (Connectionless) – режиме без установления соединения;

CLS (Connectionless Server) – сервер, поддерживающий услуги без установления соединения, основная задача которого заключается в обработке адресов получателей (включая групповые адреса) и управлении доставкой информации пользователя через многопротокольную транспортную сеть;

CM (Configuration management) – управление конфигурацией (при управлении сетью);

CMIP (Common Management Information Protocol) – протокол общей управляющей информации (стандартный протокол сетевого управления для сетей OSI, определяет ряд функций, отсутствующих в SNMP и SNMP-2);

CN (Cross-point Net) – сетевой узел;

CO (Connection-oriented) – режим с установлением соединения;

CoS (Class of Service) – класс качества услуги;

CN (Computer Network) – компьютерная сеть;

CPN (Customer Premises Network) – сеть в помещении пользователя;

CT (Connections Type) – типы соединений

D:

DCN (Data Communications Network) – сеть передачи даных;

DB (Database) – база данных;

DBMS (Data Base Management System) – система управления базой данных;

DBSN (Direct Broadcast Network) – сеть непосредственного радиовещания;

DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer) – цифровой мультиплексор доступа абонентских линий;
DSS1 (Digital Subscriber Signaling System one) – цифровая абонентская система сигнализации № 1;
DNS (Domain Name System) – служба имен доменов (механизм, используемый в Internet и устанавливающий соответствие между числовыми IP-адресами и текстовыми именами);
DPT (Dynamic Packet Transport) – динамическая пакетная транспортная технология фирмы Cisco Systems;
DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) – технология плотного мультиплексирования по длинам волн. Расстояние между мультиплексными каналами обычно не превышает 1.6 нм.

E:

ECN (Explicit Congestion Notification) – схема явного уведомления о перегрузках
EF (Expedited Forwarding, EF) IP/MPLS – класс беспрепятственной переадресации в сети с технологией IP/MPLS;
EFCI (Explicit Forward Congestion Indication) – явное прямое указание перегрузкой;
EIR (Equipment Identity Register) – регистр идентификации оборудования ССПС;
ETSI (European Telecommunications Standards Institute) – Европейский институт стандартов в области связи;
Existing Infrastructure (PSTN/N-ISDN) – существующие инфраструктуры (коммутируемая телефонная сеть общего пользования/узкополосная ISDN)

F:

FE (Fast Ethernet) – модифицированная технология локальной сети Ethernet с повышенной пропускной способностью (до 100 Мбит/с), стандарт 802.3u 1995 г.;
FEC (Forwarding Equivalence Class) – класс доставки пакетов;
FM (Fault Management) – управление устранением повреждений;
Frame Relay (FR) – ретрансляция кадров; технология обмена данными;
FTP (File Transfer Protocol) – протокол передачи файлов (используемый в Internet протокол передачи файлов между хост- компьютерами);
FTP hosting (File Transfer Protocol hosting) – хостинг, выполнение функций главной ЭВМ при передаче файлов;
FW (Firewall) – брандмауэр (аппаратно-программные средства межсетевой защиты)

G:

G.711 – стандарт кодирования речевого сигнала со скоростью 64 Кбит/с;
G.723 – стандарт кодирования речевого сигнала со скоростью 5,3/6,4 Кбит/с (ACELP/MP-MLQ);
G.726 – стандарт кодирования речевого сигнала со скоростью 16, 24, 32 40 Кбит/с (ADPCM);
G.729 – рекомендация ITU-T, в которой определены требования к усовершенствованному алгоритму речевого кодирования с линейным предсказанием (CS ASELP). Скорость кодирования 8 Кбит/с. Метод использует две кодовых книги, одна из которых является фиксированной, а вторая – адаптивной. Использование двух книг позволяет повысить качество распознавания речи при большом уровне шума;
GII (Global Information Infrastructure) – глобальная информационная инфраструктура;
GSM (Global System for Mobile communications) – общеевропейский стандарт цифровых сотовых сетей подвижной связи;
GSM-FR (GSM full rate) – стандарт кодирования речевого сигнала с полнофункциональной скоростью 13 Кбит/с в сотовых сетях подвижной связи стандарта GSM;
GW (Gateway) – шлюз

H:

H.225 – протокол управления вызовом, включая сигнализацию и регистрацию, а также пакетизацию и синхронизацию потоков мультимедийных данных (входит в состав стека протоколов H.323 организации мультимедиа связи в пакетных сетях, в том числе в ЛВС Ethernet);
H 245 – процедура управления и установления соединений в многоточечной конфигурации;
H.248 – протокол управления медиашлюзом (рекомендация ITU-T);
H.261 – описание алгоритмов обработки видеоинформации и форматов изображений (рекомендация ITU-T);
H.323 – система видеоконференцсвязи для сетей с коммутацией каналов и негарантированным качеством обслуживания;
HLR (Home Location Register) – оперативный (домашний) регистр местоположения (ОРМ);
HTTP (Hypertext Transfer Protocol) – протокол передачи гипертекстовых файлов (протокол уровня приложений для распределенных информационных систем гипермедиа, позволяющий общаться системам с различной архитектурой; используется при передаче HTML-файлов по сети страниц WWW)

I:

IAD (Integrated Access Device) – устройство интегрированного доступа;

ICMP (Internet Control Message Protocol) – протокол контроля сообщений в сети Internet (один из четырех базовых протоколов семейства TCP/IP, обеспечивающий восстановление связи при сбойных ситуациях в передаче пользовательских пакетов);
ID (Intelligent Database) – интеллектуальная база данных;
IDN (Intelligent Data Network) – сеть передачи данных с развитой логикой, интеллектуальная сеть передачи данных;
IETF (Internet Engineering Task Force) – проблемная группа проектирования Internet (одна из групп IAB, отвечающая за решение инженерных задач Internet, выпускает большинство документов RFC, используемых производителями для внедрения стандартов в архитектуру TCP/IP);
IGMP (Internet Group Management Protocol) – межсетевой протокол управления группами (протокол, используемый рабочими группами и поддерживаемый Microsoft TCP/IP);
IGRP (Internet Gateway Routing Protocol) – частный протокол IGP, используемый маршрутизаторами Cisco Systems;
IN (Intelligent Network) – интеллектуальная сеть;
INAP (IN Application Protocol) – прикладной протокол интеллектуальной сети;
IP – протокол сетевого уровня Internet;
IPDV – вариация задержки IP пакетов;
IPLR – доля потерянных IP пакетов;
IPOP (Internet Point of Presence) – точка присутствия Internet;
IPR (Intellectual Property Rights) – защита права интеллектуальной собственности;
IPTD – задержка переноса IP пакетов;
IREP – доля искаженных IP пакетов;
ISDN (Integrated Services Digital Network) – цифровая сеть с интеграцией служб;
ISO (International Organization for Standardization) – Международная организация по стандартизации;
ISO 9000:2001 – комплекс документов системы управления качеством товаров и услуг;
ISP (Internet Service Provider) – сервис-провайдер Internet;
ISUP (ISDN User Part) – подсистема пользователя ISDN

J:

Java – объектно-ориентированный язык программирования, разработанный для создания Internet-приложений, которые можно распространять с Web-сервера;
JPEG (Joint Photographic Experts Group) – объединенная группа экспертов по машинной обработке фотографических изображений, груп-

па JPEG, рабочая группа по стандартам цифровых видео- и мультипликационных изображений

L:

LANE ATM (LAN Emulation) – эмуляция LAN. Технология, обеспечивающая возможность прозрачного подключения к сети с технологией ATM рабочих станций локальных сетей, использующих традиционные протоколы доступа. Для этого в процессе подключения используется эмуляция всех основных функций подуровня MAK эталонной модели OSI, включая пакетирование данных, распознавание адресов, управление групповой рассылкой сообщений и др.;

LDAP (Lightweight Directory Access Protocol) - облегченный протокол службы каталогов;

LER (Label Edge Router) – пограничный маршрутизатор домена MPLS;

Litespan – шлюз доступа;

LLC (Logical Link Control) – управление логическим каналом [связью], верхний подуровень уровня звена данных в семиуровневой модели ISO/OSI (стандарт IEEE 802.3);

LME (Level Management Entity) – управление протокольным уровнем ОКС №7;

LSP (Label Switching Path) – путь коммутации пакетов с помощью меток;

LSR (Label Switched Router) – транзитный маршрутизатор домена MPLS, коммутирующий пакеты с помощью меток

M:

MAC (Medium Access Control) – управление доступом к среде передачи данных (нижний подуровень уровня звена данных эталонной модели OSI);

MAP (Mobile Application Part) – подсистема поддержки приложений пользователей мобильной связи;

MAP (Mobile Access Protocol) – протокол радиодоступа;

MGC (Media Gateway Controller) - контроллер медиашлюза;

MGCP/MEGACO (Media Gateway Control Protocol) – протокол IETF управления медиашлюзами NGN;

MGW (Media Gateway) – медиашлюз;

MIB (Management Information Base) – базы данных управления (коллекция объектов (ресурсов), к которым возможен доступ через протокол управления сетью);

MIT (Management Information Tree) – дерево информации управления;

MN (Mobile Network) – сеть мобильной связи;

MPEG (Motion Pictures Experts Group) – открытый (т.е. не требующий выплат за использование) стандарт на сжатие и воспроизведение

движущихся изображений, разработанный Группой экспертов в области кино (MPEG), а также формат хранения сжатого (до 1:200) файла;
MPLS (Multiprotocol Label Switching) – многопротокольная коммутация с помощью меток;
MRS (Media Resource Server) – сервер медиаресурсов, используется для реализации функций выбора среды передачи при организации основных и услуг с добавленной стоимостью (обеспечение тональных сигналов в процессе предоставления услуг, конференцсвязи, интерактивного голосового ответа (Interactive Voice Response, IVR), услуг записанных сообщений и речевого меню);
MTP (Message Transfer Part) – подсистема передачи сообщений ОКС № 7

N:

NE (Network Element) – элемент сети;
NGN (Next Generation Network) – сеть связи следующего поколения;
N-ISDN (Integrated Services Digital Network) – узкополосная цифровая сеть связи с интеграцией служб; скорость передачи данных, голоса, изображений не выше 1920 Кбит/с;
NP (Network Performance) – характеристики сети (ХС) связи;
nrtVBR (non-real-time VBR) – переменная скорость передачи, осуществляемая не в режиме реального времени

O:

OMAP (Operation, Maintenance and Administration Part) – подсистемы технической эксплуатации и административного управления ОКС № 7;
OMASE (Operations and Maintenance Application Service Element) – прикладной сервисный элемент управления и техобслуживания;
OMS (Operation and Maintenance System) – система эксплуатации и техобслуживания;
OSA (Open Service Access) – концепция открытого доступа к услугам;
OSI (Open System Interconnection) – взаимодействие открытых систем;
OSN (Optical Switching Network) – коммутируемая оптическая сеть;
OSS (Operating Support System) – система операционной поддержки, автоматизированная информационная система, поддерживающая операционную деятельность оператора связи;
Overbooking – управление доступом к сети при предотвращении перегрузок осуществляется в соответствии с принципом "overbooking", который заключается в том, что допускается установление большего количества соединений, чем позволяет ресурс пропускной способности при управлении доступом по пиковой скорости

P:

Parlay API – система прикладного программирования;

PCS (Personal Communication Services) – система персональной связи;
PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy) – плезиохронная цифровая иерархия (европейский стандарт для волоконно-оптических сетей);
PDN (Packet Data Network) – пакетная сеть передачи данных;
PLMN/3G – сеть мобильной связи/ сеть мобильной связи 3-го поколения (3G);
PM (Performance Management) – управление качеством;
PDU (Protocol-Data-Unit) – протокольный блок данных;
POP3 (Post Office Protocol v. 3) – почтовый протокол Internet, позволяющий осуществлять динамический доступ к почтовому ящику с рабочей станции;
PON (Passive Optical Network) – пассивная оптическая сеть;
PPP (Point-to-point Protocol) – протокол двухточечной передачи, входит в стек TCP/IP и обеспечивает установление соединения, дуплексный обмен данными и завершение сеанса связи;
PS (Packet Switching) – коммутация пакетов;
PSTN (Public Switched Telephone Network) – коммутируемая телефонная сеть общего пользования

Q:

QoS (Quality of Service) – качество обслуживания;

R:

RADIUS (Remote Authentication Dial-In User Service) – сервер службы аутентификации удаленных вызывающих пользователей (используется для централизованной аутентификации пользователей, шифрования пароля, выбора услуг и фильтрации, а также централизованной тарификации услуг);
RAS (Remote Access Service) – служба, позволяющая удаленным пользователям, работающим в операционных системах Microsoft Windows и Windows NT, подключаться к сети;
RFC (Requests for Comments) – серия документов IETF, начатая в 1969 году и содержащая описания набора протоколов Internet и связанную с ними информацию;
RMON (Remote Monitoring) – модуль удаленного мониторинга, позволяющий собирать информацию об устройстве и управлять им через сеть;
RMON MIB – новая версия БДУ, имеет улучшенный набор свойств (по сравнению с первой версией MIB), предназначенных для удаленного управления, благодаря более компактному представлению информации об управляемом объекте;
RSA (Rivers, Shamir, Adleman encryption) – шифрование сообщений по алгоритму с открытым ключом;

RSVP (Reservation Protocol) – протоколом резервирования транспортных ресурсов для гарантированной доставки пользовательских данных;
RTCP (Real-Time Control Protocol) – протокол контроля транспортировки информации в реальном времени на транспортном уровне (IETF);
RTP (Real Time Protocol) – протокол Internet доставки пакетов в реальном масштабе времени;
RTSP (Real-Time Streaming Protocol) – протокол потоковой передачи информации мультимедиа в реальном времени;
rtVBR (real-time Variable Bit Rate) – служба ATM, обеспечивающая доставку с переменной скоростью в режиме реального времени

S:

SC (Circuit Switching) – коммутация каналов;
SCCP (Signaling Connection Control Part) – подсистема управления соединением сигнализации;
SCP (Service Control Point) – узел управления услугами в интеллектуальной сети;
SDH (Synchronous Data Hierarchy) – Европейский стандарт цифровой системы передачи, ориентированный на использование оптических кабелей в качестве физической среды передачи данных для высокоскоростных сетей передачи на значительные расстояния;
SDP (Session Description Protocol) – протокол описания сеансов связи;
Set-top Box (STB) – шлюз между IP сетью и телевизором абонента;
SG (SGW) {Signaling Gateway} – шлюз сигнализации;
SIGTRAN (Signaling Transport) – набор протоколов транспортировки сигнальной информации (M3UA, IUA, SUA, V5UA) через Internet;
SIP (Session Initiation Protocol) – протокол инициализации сеанса связи в пакетных сетях;
SIP-T (SIP extension for Telephony) – описание SIP для взаимодействия с ТфОП (PSTN);
SLA (Service Level Agreement) – соглашение об уровне качества услуг доставки информации;
SM (Security Management) – управление защитой информации;
SMDS (Switched Multimegabit Data Service) – служба коммутируемой мультимегабитной передачи данных (набор спецификаций фирмы Bell Communications);
SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) – простой протокол электронной почты, (основной протокол электронной почты в Internet);
SMSI (*Systems Management Service Interface)* – интерфейс системного управления услугами;
SN (Service Node) – узел служб;

SNAP (Subnetwork Access Protocol) – протокол доступа к подсети;
SN-IN (Source Name - Internet Name Service) – сервер приложения, устанавливающий соответствие между именем источника и именем службы в Internet;
SNMP (Simple Network Management Protocol) – простой протокол сетевого управления (протокол сетевого администрирования, широко используемый в настоящее время, входит в стек протоколов TCP/IP);
Softswitch – аппаратно-программное средство для управления вызовами в телекоммуникационных сетях, которые используют технологии IP и/или ATM;
SP (Service Provider) – поставщик услуги;
STM (Synchronous Transport Module) – синхронный транспортный модуль технологии SDH

T:

TAP (Telephony Application Programming) – программирование приложений телефонной связи;
TBN (Terrestrial Broadcast Network) – наземная сеть радиовещания;
TCAP (Transaction Capabilities Part) – прикладная подсистема возможностей транзакций стека протоколов ОКС № 7;
TCH (Traffic Channel) – каналы трафика (или линейные каналы);
TCP (Transmission Control Protocol) – протокол управления передачей транспортного уровня в стеке протоколов TCP/IP;
TE (Traffic Engineering) – управление трафиком;
Telex – телекс, международная служба, обеспечивающая обмен текстовыми сообщениями между абонентами, которые используют телетайпные аппараты;
Telnet – сетевой теледоступ (протокол виртуального терминала в наборе протоколов Internet; позволяет пользователям одного хоста подключаться к другому удаленному хосту и работать с ним как через обычный терминал);
TMG (Trunk Media Gateway) – медиашлюз соединительных линий;
TMN (Telecommunication Management Network) – система управления телекоммуникационной сетью;
TGW (Trunk Gateway) – шлюз трактов (транков);
Transcoder – транскодер, устройство преобразования выборки речевого сигнала из одного цифрового формата в другой. С помощью транскодера можно преобразовать цифровой поток со скоростью 64 Кбит/с (PCM) в поток со скорость 32 Кбит/с (ADPCM) или низкоскоростные речевые потоки со скоростью 4,567 Кбит/с (ACELP) и 8 Кбит/с (VCELP);
TRIP (Telephony Routing over IP) – трассировка телефонных соединений поверх IP

U:

UBR (Unspecified Bit Rate) – неопределенная скорость передачи;

UDP (User Datagram Protocol) – протокол пользовательских дейтаграмм транспортного уровня в стеке протоколов TCP/IP;

UMG (Universal Media Gateway) – универсальный медиашлюз;

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) – универсальная мобильная телекоммуникационная система;

Unified messaging – интегрированный обмен сообщениями. Метод совместной передачи сообщений различного вида (факс, аудио и видео, электронная почта). Сообщения хранятся в едином почтовом ящике пользователя и могут обрабатываться одинаковым образом. Все сообщения включаются в общий список и могут быть просмотрены или прослушаны за один цикл обращения пользователя к почтовому ящику;

UNIX – многопользовательская многозадачная операционная система, первоначально разработанная Кеном Томпсоном (Ken Thompson) и Денисом Ритчи (Dennis Ritchie) в компании AT&T Bell Laboratory в 1969 г. для использования в мини-компьютерах (в настоящее время существует в различных формах и реализациях; считается мощной операционной системой, которая менее машинозависима, чем остальные операционные системы; написана на языке C);

URL (Uniform Resource Locator) – унифицированный указатель информационного ресурса (стандартизованная строка символов, указывающая местонахождение документа в Internet)

V:

VAD (Voice Activity Detector) – детектор активности речи;

VCC (Virtual Channel Connection) – соединение виртуальных каналов;

VCI (Virtual Channel Identifier) – идентификатор виртуального канала;

V/Conf (Video Conferencing) – видеоконференция;

Video Distribution over 1-way cable network, return via PSTN/ISDN – распределение видео по однокабельной сети, возврат на коммутируемую телефонную сеть общего пользования/ISDN;

Video over ADSL/VDSL – видео по цифровой абонентской линии типа A/V;

Video over cable, Radio & DBSN – видео по кабелю, радио и сети непосредственного радиовещания;

VLR (Visitors Location Register) – визитный регистр местоположения (BPM);

Voice/Data over telecom network – голос/данные по телекоммуникационной сети;

Voice/Data/Video over Radio – голос/данные/видео по радиосети;

Voice/Data/Video over 2-way cable – голос/данные/видео по двухкабельной системе;

Voice/Video and/or Data over Internet – голос/видео и/или данные через Internet;

VPC (Virtual Path Connection) – соединение виртуального пути;

VPI (Virtual Path Identifier) – идентификатор виртуального тракта;

VPN (Virtual Private Network) – виртуальная частная сеть;

V/Tlf (Video Telephone) – видеотелефония

W:

Web hosting – Web-хостинг. Служба и услуги, предоставляемые сторонним организациям для поддержки "заказных" Web-сайтов. Услуги по размещению информации предоставляет провайдер (ISP), отвечающий за эксплуатацию системы, а информационное наполнение (контент) Web-сайтов обычно обеспечивает организация-заказчик;

Wi-Fi (Wireless Fidelity) – стандарт беспроводной передачи данных по радиоканалу уровня LAN;

WiMax (Worldwide Interoperability for Microwave Access) – стандарт беспроводного широкополосного доступа уровня города (Metropolitan);

Wireless Phone – беспроводный телефон;

Wireless Phone/Voice/Data over telecom network – беспроводный доступ телефонии/голоса/данных к телекоммуникационной сети

X:

X.25 – Рекомендации ITU-T, определяющие стандарты для коммуникационных протоколов доступа к сетям с коммутацией пакетов (Packet Data Network, PDN);

XML (Extensible Markup Language) – язык XML (расширяемая спецификация языка, предназначенного для создания страниц WWW)

Оглавление

Введение 2
Глава 1. Пути перехода к сетям нового поколения 4
1.1 Основные тенденции в развитии современных сетей 4
1.2 Направление развития сетей (конвергенция телекоммуникационных технологий) 7
Глава 2 Трафик мультисервисных сетей 388
2.1 Атрибуты трафика 388
2.2 Фрактальный (самоподобный) трафик мультисервисных сетей 40
Глава 3 Классическая концепция построения телекоммуникационных сетей 50
3.1 История развития сетей связи 504

3.2 Концептуальные положения по построению мультисервисных сетей на ВСС России 537
4 Общая архитектура сетей нового поколения (NGN) 626
4.1 Проблемы перехода к сети нового поколения 626
4.2 Модель NGN 648
Глава 5 Функциональная структура NGN 80
5.1 Построение транспортных пакетных сетей 80
5.2 Построение сетей доступа 81
5.3 Построение NGN 88
Глава 6 Методы и средства обеспечения качества обслуживания в NGN 96
6.1 Общие требования к качеству доставки информации в сетях с разными технологиями 96
6.2 Требования, предъявляемые к средствам доставки информации в мультисервисных сетях 98
6.3 Соглашение об уровне качества услуги 107
6.4 Требования, предъявляемые к средствам доставки информации в NGN 111
6.5 Механизмы обеспечения качества обслуживания пользователей 113
6.6 Защита от перегрузок 11518
Глава 7 Выбор телекоммуникационной технологии для транспортной сети нового поколения (NGN) 123
7.1 Технология асинхронного метода переноса 123
7.2 Технология многопротокольной коммутации с помощью меток (MPLS) 12427
7.3 Поддержка качества услуг в сетях с пакетной коммутацией 13538
Глава 8 Основные сценарии перехода к NGN 150
8.1 Принципы модернизации ГТС 150
8.2 Модернизация СТС 15457
Глава 9 Принципы управления сетями следующего поколения 161
9.1 Проблема управления сетью 161
9.2 Задачи управления сетью 165
9.3 Принципы управления трафиком в ядре транспортной сети нового поколения (NGN) 17373
Глава 10 Проектирование телекоммуникационных сетей 178
10.1 Методология проектирования телекоммуникационных сетей 178

10.2 Организация сети абонентского доступа 210
10.3 Расчет нагрузки, создаваемой пользователями мультисервисной сети 213
Глава 11 Примеры построения мультисервисных сетей .. 22525
11.1 Использование оборудования отечественной фирмы ПРОТЕЙ 22525
11.2 Использование оборудования фирмы Huawei Technologies (КНР)..... 229
Перечень сокращений..... 23636