

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СВЯЗИ, ИНФОРМАТИЗАЦИИ И
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РЕСПУБЛИКИ
УЗБЕКИСТАН**

ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ФАКУЛЬТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

**МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ПО ИЗУЧЕНИЮ NGN**

Ташкент 2013

ВОЗВРАТИТЕ КНИГУ НЕ ПОЗЖЕ

обозначенного здесь срока .

10				

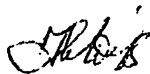
Таш. тип. № 3, цех № 2

по изучению

звания при проведении
ини «Сети и системы
риатуры 5311300-
алению магистратуры
изучении разделов,
ления (NGN).

етодическим советом
от 28 мая 2013 г.)

Начальник Управления
Развития Телекоммуникационной
Инфраструктуры ГКСИТРУЗ,
к.т.н., доцент



Ю.К. Камалов

ологий, 2013

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	4
1	Методология построения сценариев глобальной информационной инфраструктуры ГИИ	5
2	Особенности архитектуры NGN	13
3	Обзор платформ реализации инфокоммуникационных услуг (на примере Parlay - шлюз)	28
4	Особенности транспортных сетей NGN. Технологии транспортной сети	36
5	Построение модели рабочей нагрузки транспортного домена NGN	72
6	Современное состояние и перспективы развития сетей доступа	87
7	Протоколы управления сетями NGN	103
8	Функциональные компоненты сети следующего поколения и задачи обеспечения качества	121
	Список литературы	144

ВВЕДЕНИЕ

За минувшие несколько лет сети и системы связи стали важнейшими компонентами информационной инфраструктуры общества, произошла интеграция средств связи и вычислительной техники, происходит конвергенция сетей, предназначенных для передачи разных видов информации. При этом создание единого информационного пространства, единой унифицированной системы инфокоммуникаций и стандартов обмена информацией, развитие информационной экономики определили предпосылки для формирования информационного общества, характерными признаками которого являются глобализация международных отношений, формирование глобальной информационной инфраструктуры и общего информационного наследия человечества, создание эффективной системы обеспечения прав человека и социальных институтов, свободный доступ и обмен информацией. Необходимость перехода к информационному обществу обуславливается становлением и доминированием в мировой экономике новых технологических укладов, переходом информационных ресурсов в реальные ресурсы социально-экономического развития, удовлетворением потребностей общества в информационных продуктах и услугах, возрастанием роли информационно-коммуникационной инфраструктуры в системе общественного производства, усовершенствованием образовательной, научно-технической и культурной сферы. В этих условиях, на основе эволюции телекоммуникаций, появилось понятие сети следующего поколения (NGN-Next Generation Network), идейная концепция которой предусматривает широкое использование IP-технологий и управление вызовами посредством программных коммутаторов.

Методическое пособие призвано ознакомить студентов бакалавриатуры и магистратуры с отдельными темами в области NGN, имеющими важное значение в учебном процессе дисциплин, в которых предусмотрено изучение особенностей архитектурного и функционального построения сетей следующего поколения NGN.

Тема 1

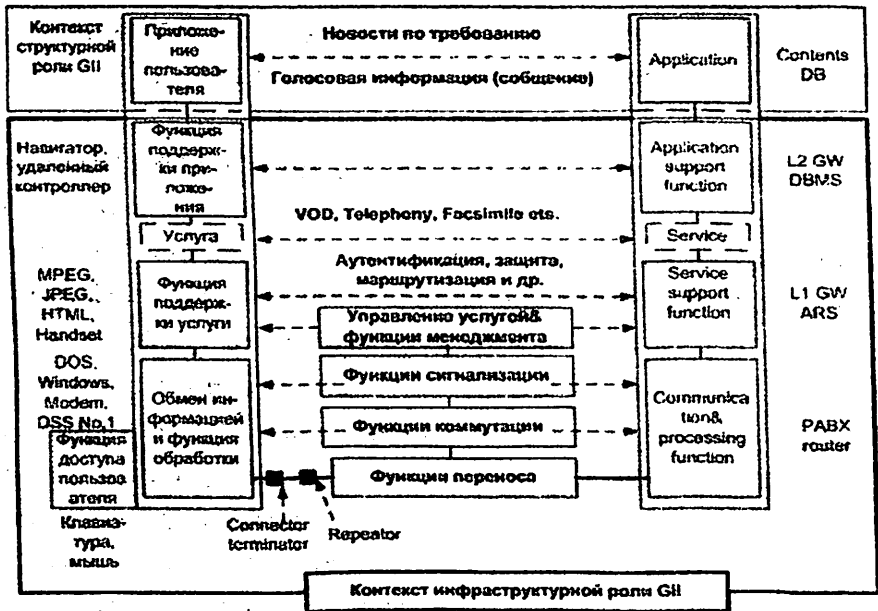
МЕТОДОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ СЦЕНАРИЕВ ГЛОБАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ГИИ

Глобальная информационная инфраструктура (GII Global Information Infrastructure) 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 ГИИ. 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 ГИИ.

На рисунке 1.1 приведен пример конфигурации инфраструктурных ролей в ГИИ. Под инфраструктурной ролью понимают поддержку услуги с помощью набора ресурсов многократного использования.



DBMS – DataBase Management System
 HTML – Hyper Text Markup Language
 JPEG – Joint Photographic Experts Group
 GW – Gateway
 MPEG – Motion Picture Experts Group
 ARS – Automatic Router Selection

Рис. 1.1. Пример конфигурации инфраструктурных ролей в глобальной инфраструктуре.

Структурная модель идентифицирует услуги и определяет приложения. Структурная модель (рисунок 1.2) 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.

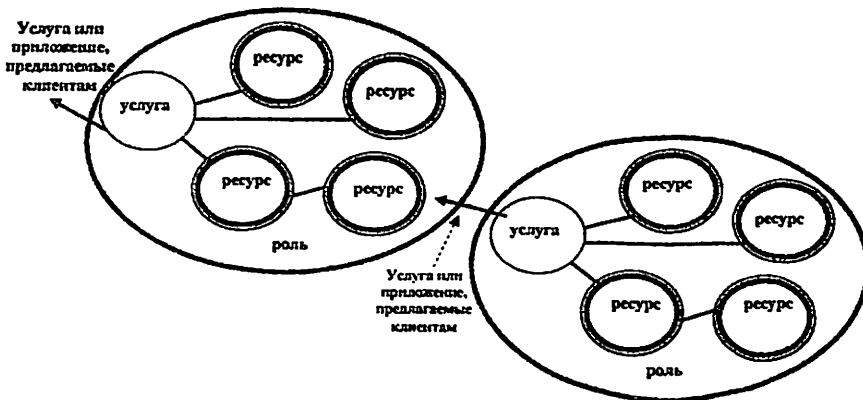


Рис.1.2. Структурная модель

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 (рис.1.2), 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 ГИ непосредственно или использовать собственные приложения и затем использовать услуги ГИ для поддержки этих приложений. Кроме того, компоненты приложений пользователя могут быть предоставлены и поддержаны ГИ. Услуги и приложения, предоставляемые ГИ, создаются в форме сервисных и прикладных компонентов.

Глобальная информационная архитектура объединяет ресурсы (рис.3.4):

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

В конвергентной ГИ 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 ГИИ» понимают информационную инфраструктуру, в которой интегрируются различные типы трафика на единой технологической платформе и предоставляются разнообразные услуги и приложения.

Типичными приложениями, используемыми ГИИ, являются:

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

На рис.1.3. приведены услуги и приложения, предоставляемые ГИИ.

В ГИИ 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. **ApyBilling** – 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 сеть связи общего пользования;
8. **Openness** – услуга должна быть открытой для новых провайдеров.

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

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.

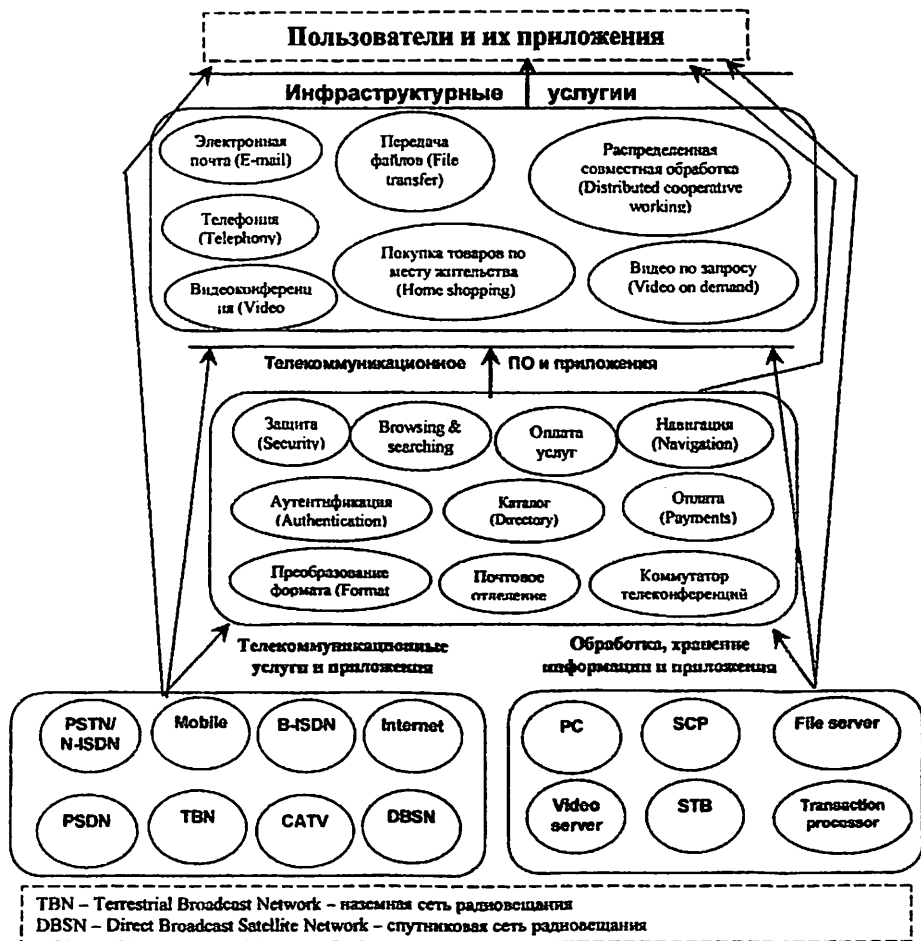


Рис.1.3. Услуги и приложения, предоставляемые GII

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.

Контрольные вопросы:

1. Что понимают под термином Глобальная Информационная Инфраструктура (Global Information Infrastructure, GII)?
2. Дайте определение инфокоммуникационных услуг.
3. Какие требования предъявляются к инфокоммуникационным услугам?
4. Какие требования предъявляются к перспективным сетям связи?
5. Сформулируйте определение термина услуга в терминологии Глобальной Информационной Инфраструктуры.
6. Приведите примеры типичных приложений, используемых в Глобальной Информационной Инфраструктуре.

Тема 2

ОСОБЕННОСТИ АРХИТЕКТУРЫ NGN

Цель и содержание работы:

Целью работы является изучение принципов организации и функционирования сети NGN.

В результате работы студент должен знать:

- принципы архитектурного построения сети;
- основы функционирования и технологические особенности сети.

Задание:

Изучить архитектурные особенности построения современных телекоммуникационных сетей, ознакомиться с общей уровневой моделью, технологиями, используемыми на разных уровнях.

Изучить функциональную структуру современной телекоммуникационной сети, виды используемого оборудования, протоколы.

1. Теоретические сведения

Имеются различные варианты архитектуры NGN, которые в рамках единой инфраструктуры объединяют сети ТфОП, мобильную связь, ресурсы сети Интернет, телефонию по IP – протоколу. В настоящее время наиболее распространение получила архитектура NGN приведенная на рис.2.1.

Как видно, данная архитектура включает в себя:

- уровень управления услугами;
- уровень управления коммутацией;
- транспортный уровень;
- уровень доступа.

Уровень управления услугами содержит функции управления логикой услуги и приложений и представляет собой распределенную вычислительную среду, обеспечивающую:

- предоставление инфокоммуникационных услуг;
- управление услугами;
- создание и внедрение новых услуг;
- взаимодействие различных услуг.

Данный уровень позволяет реализовать специфику услуг и применять одну и ту же программу логики услуг вне зависимости от типа транспортной сети и способа доступа. Наличие этого уровня позволяет также вводить на сети телекоммуникаций любые новые услуги без вмешательства в функционирование других уровней.

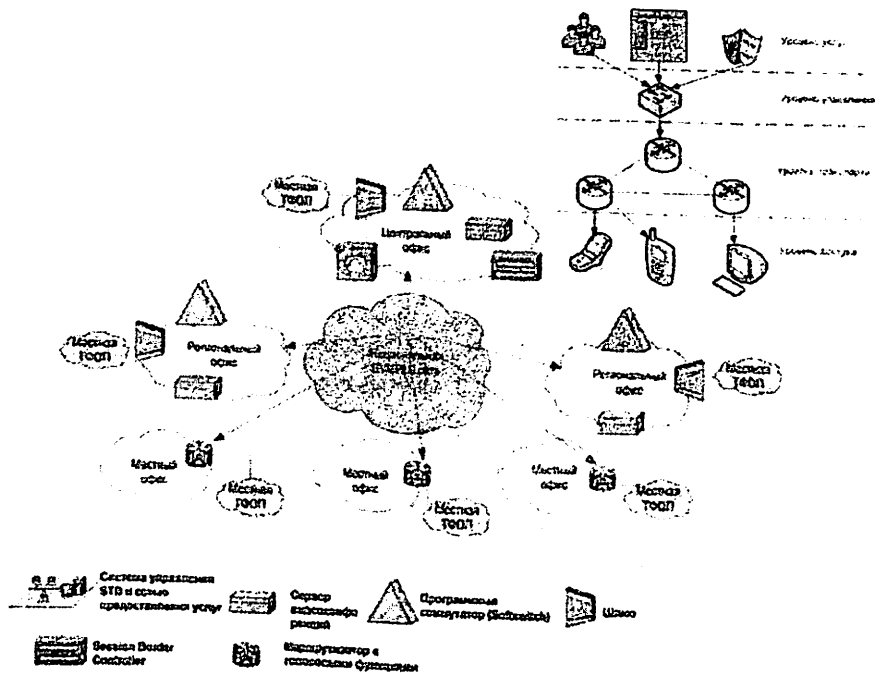


Рис.2.1. Архитектура сети NGN

Уровень управления может включать множества независимых подсистем (сетей услуг), базирующихся на различных технологиях имеющих своих абонентов и использующих свои внутренние системы адресации.

Транспортный уровень сети NGN рассматривается как уровень, составными частями которого является сети доступа и базовая сеть.

Под сетью доступа понимается системно-сетевая инфраструктура, которая состоит из абонентских линий, узлов доступа и систем передачи, обеспечивающих подключение пользователей к точке агрегации трафика (к сети NGN или к традиционным сетям телекоммуникаций). Базовая сеть реализует функции транспортировки и коммутации.

Существующие коммерческие решения NGN предусматривают развертывание сетей многоуровневой архитектуры. Назначение и функциональное наполнение этих уровней в значительной степени определяется концепциями NGN, реализованными разными производителями. Ниже рассмотрены применяемые участниками рынка варианты функциональных архитектур NGN.

Вариант 1. Трехуровневая модель.

Функциональные элементы сети NGN располагаются в соответствии с трехуровневой архитектурой NGN, включающей уровень приложений, уровень управления услугами и транспортный уровень (рис. 2.2).

Уровень приложений отвечает за предоставление конечному пользователю информационных услуг, и от того, насколько эти услуги будут ему интересны, зависит дальнейшее развитие сети. Серверы, обеспечивающие предоставление услуг, могут находиться как внутри, так и за пределами самой сети (Web-серверы, серверы, принадлежащие провайдерам услуг приложений ASP (Application Service Providers).

Уровень управления вызовами отвечает за маршрутизацию вызовов, обработку сигнализации и непосредственное управление потоками информации. На этом уровне расположен контроллер сигнализации и управления медиашлюзами (или Softswitch).

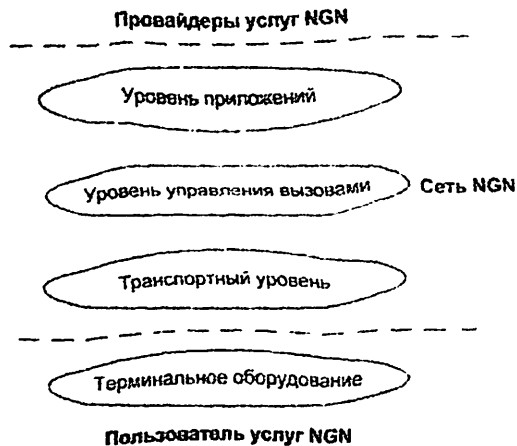


Рис. 2.2. Трехуровневая модель сети NGN

Транспортный уровень отвечает за передачу информации конечному пользователю и состоит из высокоскоростного ядра пакетной сети и уровня доступа, который обеспечивает непосредственное подключение конечных пользователей к сети. Уровень доступа может быть как проводным (оптическим или медным), так и беспроводным (мобильным или фиксированным).

Вариант 2. Сеть на базе идеологии «Всё по IP» (All-IP).

Сеть NGN, создаваемая на основе идеологии All-IP, состоит из 2-х доменов: сетевого и сервисного (рис.2.3).

Сетевой домен включает:

- ▣ интеллектуальное пакетное ядро как экономичный высокоскоростной транспорт;

- ▣ пограничный интеллектуальный слой, предназначенный для агрегирования, преобразования трафика, а также передачи его в пакетное ядро сети NGN;

- ▣ уровень доступа, находящийся между пограничным интеллектуальным уровнем и клиентским оборудованием.

Сервисный домен включает различные платформы приложений (в том числе мультимедийную подсистему на базе протокола IP (IMS, IP Multimedia Subsystem)) и серверы приложений.

Следует отметить, что независимо от функционального наполнения транспортного уровня в качестве типового решения для создания пакетного ядра NGN-инфраструктуры операторами, как правило, рассматривается использование маршрутизаторов IP/MPLS.

Таким образом, два из наиболее важных, ключевых аспектов сети NGN заключаются в разделении управления обслуживанием и предоставления услуг транспортной сети и в расширении управления обслуживанием для телефонных и мультимедийных услуг.

Требуемые платформы обслуживания должны обеспечивать открытые интерфейсы с применением прикладных программных интерфейсов API (например, такие как предложены группой Parlay Group) и/или прокси-серверов для использования внешних поставщиков услуг.

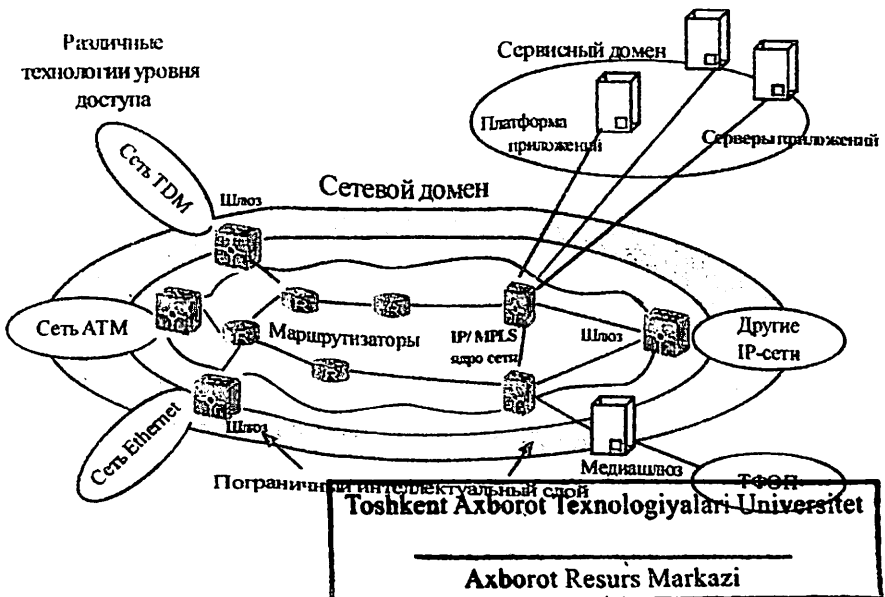


Рис. 2.3. Сеть NGN на основе идеологии All-IP

Создаваемые при этом услуги должны быть доступны конечным пользователям при их перемещении между сетями, и, естественно, сквозные услуги должны быть доступны для пользователей, подключенных к разным сетям с различными поставщиками услуг.

Особенностью NGN с точки зрения управления является также то, что эти сети будут состоять из большего числа разнотипных компонентов, включая сетевые узлы, межсетевые шлюзы и пр. Одной из главных особенностей систем управления NGN является открытая модульная архитектура.

2. Особенности функционирования NGN

Функционирование NGN определяется, в основном, способом организации связи в архитектуре на основе подхода к построению сетей NGN, который в настоящее время подразделяется на два основных, рассмотренных ниже:

- решение на базе гибкого коммутатора (Softswitch);
- решение на базе мультимедийной IP-подсистемы (IMS).

Согласно *эталонной архитектуре Softswitch*, разработанной консорциумом IPCC, в ней предусматривается четыре представленные на рис. 2.4. функциональные плоскости:

- а) транспортная;
- б) управления обслуживанием вызова и сигнализации;
- в) услуг и приложений;
- г) эксплуатационного управления.

Транспортная плоскость (transport Plane) отвечает за транспортировку сообщений (сигнализации, сообщения маршрутизации для организации тракта передачи информации или непосредственно речь и данные пользователей) по сети телекоммуникаций.

Домен транспортировки по протоколу IP (IP transport domain) поддерживает магистральную сеть и маршрутизацию для транспортировки пакетов через сеть IP – телефонии. К этому домену относятся такие устройства как коммутаторы, маршрутизаторы, а также средства обеспечения QoS.

Домен взаимодействия (interworking Domain) включает в себя устройства преобразования пользовательской информации, поступающей со стороны внешних сетей, в вид пригодный для передачи по сети IP – телефонии, а также обратное преобразование. В этот домен входят такие устройства, как шлюзы сигнализации (SG), транспортные шлюзы, или медиа шлюзы (MG), шлюзы взаимодействия (IG), обеспечивающие взаимодействие различных протоколов сигнализации на одном транспортном уровне.

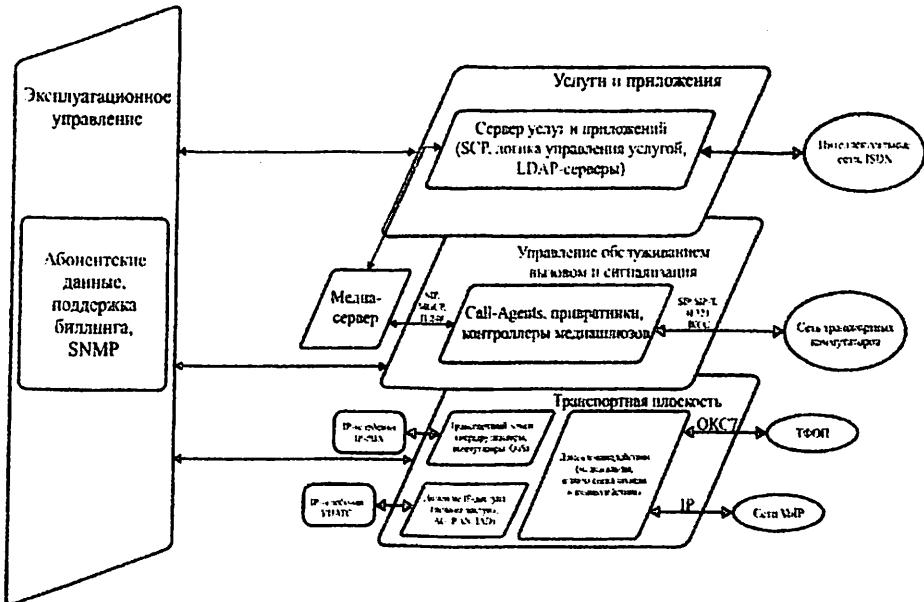


Рис.2.4. Эталонная архитектура Softswitch

Домен доступа, отличного от IP (Non-IP Access Domain), предназначен для организации доступа к сети IP – телефонии различных IP – несовместимых терминалов. Он состоит из шлюзов Access Gateway для подключения учрежденческих АТС, аналоговых кабельных модемов, линий xDSL, транспортных шлюзов для мобильной сети радиодоступа стандарта GSM/3G, а также устройств интегрированного абонентского доступа IAD и других устройств доступа IP – телефонии.

Плоскость управления обслуживанием вызова и сигнализации (Call Control & Signaling Plane) управляет основными элементами сети IP – телефонии и в первую очередь теми, которые принадлежат транспортной плоскости. Она управляет обслуживанием вызова на основе сигнальных сообщений поступающих из транспортной плоскости, устанавливает и разрушает соединения для передачи пользовательской информации по сети.

Плоскость услуг и приложений (Service & Application Plane) содержит логику выполнения услуг и/или приложений в сети IP – телефонии и управляет этими услугами путем взаимодействия с устройствами находящимся в плоскости управления обслуживанием вызова и сигнализации. Эта плоскость состоит из таких устройств, как серверы приложений Application Servers и серверы дополнительных услуг Feature Servers. Она может также управлять специализированными компонентами передачи пользовательской информации, например, медиасерверами, которые выполняют функции конференц - связи, IVR и т.п.

Плоскость эксплуатационного управления (Management Plane) обеспечивает функции включения/выключения абонентов и услуг, эксплуатационной поддержки, биллинга и другие функции.

На рис. 2.5. показано взаимодействие Softswitch с остальным оборудованием и протоколы, используемые при взаимодействии.

Softswitch используется как устройство управления и в ТфОП является одновременно и пунктом сигнализации ОКС-7 (SP или STP), и транзитным коммутатором, поддерживающим другие системы сигнализации ТфОП (E-

OSS 1, 2BCK, R2), а для сети с коммутацией пакетов – устройством управления транспортными шлюзами MGC и/или контроллерами сигнализации (Signaling Controller, SC). При этом Softswitch должен отвечать следующим требованиям:

а) работать с протоколами сигнализацией различной архитектуры и взаимодействовать с медиашлюзами, обеспечивающими передачу голосовой, сигнальной информации, данных, IP – телефонии и других видов трафика;

б) поддерживать все разнообразие сигнализаций – ОКС-7, DSS 1, BCK и др., поскольку с точки зрения телефонной сети он является транзитным коммутатором и пунктом сигнализации ОКС-7;

в) поддерживать все протоколы IP - телефонии (H.323, H.248, MGCP, SIP) и осуществлять их конвертации из одного протокола в другой, так как для пакетных сетей он является устройством управления медиашлюзами и контроллером сигнализации.

Таким образом, оборудование программной коммутации в NGN играет роль универсального аппаратного комплекса, конвертора сигнализации, который преобразует протоколы сигнализации как в сети с коммутацией каналов: ОКС-7, DSS 1, V5, CAS, так и в сети с пакетной коммутацией – протоколы IP – телефонии: H.323, SIP, MGCP, MEGACO/H.248.

Концепция IP Multimedia Subsystem (IMS) описывает новую сетевую архитектуру, основным элементом которой является пакетная транспортная сеть, поддерживающая все технологии доступа и обеспечивающая реализацию большого числа инфокоммуникационных услуг. Ее авторство принадлежит международному партнерству Third Generation Partnership Project (3 GPP), объединившему European Telecommunications Standardization Institute (ETSI) и несколько национальных организации стандартизации.

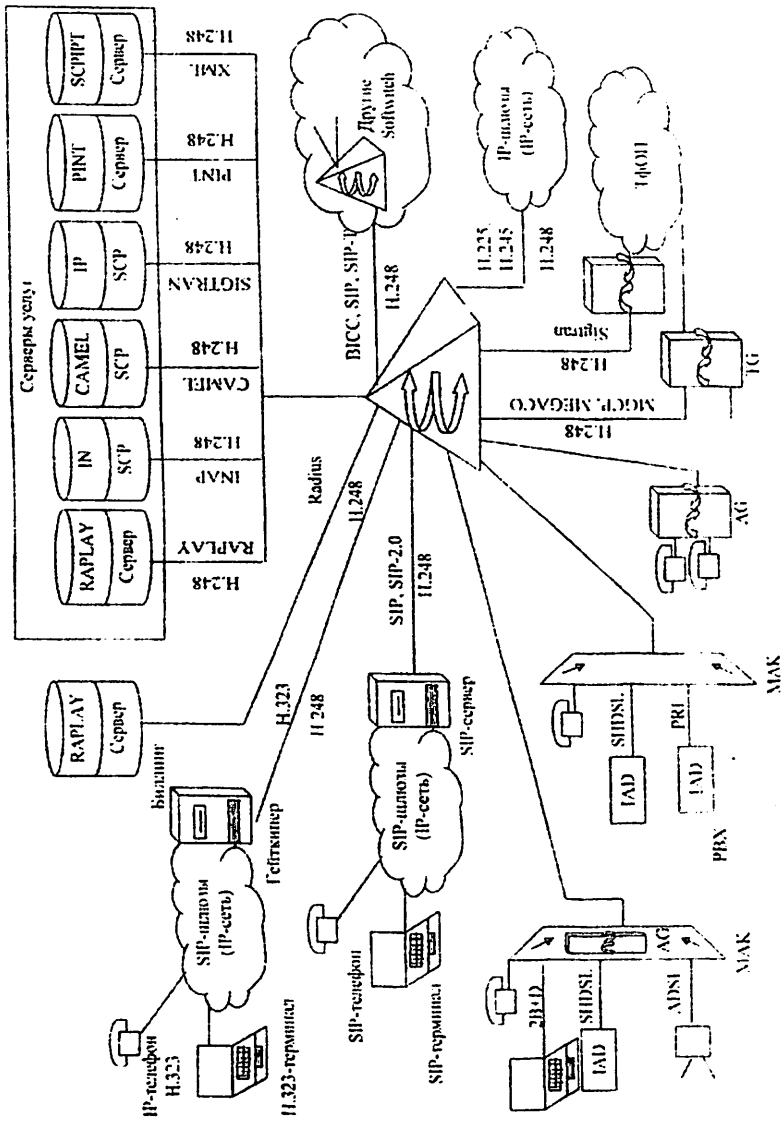


Рис.2.5. Взаимодействие Softswitch с остальным оборудованием

IMS изначально разрабатывалась применительно к построению мобильных сетей 3-поколения на базе протокола IP. В дальнейшем концепция была принята Комитетом ETSI – TISPAN, усилия которого были направлены на спецификацию протоколов и интерфейсов, необходимых для поддержки и реализации широкого спектра услуг в стационарных сетях с использованием стека протоколов IP.

В настоящее время архитектура IMS (рис.2.6) рассматривается многими операторами и сервис - провайдерами, а также поставщиками оборудования, как возможное решение для построения сетей следующего поколения и как основа конвергенции мобильных и стационарных сетей на платформе IP.

Архитектура IMS определяет взаимосвязь ряда функциональных элементов. Это вполне логично, поскольку протокол IP признан в качестве основы для сетей нового поколения а SIP - в качестве инфраструктурного протокола для доставки приложения. Интенсивное развитие большого числа приложений, использующих SIP, обуславливает необходимость построения масштабируемой мультисервисной инфраструктуры, которая бы разделяла транспортный уровень, уровень услуг и уровень управления. Такая сервисная «прослойка» скрывает от абонента разницу между услугами, которые предоставляются, например, в сети беспроводного доступа, и услугами, которые предоставляются в сети кабельного телевидения или используют сети доступа на основе DSL, а также Ethernet.

В составе IMS выделяется три уровня:

- транспортный уровень;
- уровень управления;
- уровень услуг;

Структурная схема архитектуры IMS показана на рис.2.6.

Транспортный уровень отвечает за подключение абонентов к инфраструктуре IMS посредством пользовательского оборудования (User Equipment - UE). В роли данного оборудования может выступать любой

терминал IMS (например телефон, смартфон) 3G, КПК с поддержкой Wi-Fi или же широкополосный доступ. Также возможно подключение через шлюзы не IMS терминалов (например, терминалы ТфОП).

Верхний уровень эталонной архитектуры IMS содержит набор серверов приложений, которые в принципе не являются элементами IMS. Эти элементы верхней плоскости включают в свой состав как мультимедийные IP – приложения, базирующиеся на протоколе SIP так и приложения, реализуемые в мобильных сетях на базе виртуальной среды.

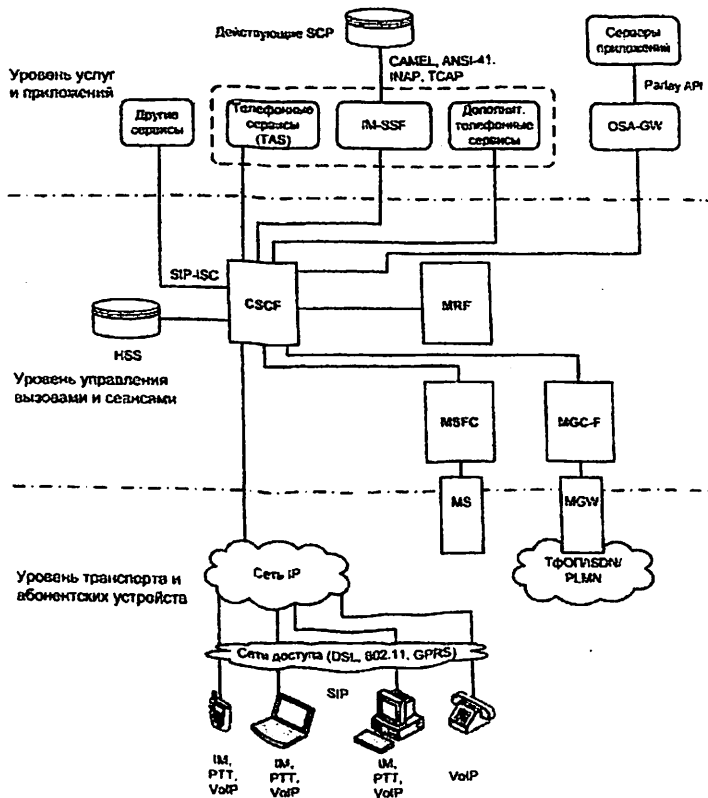


Рис. 2.6. Архитектура IMS

Архитектура приложений IMS достаточно сложна, но ключевым моментом здесь является высокая гибкость при создании новых услуг и интеграции с традиционными приложениями.

В среде IMS сервер HSS действует как открытая база данных о каждом пользователе и об услугах, задействованных абонентом: на какие услуги подписан пользователь, активизированы ли эти услуги, какие параметры управления были установлены пользователем.

Каждое из описанных выше решений имеет свои преимущества и недостатки, которые должны учитываться при выработке решения со стороны конкретного оператора.

Одной из сильных сторон подхода на базе гибкого коммутатора в настоящее время является его распространенность: в мире существует множество сетей и уже накоплен обширный опыт по внедрению Softswitch-архитектур. Большое количество поддерживаемых технологий дает возможность оператору подобрать оборудование, наиболее отвечающее его требованиям и позволяющее оптимальным образом взаимодействовать с уже имеющимися сетевыми ресурсами. Softswitch-решения относительно легко масштабировать, начиная с простейшей архитектуры, обслуживающей корпоративный сектор, и заканчивая крупномасштабными проектами межрегионального оператора.

Таким образом, оператор может минимизировать первоначальные вложения в сеть NGN. Эта же особенность позволяет оператору, создающему крупномасштабный проект, использовать новые сетевые ресурсы (и, следовательно, получать прибыль) сразу по мере их установки. Если обобщать перечисленные преимущества, то их можно охарактеризовать одним словом — гибкость, подразумевая под ней адаптацию к любым запросам оператора.

Однако у решения на базе гибкого коммутатора есть и недостатки. Многообразие представленного в данном сегменте рынка оборудования порождает проблему его совместимости. Центры по обеспечению системной

совместимости помогают решить ее лишь отчасти, так как зачастую тесты не успевают за обновлением версий программного обеспечения и не могут охватить все возможные комбинации устройств, работающих в сетях операторов. Это также порождает более широкую проблему взаимодействия операторов друг с другом и сводит на нет предусмотренные многими технологиями возможности по обеспечению мобильности пользователя и услуг.

Некоторые производители оборудования предоставляют фирменные системы управления сетью, которые не всегда корректно и полноценно работают с оборудованием сторонних поставщиков при его интеграции в сеть оператора, поскольку имеются отличия не только в реализации, но и в функциональности многих систем.

Подход на базе подсистемы IMS выгодно отличается наличием стандартов, которые дают возможность иметь единообразные и потому способные эффективно взаимодействовать сети. При этом частично сглаживаются проблемы совместимости оборудования, поскольку взаимодействие функциональных модулей регулируется стандартами. Новый подход к предоставлению услуг оказался чрезвычайно удачным и обеспечил роуминг услуг, что должно принести дополнительную прибыль оператору. Использование в проводных сетях NGN и мобильных сетях 3G единообразной системы IMS позволяет видеть в перспективе возможности конвергенции фиксированных и мобильных сетей.

Проблемы, которые могут возникнуть при применении подхода IMS, пока не так просто сформулировать, в связи с недостаточным опытом реализации подобных решений.

Необходимо отметить, что с точки зрения глобальной сети в подходе IMS более предпочтительно выглядит продуманная архитектура, а не просто завязанное на устройство управления решение, каким представляется подход на базе гибкого коммутатора. Но в настоящее время достаточно сложно однозначно определить, нужен ли подход IMS конкретному оператору

фиксированной связи. В принципе оба подхода, по сути, имеют одну и ту же уровневую структуру. Как в том, так и в другом случае необходим единый мультисервисный абонентский доступ и единый IP-транспорт, акцент делается на услуги для абонента, поэтому оператор при выборе стратегии построения NGN должен исходить, прежде всего, из планируемого набора услуг.

Контрольные вопросы:

1. В чем заключается главная задача функционирования NGN?
2. Преимущества перехода к NGN для операторов связи.
3. Какие положительные моменты при переходе к NGN появляются для абонентов?
4. Каким требованиям должна удовлетворять магистральная составляющая NGN?
5. Какие технологии могут быть использованы в качестве единой «универсальной» транспортной/магистральной составляющей NGN?
6. Какие факторы влияют на выбор технологии магистрального компонента NGN?

Тема 3

ОБЗОР ПЛАТФОРМ РЕАЛИЗАЦИИ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ УСЛУГ (НА ПРИМЕРЕ PARLAY - ШЛЮЗ)

Цель и содержание работы

Целью работы является изучение принципов предоставления услуг с использованием открытых интерфейсов и функциональные возможности сетей через открытые стандартные интерфейсы.

В результате выполнения работы студент должен знать:

- технологии предоставления услуг с использованием открытых интерфейсов;
- модели массового обслуживания.

Задание

1. Изучить архитектуру сети следующего поколения и место платформы предоставления услуг
2. Изучить взаимодействие компонентов различных платформ и систем предоставления услуг
3. Изучить основные параметры системы Parlay.

1. Теоретические сведения

В последние несколько лет в архитектуре систем предоставления услуг связи произошли серьезные изменения. Еще недавно операторы предоставляли услуги исключительно абонентам своей сети и только сами могли их разрабатывать и внедрять. Сейчас ряд консорциумов разработали архитектуры, которые позволяют взаимодействовать различным сетям, а приложениям дают возможность использовать их функциональные возможности. Значительно упростился и алгоритм создания новых услуг. Теперь разработчик не должен изучать работу различных сетевых

протоколов, а может использовать их возможности посредством открытых интерфейсов.

В создании технологий предоставления услуг в сети следующего поколения участвует ряд стандартизирующих организаций и консорциумов, объединяющих сетевых операторов и производителей телекоммуникационного оборудования всего мира. Среди наиболее значимых групп - Parlay Group, JAIN, OSA, ETSI, 3GPP. Именно этим организациям удалось создать полностью согласованные спецификации Parlay/OSA и JAIN API. Спецификации Parlay/OSA определяют архитектуру (объекты и интерфейсы взаимодействия между ними), позволяющую использовать функциональные возможности сетей через открытые стандартные интерфейсы.

Одна из главных проблем в разработке систем предоставления услуг связи связана с возможными перегрузками управляющих узлов. Использование оборудования, способного обрабатывать даже пиковые нагрузки, слишком дорого, поэтому требуется разработка моделей и методов анализа характеристик систем и механизмов управления перегрузками.

Пример системы предоставления услуг с использованием открытых интерфейсов представлен на рис. 3.1. Очевидно, что перегруженными могут оказаться практически все основные узлы, но наиболее существенные проблемы связаны с работой серверов услуг и сервера базовых услуг, так как перегрузка приложения приведет к ухудшению качества предоставляемых им услуг, а перегрузка серверов услуг может резко ухудшить качество или сделать невозможным их предоставление.

Одним из возможных путей решения данной проблемы является разработка механизмов ограничения поступающей нагрузки, когда уже принятые запросы обрабатываются с надлежащим качеством, а новые отклоняются на как можно более ранней стадии. Однако основной задачей является разработка моделей и методов расчета характеристик таких систем.

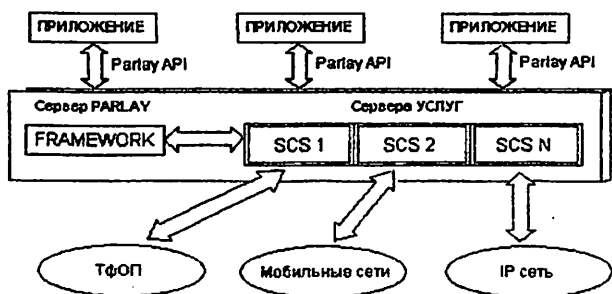


Рис. 3.1. Предоставление услуг с использованием открытых интерфейсов

Сложные системы, к которым можно отнести и системы предоставления услуг связи с использованием открытых интерфейсов, трудно представить, используя простые модели массового обслуживания, поскольку требуется обеспечить возможность определения состояний отдельных узлов. Как видно из рис. 3.1 системы на базе открытых интерфейсов состоят из приложений, серверов услуг, элементов сети и сетей передачи данных. При проектировании каждого из узлов должна учитываться нагрузка, которую он должен будет обрабатывать.

Таким образом, сформулируем основные параметры системы Parlay:

- состоит из ряда независимых объектов - базового сервера, серверов услуг, приложений и сетей передачи данных;
- требования могут поступать непосредственно на приложение (например, инициированные им самим или поступающие через сеть Интернет) или/и на сервера услуг;
- для взаимодействия между объектами модели используется сеть передачи данных Ethernet, как наиболее распространенная и отвечающая требованиям по скорости передачи данных;
- при взаимодействии приложения и сервера базовых услуг возможна повторная обработка требования, например, требование об установлении соединения двух абонентов поступает на приложение, которое не авторизовано на сервере, а процедура авторизации может

включать в себя несколько этапов.

На основе функциональной структуры системы и сформулированных параметров составим математическую модель для простой системы Parlay, состоящей из одного сервера услуг и работающей только с одним приложением (рис. 3.2).

Данная модель включает в себя приложение - узел Ap, сеть Ethernet - узел Eth, сервер базовых услуг - Fw и сервер услуг SCS. Общее количество узлов обозначим через M . При добавлении в систему новых узлов (приложения или сервера услуг) необходимо определять матрицу маршрутизации требований между узлами.

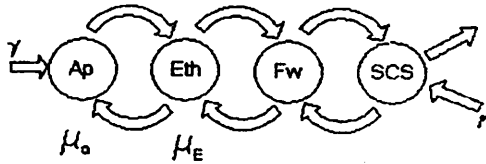


Рис. 3.2. Модель простой системы Parlay/OSA

Модель, изображенная на рис. 3.3, представляет собой конечное число (M) обслуживающих узлов. Между ними циркулируют требования (N), переходящие в соответствии с маршрутной матрицей P из одного узла в другой. В системе Parlay API требования могут поступать из внешнего источника и покидать систему после завершения обслуживания (интенсивность поступления $\Lambda(N) = \sum \gamma + \sum \Gamma$ и интенсивность обслуживания $\mu(N)$ в общем случае зависят от количества требований в системе). Такая система называется открытой сетью массового обслуживания. Если в момент поступления требования все обслуживающие приборы узла заняты, то требование занимает место в очереди, где ожидает начала обслуживания. При этом обслуживание требований происходит в порядке их поступления.

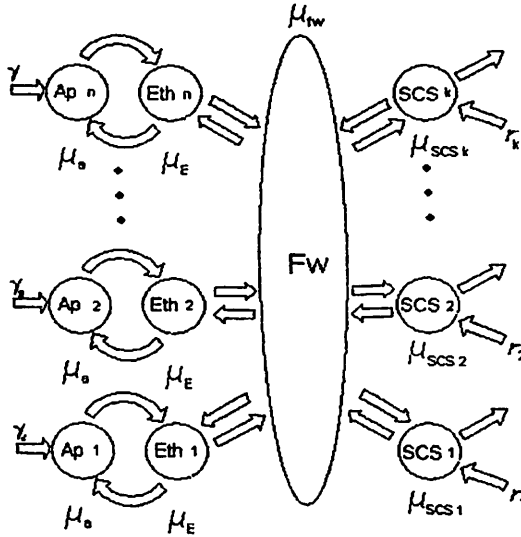


Рис. 3.3. Модель системы Parlay/OSA в общем виде

Составим уравнение глобального баланса для модели, представленной на рис. 3.3. За промежуток времени Δt возможны следующие переходы: появление нового требования на одном из объектов сети; требование покидает объект сети; переходит из одного объекта в другой; не происходит изменений.

Используя стандартный подход для решения уравнения глобального баланса, т. е. перейдя к системе дифференциальных уравнений Колмогорова и рассмотрев систему в стационарном режиме, получим:

$$\sum_{j=1}^M P(n) [\Lambda(N) + \mu_j(n_j)] = \sum_{i=1}^M P(n-1_i) \Lambda(N-1) P_{0,i} +$$

$$\sum_{i=1}^M P(n+1_i) \mu_j(n_j+1) P_{j,0} + \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M P(n-1_i+1_j) \mu_j(n_j+1) P_{j,i}$$

где l_i и l_j - вектора, у которых i и j координаты соответственно равны 1, а остальные - нулю. Вектор $n = \{n_1, n_2, \dots, n_m\}$ определяет состояние системы в момент времени t . Таким образом, вектор $n-l_i+1_j = \{n_1, n_2, \dots, n_j-1, \dots, n+1, \dots, n_m\}$

определяет, что в системе количество требований в i и j узлах изменилось на единицу. Учитывая, что

$$\lambda_i = \lambda_{0,i} + \sum_{j=1}^M \mu_j(n_i) P_{j,i}; \quad i=1,2, \dots, M, \text{ получим рекуррентное выражение}$$

для $P(n)$ из которого следует, что стационарная вероятность равна:

$$P(n) = \frac{\Lambda(N)}{G(N)} \prod_{i=1}^M Z_i(n_i)$$

где:

$$\Lambda(N) = \prod_{i=1}^M \Lambda(i-1) \text{ при } M=1,2,\dots$$

$$Z_i(n_i) = \frac{e_i^{n_i}}{\prod_{j=1}^M \mu_j(j)}$$

$$G(n) = \sum_{n \in S(N,M)} \Lambda(N) * \prod_{i=1}^M Z_i(n_i) \text{ нормализующая константа, определенная}$$

из

$$\text{условия нормировки } 1 = \sum_{n \in S(N,M)} P(N). \text{ Для формул используется понятие}$$

коэффициентов передачи e_i , которые определяются системой уравнений $\lambda_i = e_i * \Lambda(N)$. Таким образом, показано, что решение для модели системы Parlay имеет мультипликативную форму, допускающую декомпозицию на отдельные узлы. Данный результат представляется нетривиальным, так как потоки в открытых сетях массового обслуживания с произвольной матрицей - не пуассоновские.

Используя полученный результат, могут быть найдены наиболее важные характеристики, такие как пропускная способность, математическое ожидание числа требований и среднее время пребывания требований в i -м узле. Найдем для этого маргинальное распределение числа требований в i -м узле:

$$P(n, N) = P(n_i \geq n, N) - P(n_i \leq n+1, N) = \\ = \frac{\Lambda(n) * Z_i(n) * G(N-n)}{G(N)} - \frac{\Lambda(n+1) * Z(n+1)}{G(N)} G(N-n-1).$$

Тогда интенсивность выходящего потока требований (пропускная способность) из i -го узла ЦМ) по определению равная среднему числу требований, обслуженных в нем за единицу времени, может быть определена как:

$$\lambda_i(N) = \sum_{n=1}^N P_i(n, N) * \mu_i(n)$$

Математическое ожидание числа сообщений в i -м узле имеет вид:

$$L_i(N) = \sum_{n=1}^N n * P_i(n, N)$$

В соответствии с формулой Литтла среднее время пребывания требований в i -м узле $T_i(N)$ равно отношению средней длины очереди к средней интенсивности входящего потока. В стационарном режиме интенсивность выходящего потока равна интенсивности входящего, поэтому:

$$T_i(N) = \frac{L_i(N)}{\lambda_i(N)}$$

Зависимость среднего времени для узла услуг (Service Node) определялась при максимально схожих условиях с системами Parlay. Как видно из графика, при небольших нагрузках обработка требований в системе Parlay осуществляется медленнее. Это связано с ее архитектурными особенностями, т. е. разделением функции между серверами услуг и приложениями, добавлением процедур аутентификации, и с задержками при взаимодействии узлов системы через сеть передачи данных.

С увеличением поступающей нагрузки характеристики систем на базе Parlay меняются незначительно, а время обработки запросов на узле услуг

растет. Таким образом, при определенных значениях использование открытых интерфейсов становится целесообразным.

Используя методику, можно определить как характеристики системы в целом, так и отдельного узла. Полученные соотношения для пропускной способности могут быть использованы для постановки и решения оптимизационных задач по обеспечению максимальной производительности при ограничении по стоимости вычислительной системы или минимизации стоимости при ограничении по пропускной способности системы.

Контрольные вопросы:

1. Принцип работы Parlay/OSA.
2. Объясните модель простой системы Parlay.
3. Принципы определения характеристик системы на базе открытых интерфейсов.

ОСОБЕННОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ NGN. ТЕХНОЛОГИИ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ

1. Транспортный уровень сети NGN

Транспортный уровень сети NGN обеспечивает создание полностью связанной инфраструктуры для пакетной передачи данных разного типа, реализующей поддержку заданного качества обслуживания (QoS). Вместо принятой в традиционных сетях канальной парадигмы, в рамках которой соединения между абонентами строятся по принципу «точка-точка», в NGN реализуется переход к идеологии виртуальных сетей, организующих доставку сервисов конечному пользователю поверх протокола IP.

Транспортный уровень отвечает за прозрачную передачу информации пользователя различного вида (голос, видео, данные). Причем обмен информацией между источником и пунктом назначения осуществляется по одному и тому же принципу вне зависимости от вида соединения (телефонный вызов, сеанс работы в сети Интернет, передача видео, сетевая игра с несколькими игроками или трансляция фильма). При этом в качестве транспортной технологии передачи может использоваться мультиплексирование с разделением по времени (TDM), асинхронный режим передачи (ATM) или Интернет-протокол (IP). Однако эффективность использования полосы пропускания, характерная для сетей с коммутацией пакетов, приводит к тому, что в сетях нового поколения будут использоваться в основном пакетные технологии ATM и IP/MPLS.

Транспортная сеть NGN может быть представлена совокупностью звеньев (двухсторонних трактов обмена информацией), которые соединяют между собой некоторые сетевые узлы (СУ). Топология транспортных сетей NGN различается в зависимости от уровня иерархии. Могут использоваться кольцевая, полностью связанная, древовидная, звездообразная структуры и их комбинации. Кольцевая топология — основная структура существующих

межрегиональных, региональных и городских транспортных сетей при использовании оборудования синхронной цифровой иерархии (SDH). Основные принципы SDH были разработаны для повышения эффективности пропускания трафика речи. При этом не учитывалось изменение характера трафика в сети NGN, связанное с необходимостью передачи трех видов информации — речь, данные и видео. Очевидно, что по крайней мере на уровне транспортной сети оператору сети NGN выгоднее создавать и эксплуатировать одну систему. Для общей транспортной сети NGN, ориентированной на поддержку всех видов обслуживания, технология SDH не является оптимальной.

На рис. 4.1 показана упрощенная модель звена, которая позволяет проанализировать основные технологические аспекты построения и развития транспортной сети NGN [412]. Предлагаемая модель базируется на использовании IP-технологии в качестве основной для реализации любых сетевых услуг.

Нижний уровень модели — среда передачи сигналов. Для всех видов услуг этот уровень должен быть реализован в основном на волоконно-оптических линиях связи (ВОЛС) или на цифровых радиорелейных линиях (РРЛ). В некоторых ситуациях в качестве среды передачи сигналов могут быть использованы двухсторонние каналы спутниковой связи.

На втором уровне целесообразно выделить два слоя. В нижнем слое выполняются функции формирования цифрового тракта, в качестве которого могут понадобиться тракты STM-n, Ethernet или основанные на иных стандартах.

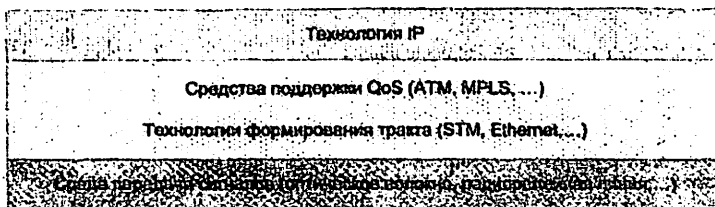


Рис. 4.1. Упрощенная модель звена в транспортной сети NGN

Верхний слой отвечает за поддержку заданных качественных показателей обслуживания (QoS). В сети NGN поддержка показателей QoS осуществляется за счет технологий ATM, MPLS и им подобных.

Третий уровень модели — IP-технология, используемая для обмена всеми видами информации в форме пакетов. На этом уровне реализуются услуги предоставления требуемой пропускной способности, а также обеспечивается надежность связи.

Базовыми технологиями, которые удовлетворяют перечисленным выше требованиям и которые могут использоваться в транспортной сети NGN, на сегодняшний день являются следующие:

- синхронная цифровая иерархия SDH;
- спектральное уплотнение в оптическом волокне xWDM;
- асинхронный режим передачи ATM;
- передача пакетов по сети синхронной цифровой иерархии POS (Packet Over SDH);
- технологии самовосстанавливающихся пакетных колец RPR (или DPT, Dynamic Packet Transport — реализация фирмы Cisco Systems);
- технологии Gigabit/10 Gigabit Ethernet.

Стоит заметить, что выбор конкретной технологии для магистрали определяется не только техническими факторами, но и экономической целесообразностью ее применения для решения задач оператора сети NGN.

Рассмотрим архитектуру транспортной сети NGN, которая предполагает создание регионального и магистрального сегментов (включая межрегиональную составляющую). На региональном уровне транспортная сеть призвана обеспечивать подключение сети доступа и предоставление соответствующих транспортных услуг. Кроме того, она может стыковаться с другими региональными транспортными сетями. На магистральном уровне создаваемая транспортная сеть NGN должна отвечать за прозрачный транзит конвергентного трафика, получаемого от региональных сегментов. При этом главная архитектурная особенность NGN заключается в том, что передача и

маршрутизация пакетов и базовые элементы транспортной инфраструктуры (каналы, маршрутизаторы, коммутаторы, шлюзы) физически и логически отделены от устройств и механизмов управления вызовами и доступом к услугам.

Такая структура позволяет интегрировать сеть связи следующего поколения в существующую сеть оператора связи. Транспортная сеть состоит из высокопроизводительного ядра на базе транзитных узлов, обеспечивающего коммутацию пакетов, оконечных узлов для подключения пакетных сетей доступа и пограничных голосовых шлюзов, через которые подключаются к пакетной сети существующие сети с коммутацией каналов (ТфОП, сотовые, передачи данных и др.) (рис. 4.2). Контроллер сигнализации в виде гибкого коммутатора (softswitch) осуществляет маршрутизацию вызовов и управление голосовыми шлюзами. В данной схеме гибкий коммутатор работает в качестве централизованной системы управления транспортной сетью NGN, что значительно уменьшает затраты на строительство и эксплуатацию транспортной сети.

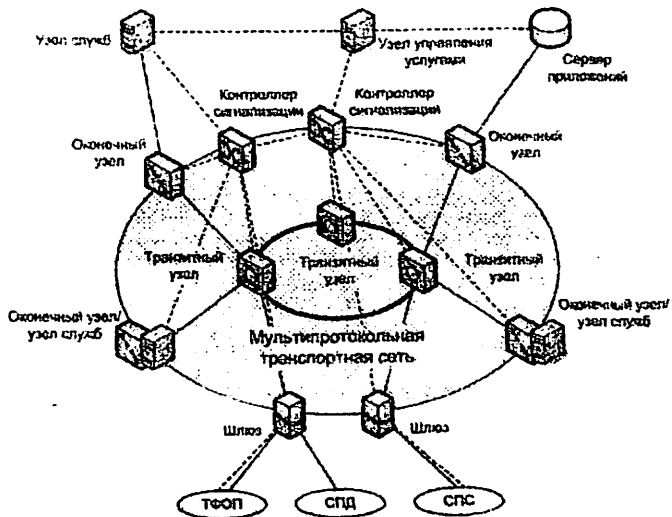


Рис. 4.2. Структура транспортной сети NGN

На практике сегодня вместо единой универсальной инфраструктуры, наряду с сетями, основанными на пакетных технологиях, существуют и будут еще довольно долго существовать сети с коммутацией каналов, предоставляющие классические телефонные услуги. При этом традиционные сети, которые характеризуются множеством «привычных» услуг, имеют ряд преимуществ: они приносят стабильный доход и организуются с помощью проверенных временем систем и надежных интерфейсов. В свете всего этого, операторам еще долго предстоит работать в условиях параллельного существования сетей, основанных на различных транспортных технологиях.

2. Технологии существующих транспортных сетей

Поскольку в сетях NGN базовым является протокол IP, транспортная сеть должна быть в наибольшей степени приспособлена для передачи сообщений данного протокола. В связи с этим возможны следующие сочетания магистральных транспортных технологий для реализации сети NGN (рис. 4.3):

- IP/ATM/SDH/оптика;
- IP/ATM /оптика;
- IP/ SDH/оптика;
- IP/оптика.

Сегодняшний день развития сетевых технологий на ЕСЭ РФ характеризуется в первую очередь бурным развитием технологий построения опорных транспортных сетей. При этом основной упор делается на технологии, позволяющие в значительной мере повысить полосу пропускания каналов связи: xWDM, SDH, ATM, DPT, Gigabit Ethernet.

Однако высокая пропускная способность каналов связи еще не может служить стопроцентной гарантией успеха оператора сети NGN. Здесь на первый план выступает пригодность сети для решения конкретных бизнес-задач, удовлетворения требований по надежности, производительности и масштабируемости.

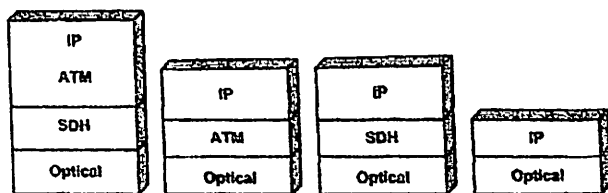


Рис. 4.3. Варианты использования транспортных технологий для передачи данных по протоколу IP

Одна из наиболее важных задач, необходимость решения которой является главной особенностью сети NGN, состоит в том, чтобы не только обслуживать разнородные типы трафика (голос, видео, данные, телеметрия и т.п.), но и обеспечивать полноценное управление предоставлением различных услуг пользователям. В связи с этим необходимо использовать телекоммуникационное оборудование, обеспечивающее управление соглашением о заданном качестве обслуживания SLA (Service Level Agreement). И здесь простое увеличение пропускной способности каналов на отдельных участках сети не решает поставленных задач, связанных с предоставлением сервисов, их учетом и оперативным перераспределением.

Для сети NGN одним из основных вопросов является выбор технологии построения ядра сети. Он определит развитие сети на многие годы, во многом диктуя и выбор применяемого оборудования. Кроме того, здесь важен выбор и технологий канального уровня, и технологий физического уровня, на которые наложена сеть. Именно этот «базовый комплект» в значительной мере обусловит и уровень предоставляемого потенциальным пользователям сервиса.

Заметим, что современный уровень развития технологий построения опорных сетей, предназначенных для передачи больших объемов трафика, примечателен тем, что многие технологии, которые еще недавно считались безнадежно устаревшими, переживают второе рождение, а те, которым

пророчили широкие перспективы, отходят на второй план. Это еще больше затрудняет выбор.

При выборе технологии транспортной сети NGN должны быть учтены, прежде всего, следующие факторы:

1. Большинство крупных операторов, планирующих построение сетей NGN, уже сделали значительные вложения средств в оборудование SDH, а переход на другие технологии потребует новых значительных инвестиций, не всегда оправданных с точки зрения потенциальных коммерческих преимуществ, которые могут дать новые технологии.
2. Сохранение существующих транспортных технологий связано также и с тем, что в значительной мере растет пропускная способность оптических каналов связи, используемых при построении опорных сетей. Такие возможности дают прежде всего технологии оптического мультиплексирования xWDM.
3. Оборудование ATM дороже оборудования SDH, сложнее в настройке и обслуживании, причем существует ряд задач, в которых предпочтительнее использовать именно технологии временного мультиплексирования TDM, которые и применяются в сетях SDH.
4. Протокол IP де-факто является протоколом конечного пользователя практически в любой сети передачи данных, поэтому во многих случаях более выгодно использовать относительно простые решения IP, наложенные на традиционную среду передачи.

Приведенные общие аргументы вовсе не свидетельствуют об однозначном преимуществе той или иной технологии — все должно быть подчинено конкретным требованиям сети NGN.

Далее дается сравнительная характеристика различных транспортных технологий с точки зрения возможностей их применения в сети NGN.

Технология SDH

Выбор данной технологии обоснован в случае, когда основным видом трафика является классический телефонный трафик, а составляющая прочих видов трафика невелика (до 10%, когда эффективность использования полосы пропускания составляет всего около 60%) (рис.4.4).

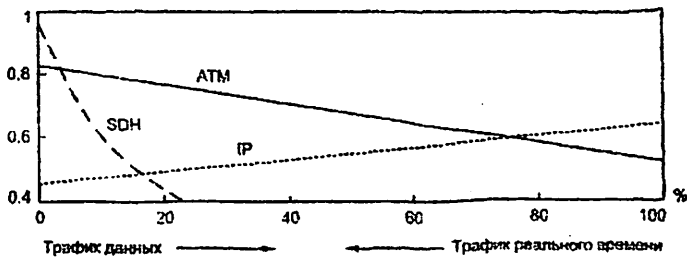


Рис. 4.4. Эффективность использования полосы пропускания

Во многих странах технология SDH пользуется заслуженной популярностью у телефонных операторов связи, и новые сети SDH создаются зачастую в развитие уже существующих сетей для обеспечения единого управления.

К недостаткам технологии SDH можно отнести невысокую эффективность использования полосы пропускания при передаче трафика данных из-за значительных накладных расходов.

Основные преимущества технологии SDH:

- простота технологии мультиплексирования/демультиплексирования;
- доступ к низкоскоростным сигналам без необходимости мультиплексирования/демультиплексирования всего высокоскоростного канала; это - позволяет достаточно просто осуществлять подключение клиентского оборудования и производить кросс-коммутацию потоков;
- наличие механизмов резервирования на случай отказов каналов связи или оборудования;
- возможность создания «прозрачных» каналов связи, необходимых для

решения определенных задач, например, для передачи голосового трафика между выносами АТС или передачи телеметрии;

- возможность наращивания решения;
- совместимость оборудования от различных производителей;
- относительно низкие цены оборудования;
- быстрота настройки и конфигурирования устройств.

Недостатки технологии SDH:

- использование одного из каналов полностью под служебный трафик;
- неэффективное использование пропускной способности каналов связи, куда относятся как необходимость резервирования полосы на случай отказов, так и особенности технологии TDM, не способной динамически выделять полосу пропускания под различные приложения, а также отсутствие механизмов приоритизации трафика;
- необходимость использования дополнительного оборудования (зачастую от других производителей), чтобы обеспечить передачу различных типов трафика (данные, голос) по опорной сети.

Технологию SDH можно рекомендовать для использования в задачах построения опорных сетей NGN при следующих условиях:

- загрузка каналов далека от предельной;
- существует необходимость предоставлять «прозрачные» каналы связи, например, для передачи голосового трафика между АТС;
- в коммерческом плане более выгодно и удобно предоставлять клиентам каналы с фиксированной пропускной способностью, а не определять стоимость услуг по количеству переданного трафика и по качеству предоставляемого сервиса.

Технология АТМ

Технология АТМ эффективна в случае, когда основной задачей сети оператора является передача мультимедийного трафика реального времени и телеметрии (трансляция видеопрограмм, передача служебного трафика от

датчиков или устройств — передача критичной к задержкам информации). Сеть ATM обеспечивает высокое качество обслуживания QoS для соединений клиента на всем своем протяжении и в определенных случаях может быть экономически оправдана.

Основные преимущества технологии ATM:

- динамическое управление полосой пропускания каналов связи;
- обеспечение QoS для различных типов трафика;
- возможности резервирования каналов связи и оборудования;
- возможность интегрирования самых различных типов трафика, включая голос, данные, видео;
- возможность экономии полосы пропускания за счет специальных технологий обработки голосового трафика;
- возможность эмуляции «прозрачных» каналов связи;
- используя технологию коммутации по меткам MPLS, оператор сети ATM может динамически коммутировать трафик IP по опорной сети ATM в реальном масштабе времени, при этом появляется возможность обеспечить необходимый уровень качества услуг QoS, соотнося уровни приоритизации IP и ATM.

Недостатки технологии ATM:

- сложность настройки / обслуживания оборудования;
- относительно высокая стоимость оборудования;
- недостаточная совместимость оборудования различных производителей;
- в специфических задачах (например, при частой передаче небольших объемов трафика) применение технологии ATM может привести к неоправданно большим задержкам при установлении соединений и к довольно высокому проценту служебной информации, загружающей канал связи.
- Использование технологии ATM при построении опорной транспортной сети можно рекомендовать в следующих случаях:
- загрузка каналов близка к предельной;

- требуется передавать разнородный трафик с предоставлением различных классов обслуживания (голос, данные, видео);
- доля голосового трафика в общей загрузке канала весьма существенна;
- существуют требования по предоставлению «прозрачных» каналов связи, например для соединения выносов АТС.

Технология RPR (DPT)

Технология самовосстанавливающихся пакетных колец (Resilient Packet Rings, RPR), сочетает в себя высокую отказоустойчивость систем SDH и низкую цену оборудования Ethernet. Принципы RPR реализованы в такой довольно хорошо известной фирменной технологии, как Dynamic Packet Transport (DPT) компании Cisco Systems. Оптимизированная для IP-трафика и трафика других протоколов ЛВС, технология RPR использует статистические алгоритмы и переносит эффективность ЛВС на городские (MAN) и территориально распределенные сети (WAN). Системы RPR/DPT менее сложны, чем решения ATM поверх SDH, время восстановления, которое они обеспечивают, — менее 50 мс (как SDH), но при этом не требуется держать в пассивном резерве 50% канальных ресурсов. Но, несмотря на большие ожидания ее успеха, эта технология пока не получила широкого распространения. Она хорошо масштабируется для работы в больших сетях, но вряд ли станет универсальной, т.е. экономически эффективной для сетей любого размера и всех типов приложений.

Основные преимущества технологии RPR/DPT:

- более полное (по сравнению с TDM-технологиями) использование полосы пропускания за счет применения пакетной технологии;
- выделение меньшей части полосы пропускания под резервирование по сравнению с SDH;
- возможность построения высокоскоростной сети передачи пакетов (IP-сеть) без наложения дополнительных промежуточных протоколов второго уровня

модели OSI, что также повышает эффективность использования каналов и позволяет отказаться от дополнительного оборудования, обеспечивающего интеграцию данных и голоса при передаче в опорную часть сети;

- возможность напрямую организовать сервис VoIP;
- использование технологии MPLS позволяет осуществлять высокоскоростную доставку пакетов с требуемым качеством обслуживания и высокой степенью защиты информации;
- наличие протокола SRP (Spatial Reuse Protocol) позволяет вести одновременный обмен данными между любыми узлами в сети, то есть существует возможность загрузки различных участков одновременно;
- вся обработка транзитного трафика осуществляется непосредственно на интерфейсном модуле; при этом только трафик, предназначенный для конкретного узла, обрабатывается центральным процессором узлового маршрутизатора, что снижает его загрузку;
- возможность приоритизации трафика и управление очередями в буферной памяти маршрутизатора;
- резервирование каналов связи и оборудования.

Недостатки технологии RPR/DPT:

- невозможность организации «прозрачных» каналов;
- менее развитые возможности приоритизации трафика по сравнению с ATM;
- несовместимость с оборудованием других производителей.

Применение технологии RPR/DPT для построения опорной части сети можно рекомендовать в первую очередь для операторов, предоставляющих услуги по передаче трафика в IP-сетях; при этом передача голосового трафика в данной сети будет возможна только в виде VoIP.

Технология Gigabit Ethernet

Технология Gigabit Ethernet благодаря высокой скорости передачи данных и низкой стоимости получила широкое распространение как магистраль передачи данных. Основные характеристики современного оборудования Gigabit Ethernet:

- наличие оптических интерфейсов, работающих на относительно большие расстояния (свыше 90 км);
- полная совместимость с существующими сетями Ethernet;
- масштабируемость, обеспечение плавного развития сетей, создание транковых магистральных соединений;
- высокая скорость (особенно при использовании технологии 10 Gigabit Ethernet);
- высокая надежность сети, обеспечиваемая резервными и транковыми соединениями;
- простота и высокая эффективность, в силу отсутствия избыточности и сложности, присущей ATM LANE (Local Area Network Emulation)* и SDH при передаче трафика Ethernet;
- поддержка механизмов обеспечения QoS/CoS, таких как дифференциальное обслуживание (diffserv) и MPLS.

Набор услуг, функциональных групп и протоколов, стандартизованных ATM Forum и обеспечивающих эмуляцию ЛВС с использованием ATM как магистрали, организующей связь между оконечными устройствами ЛВС и ATM.

Использование технологий Gigabit Ethernet и 10-Gigabit Ethernet для построения опорной части сети NGN городского масштаба является наиболее экономичным, поскольку позволяет отказаться от специального каналаобразующего оборудования и применять в качестве опорных устройств сети центральные маршрутизирующие коммутаторы, используемые в ЛВС узлов. Это позволяет достичь приемлемой степени отказоустойчивости и обеспечить пропускную способность оптических

каналов связи на уровне нескольких Гбит/с (с учетом полного дуплекса). Восстановление сети в случае отказов отдельных устройств будет осуществляться за счет соответствующих алгоритмов и протоколов маршрутизирующих коммутаторов.

Однако такое решение имеет следующие функциональные особенности, которые необходимо учитывать:

- для подключения сторонних организаций с целью предоставления услуг по транспорту трафика необходимы специальные меры по защите информационных ресурсов ЛВС узлов; при этом потребуются установка соответствующего дополнительного оборудования;
- достаточно сложно проводить дифференцированную политику безопасности для различных участков сети; возможным решением здесь является использование технологии MPLS;
- имеются сложности по организации учета трафика при предоставлении услуг сторонним организациям;
- масштабируемость опорного участка сети имеет значительные ограничения, связанные с работой маршрутизирующих протоколов на коммутаторах опорных узлов и с количеством узлов в опорной части сети; кроме того, в значительной мере возрастет время восстановления сети при отказах;
- передача мультисервисного трафика может осуществляться за счет соответствующих технологий по IP.

Исходя из вышеперечисленных особенностей следует, что такое решение наиболее оправданно для построения опорной части крупной сети NGN одного оператора.

Технологии xWDM

Выбор различных технологий мультиплексирования с разделением по длине волн обоснован в случае необходимости создания универсальной транспортной среды, способной обеспечивать передачу трафика различных существующих магистральных технологий — SDH, ATM, Gigabit Ethernet и других — на большие расстояния с высокой степенью надежности. Как правило, сети xWDM являются логичным развитием сетей SDH/ATM в случае значительного роста трафика.

Главным недостатком технологий xWDM, сдерживающим их развитие, является высокая стоимость оборудования на начальной стадии развертывания системы. В России пока невелика потребность в магистральных xWDM. Это обусловлено наличием в городах большого числа крупных операторов, не готовых на настоящий момент к крупным инвестициям в магистраль xWDM городских сетей.

Технология POS

При передаче трафика IP в сетях ATM/SDH используется не более 80% полезной пропускной способности сети SDH. Для решения этой проблемы используется технология POS (Packet Over SDH), предлагающая отображение данных непосредственно в область полезной нагрузки в каждом кадре SDH (пропускная способность равна в этом случае 149,76 Мбит/с при скорости 155 Мбит/с). Применение данной технологии позволяет существенно упростить сложную сетевую инфраструктуру по сравнению с ATM и тем самым снизить ее стоимость и увеличить эффективную пропускную способность.

В большинстве стран технология POS пока не получила широкого распространения, кроме того оборудование с интерфейсами POS по-прежнему достаточно дорого.

Использование ресурсов ВОЛС

В большинстве российских городов уже построены транспортные сети на основе ВОЛС, ресурсы которых могут быть задействованы для реализации NGN. В некоторых случаях кабель с оптическими волокнами (ОВ) задействован полностью. Это означает, что у оператора нет так называемых «темных волокон» для формирования тех транспортных ресурсов, которые не связаны с трактами STM. На рис.4.5 показан тот подход, которым может воспользоваться оператор для образования новых транспортных средств сети NGN без создания STM-трактов.

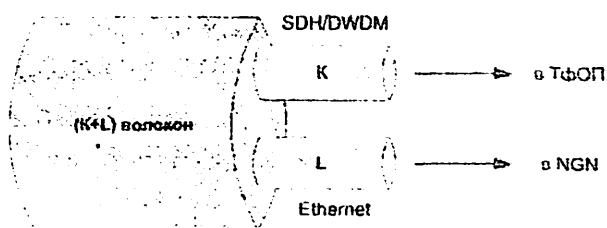


Рис. 4.5. Образование новых транспортных ресурсов для сети NGN

Из общего числа ОВ, равного $K+L$, выделяются два множества волокон. Первое множество, состоящее из K волокон, уплотняется, как и ранее, оборудованием SDH. Для создания необходимого числа трактов STM может использоваться оборудование компактного спектрального уплотнения DWDM. Второе множество, состоящее из L волокон, используется для создания широкополосных IP-трактов для сети NGN, например, на базе технологии Gigabit Ethernet. Такой подход оптимален для создания транспортных ресурсов сети NGN в переходный период.

Предлагаемый подход иллюстрирует эволюционную стратегию создания транспортных сетей NGN. Эта концепция представляется основной для операторов существующих сетей связи. Однако для некоторых операторов может оказаться привлекательным одномоментный переход на новую пакетную сеть NGN. В этом случае оборудование SDH либо демонтируется, либо эксплуатируется далее совместно с коммутаторами ATM. Это

означает, что транспортная инфраструктура сети NGN будет основана на принципе «ATM поверх SDH». Возможны также и другие решения. В частности, новое поколение оборудования SDH (NGSDH) часто содержит порты Ethernet, что позволяет использовать технологию «Ethernet поверх SDH». Такой подход является привлекательным благодаря возможностям оборудования SDH по эффективному управлению транспортной сетью.

Технология PON

Поиск оптимального решения при построении мультисервисной сети для абонентов с различными потребностями, которые непрерывно растут вместе с увеличением числа абонентов, привел к созданию консорциума FSAN (Full Services Access Network group). Инициаторами и участниками FSAN стали крупнейшие операторы связи и производители телекоммуникационного оборудования.

Консорциум FSAN был создан в 1995 г., а в 2001 г. появился альянс EFMA (Ethernet in the First Mile Alliance). Главной задачей деятельности обеих организаций становится развитие новой технологии пассивных оптических сетей (PON, Passive Optical Networking). Ее суть заключается в следующем: между оптическим линейным окончанием (OLT) и оптическим сетевым окончанием (ONT) организуется пассивная оптическая сеть древовидной структуры. В узлах «дерева» размещаются пассивные оптические разветвители (сплиттеры).

FSAN занимается разработкой стандартов для технологий PON, базирующихся на транспорте ячеек ATM. EFMA ведет работы по стандартизации технологии EPON (Ethernet PON). В настоящий момент эта работа становится очень актуальной, поскольку появляется много стандартов скоростей вплоть до 10 Гбит/с. Появился важный стандарт Full Duplex Ethernet IEEE 802.3, который решил проблему непредсказуемых задержек, а также стандарты, решившие задачи организации новых возможностей мультисервисных услуг:

- IEEE 802.1Q — виртуальные сети (VLAN) и приоритизация трафика;
- DiffServ — протокол третьего уровня модели OSMSO, обеспечивающий разделение трафика на несколько крупных групп, для каждой из которых обеспечивается определенный уровень качества QoS;
- MPLS — группа протоколов третьего уровня для быстрой коммутации пакетов, основанная на использовании меток.

На сегодня сети Ethernet получили самое большое распространение. Считается, что 95% эксплуатируемых локальных сетей в мире с общим числом портов более 320 млн используют стандарт Ethernet.

В настоящее время технология Ethernet стала предпочтительной как с точки зрения скорости передачи информации, так и с точки зрения быстроты развития и стандартизации новых интерфейсов. Сети Ethernet просты в обслуживании и управлении, обладают низкими ценами и становятся наиболее распространенной технологией.

В середине 90-х годов считалось, что ATM гарантирует приемлемое качество услуг связи (QoS) между конечными абонентами. По этой причине FSAN выбрал технологию ATM для обеспечения гарантированной доставки мультисервисных услуг по сети PON. В октябре 1998 г. появляется Рекомендация МСЭ-T G.983.1 (PON на основе транспорта ячеек ATM), технология получила название APON. Скорость передачи по сети APOM — до 622 Мбит/с. В марте 2001 г. вышла следующая Рекомендация G.983.3, которая стандартизировала PON с расширенными возможностями, за ней закрепилось название BPON (Broadband PON).

Технология PON была дополнена новыми функциями:

- стала возможна передача голоса, видео, данных; производители добавляют соответствующие интерфейсы в оборудование OLT для подключения к магистральной сети и в оборудование ONT — для подключения на стороне абонента;
- возможно расширение спектрального диапазона;

- возможны дополнительные услуги на других длинах волн в условиях одного дерева, например, широковещательное телевидение на третьей длине волны.

APON/BPON допускает динамическое распределение полосы пропускания DBA (Dynamic Bandwidth Allocation) между различными приложениями и ONT и позволяет предоставлять как широкополосные, так и узкополосные услуги.

APON/BPON поддерживает интерфейсы:

- магистральные — SDH (STM-1), ATM (STM-1/4), Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, видео (SDI PAL);
- абонентские — E1 (G.703), Ethernet 10/100Base-TX, телефонию (FXS).

В конце 2000 г. в IEEE создается Комиссия EFM (Ethernet in the First Mile) для реализации технологии PON, более приспособленной к сетям Ethernet. Комиссия работает в содружестве с альянсом EFMA. EFM занимается техническими вопросами и разработкой стандартов, а EFMA изучает промышленные и коммерческие вопросы использования новой технологии. Цель работы — достигнуть согласия между операторами связи и производителями оборудования. Разрабатывается стандарт IEEE 802.3ah, полностью совместимый со стандартом магистрального пакетного кольца IEEE 802.17.

Для сети доступа предусмотрено три разновидности решения:

- EFMС (EFM Copper) — соединение «точка-точка» с использованием медных кабелей по технологии G.SHDSL;
- EFMF (EFM Fiber) — соединение «точка-точка» с использованием оптоволоконных кабелей; стандартизируются различные варианты: дуплекс по одному волокну на одинаковых и разных длинах волн, дуплекс по паре волокон, применение новых оптических приемопередатчиков;
- EFMР (EFM PON) — соединение «точка-многоточка» с использованием оптоволоконных кабелей. Этот вариант получил название EPON (Ethernet PON).

Главная особенность технологии EPON (по сравнению — с APON/BPON) состоит в том, что внутри дерева EPON передаются кадры Ethernet без фрагментации (разбиения на ячейки или фреймы).

Архитектура EPON направлена на решение задачи организации оптоволоконного канала непосредственно до пользователя (волокно в дом, квартиру, офис). Данная технология максимально оптимизирована для протокола IP и является, по всей видимости, наилучшим решением в случае организации недорогого широкополосного транспорта для доступа в Интернет.

Ранее подчеркивалось такое важное свойство технологии EPON, как отсутствие фрагментации кадра Ethernet. Это ведет к увеличению пропускной способности канала. Сделанные специалистами оценки потерь полосы пропускания при прохождении через сеть АТМ оказались порядка 13%. Скорость в сети EPON составляет около 1,2 Гбит/с. На сегодня цены оборудования АТМ превосходят цены аналогичного оборудования Ethernet почти на порядок.

Если оператор принимает решение строить сеть на базе протокола IP, то технология EPON оптимальна для решения задачи «последней мили».

Конечно, можно передавать Ethernet и при помощи других технологий (например, используя современные медиаконвертеры и коммутаторы Ethernet), но тогда в сети на участке оператор-пользователь появляется активное оборудование и возникают все связанные с этим ограничения. Обеспечение более широкой полосы передачи требует применения более сложных, а, следовательно, и более дорогих устройств.

При переходе к протоколу IP EPON можно считать наиболее прогрессивной на настоящий момент технологией. Можно выделить следующие положительные качества EPON:

- по каналу передаются исходные Ethernet-пакеты;
- обеспечивается простое и недорогое управление;
- существуют определенные преимущества при Ethernet-коммутации, а именно

полная совместимость с протоколом IP, поддержка функций TLS, Broadcast, Multicast, поддержка IGMP, лучше организована поддержка IPTV, особенно при масштабных инсталляциях.

Таким образом, EPON объединяет недорогое оборудование Ethernet и волоконно-оптическую инфраструктуру, что важно в будущем для построения транспортных сетей NGN.

Технологию GPON следует рассматривать как органическое развитие технологии APON/BPON. Стандарт GPON, соответствующий МСЭ-Т Рекомендации G.984.3, был принят в октябре 2003 года, GPON реализует масштабируемую структуру кадров при скоростях до 2,5 Гбит/с. В «дереве» PON можно использовать оборудование с одинаковой и разной скоростью передачи прямого и обратного потоков. GPON базируется на стандарте МСЭ-Т G.704.1 GFP (Generic Framing Protocol, общий протокол кадров), допуская передачу в синхронный транспортный протокол любого типа сервиса, включая и TDM.

К недостаткам GPON следует отнести сложность многоуровневой системы и управления. Это более дорогое решение, чем EPON, при сравнимых скоростях передачи.

Преимущества технологий PON:

- Существенная экономия оптических волокон, а соответственно, и затрат. Например, прокладка 4/8-волоконного оптического кабеля в среднем обходится в 3 тыс. долл. За 1 км, расстояние до здания клиента обычно составляет 1...2 км. При использовании технологии PON длина клиентского кабеля сокращается до 0,5 км.
- Эффективное использование оптических волокон. В здании, где уже есть подключенные клиенты (например, бизнес-центр), при подключении новых абонентов нет необходимости использовать свободные волокна оптического кабеля. Можно установить сплиттер внутри здания и развести волокна в офисы новых абонентов.
- Легкость и быстрота подключения новых абонентов — от нескольких дней

до двух недель вместо 4... 10 недель в случае прокладки оптического кабеля до здания.

- В наши дни многие клиенты при подключении к Интернету уже требуют скорости 100 Мбит/с и выше. Это становится возможным при использовании технологии EPON. Даже клиенты из сектора малого бизнеса выбирают более дорогое решение (оптику), чтобы в будущем не испытывать ограничений в своих возможностях.

PON позволяет снизить затраты при подключении домашних компьютеров к Интернету. В данном случае клиентами «дерева» являются дома. До них прокладывается оптический кабель, а уже в домах используются клиентские терминалы PON. К порту Ethernet терминала PON подключаются коммутаторы Ethernet, а к ним по витым парам — домашние компьютеры.

Стоит отметить, что активное использование технологии PON российскими операторами началось в 2004 году. На российском рынке данное оборудование представлено в основном продукцией компаний Terawave, Fujikura и израильской фирмы OlenCom Electronics.

3. Модель IP-базируемых мультисервисных сетей

Исследование тенденций развития сетей связи показывает, что технология маршрутизации пакетов IP уверенно занимает лидирующую позицию в современном мире телекоммуникаций. Преимущество сетей передачи данных, реализующих технологию маршрутизации пакетов IP, перед телефонными сетями в части рационального использования сетевых ресурсов неоспоримо. Кроме того, протокол IP позволяет передавать с довольно хорошим качеством обслуживания по сетям передачи данных не только данные, но и информацию, критичную к задержкам, такую как речь и видеoinформацию.

Фундамент мультисервисных сетей по протоколу IP составляют три ключевых элемента. Это технология "голос поверх IP" (Voice over IP - VoIP), которая обеспечивает передачу голоса по сетям передачи данных, многоцелевые сети, построенные на основе новой функционально распределенной IP-базированной сетевой архитектуре, и открытые системы - набор международных протоколов и стандартов для взаимодействия.

Основные элементы инфраструктуры МСС по IP

Каждая коммуникационная подсистема МСС по IP может использовать различную технику для обработки своего трафика (голоса, данных или видео), и на каждой стадии этого процесса могут применяться различные коммуникационные стандарты. На границе сети эти потоки должны быть приведены к единому формату - задача, которая, требует значительных вычислительных мощностей. Ее выполняют соответствующие шлюзы (рис. 4.6).

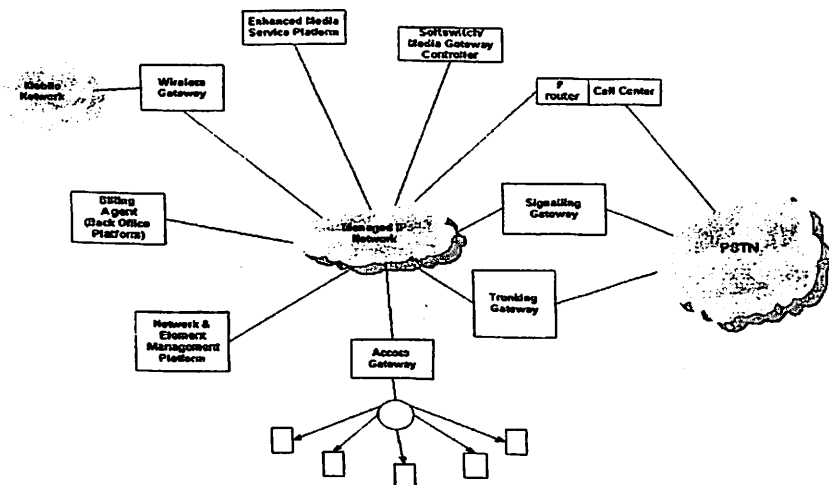


Рис.4.6. Мультисервисная IP-сеть.

Их можно разделить на три основные категории:

- Media Gateways (MG) обеспечивают взаимодействие между IP-сетью и сетевыми сервисами, такими, например, как сервисы телефонных сетей общего пользования (Public Switched Telephone Network - PSTN) и беспроводных сетей;
- Signaling Gateways (SG) транслируют протоколы сигнализации между различными сетями;
- Media Gateway Controllers (MGC) или Softswitchs обеспечивают координацию между шлюзами в соответствии с сигнальной информацией, которую они получают от шлюзов сигнализации.

Подробнее остановимся на типичных функциях, выполняемых каждым из основных элементов, и открытых протоколах, посредством которых они взаимодействуют.

Media Gateway. Это устройство является одним из ключевых элементов в инфраструктуре мультисервисных IP-сетей. В его задачу входит обеспечить взаимодействие сетей разных стандартов. Оно осуществляет преобразование форматов медиа-потокa, таких, как голос и видео, и управляет передачей информации между разными сетями. В общем, шлюз выполняет некоторые или все из следующих функций:

- служит мультисетевым терминатором (например, для цифровых каналов T1/E1, сетей Ethernet и ATM);
- кодирует/декодирует голос в разных стандартах кодирования (G.729A, Pulse Code Modulation, GSM и т. п.);
- подавляет эхо;
- определяет и генерирует тональную частоту.

Все эти функции требуют значительной вычислительной мощности, поэтому такие шлюзы базируются на высокопроизводительных процессорах цифровых сигналов (DSP).

Организациями ETSI и IETF были определены три основных типа шлюзов:

1) Access Gateway - соединяет сетевой интерфейс пользователя, такой, как ISDN или традиционный аналоговый, с мультисервисной сетью (VoIP или VoATM). В типичном случае это будет терминатор для TDM-сети, который передает вызовы MGC для управления ими и принятия решений;

2) Trunking Gateway - служит интерфейсом между телефонными сетями PSTN и IP-сетью (или ATM). Этот шлюз обычно управляет большим числом виртуальных цифровых каналов и однонаправленных TDM-каналов. При этом сигнальная информация передается по отдельному каналу (через шлюз SG);

3) Network Access Server - является специализированной формой шлюза доступа Access Gateway. Он служит терминатором для вызовов от модемов и обеспечивает доступ к IP-сети.

Signaling Gateway. Шлюз отвечает за обработку сигнальной информации от сетей с коммутацией каналов (обычно SS7) и передачу ее шлюзу MGC по управляемой IP-сети. Он также позволяет удаленным устройствам в IP-сети обмениваться сообщениями с телефонной сетью PSTN для установки вызовов.

Media Gateway Controller или Softswitch. Это еще один ключевой элемент в инфраструктуре мультисервисных сетей, который чаще называют Softswitch. Он служит посредником при обработке сигнальной информации между сетями с коммутацией каналов и пакетными сетями, обрабатывает и управляет вызовами от шлюзов MG, осуществляет управление потоками при передаче голоса и данных в мультисервисных сетях. Имя "программный коммутатор" он получил потому, что выполняемые им функции реализованы программно. По сути, это вычислительное устройство с высокой степенью доступности. Но несмотря на присутствие в названии слова "коммутатор", оно в действительности не выполняет никаких коммутирующих функций. К Softswitch перешли многие из задач, ранее выполнявшиеся его предшественником - привратником (Gatekeeper). Управление вызовами в типичном случае включает маршрутизацию вызовов, аутентификацию

пользователя, установление и разрыв соединения и сигнализацию. В качестве посредника Softswitch должен "понимать" со стороны сетей PSTN протоколы управления вызовами, такие, как SS7, V5, GR-303, со стороны же пакетных сетей он реализует протоколы H.323 и SIP (Session Initiation Protocol).

Каждая сигнальная система имеет собственный уникальный набор характеристик, что делает взаимодействие между ними достаточно сложным. Softswitch служит интерфейсом между сетями с разными сигнальными системами, обеспечивая взаимодействие между ними либо прямо, либо с помощью шлюза SG, связь с которым осуществляется посредством протокола SIGTRAN. Softswitch управляет также шлюзами MG, применяя при этом протоколы MGCP H.248 (MEGACO). Приведем краткий обзор основных протоколов, использующихся в IP-ориентированных МСС.

Реализация протокола MPLS в МСС

Определить какой из протоколов, IP или ATM, будет играть главную роль в единых мультисервисных сетях будущего, весьма непросто, но если рассматривать сегодняшние тенденции построения сетей, то несомненным лидером в транспортных технологиях является сравнительно новая технология - MPLS.

MPLS- Multiprotocol Label Switching- технология многопротокольной коммутации IP-пакетов на основании меток, принятая в настоящее время в качестве стандарта IETF.

Технология MPLS, в настоящее время рассматривается ведущими специалистами в области телекоммуникаций, как технология «ближайшего будущего». Обладающая рядом несравненных преимуществ, она станет доминирующим методом коммутации трафика в сетях связи.

Стоимость оборудования MPLS, по сравнению с ATM, приемлемый, а метод коммутации по меткам реализуется весьма удачно. Разработки оборудования ведутся многими ведущими компаниями, например Cisco

Systems, Alcatel, Avaya и др. Таким образом, реализация проекта транспортной сети на базе MPLS не должна вызвать особых затруднений.

В данной технологии каждому пакету, передаваемому в MPLS-сеть, присписывается «метка» — короткий локальный адрес фиксированной длины, который и используется при коммутации. При назначении «метки» учитываются характеристические параметры IP-пакета, включая IP-адреса получателя и источника, класс обслуживания пакета и т.д.

Основными достоинствами метода MPLS являются:

- инвариантность по отношению к протоколам канального уровня (сеть может строиться на базе ATM, Frame Relay, PPP, Ethernet, DPT и др.);
- наилучшая совместимость с технологиями TSP/IP;
- высокая пропускная способность (поскольку коммутация осуществляется, как и положено, на канальном уровне);
- высокая масштабируемость;
- возможность задания и обеспечения класса обслуживания абонентского трафика, что позволяет создавать магистральные сети, ориентированные на передачу трафика, чувствительного к задержкам, то есть голосового и видеотрафика, а это как известно и является приоритетным при выборе технологии для создания и функционирования МСС.

Рассмотрим концепцию построения МСС с использованием протокола MPLS.

Принцип действия MPLS

На входе в сеть MPLS IP-адресу ставится в соответствие короткий идентификатор определенного формата, которым и оперируют маршрутизаторы MPLS, так что им не нужно тратить время на разбор заголовков пакетов, благодаря чему существенно сокращается общее время передачи.

Реализуется передача данных любого вида, MPLS может работать и «поверх» IP, и «поверх» ATM, обеспечивается гарантированное качество обслуживания.

В обычных IP-сетях любой маршрутизатор, находящийся на пути следования пакетов, анализирует заголовок каждого пакета, чтобы определить, к какому потоку этот пакет относится, и выбрать направление для его пересылки к следующему маршрутизатору. При использовании технологии MPLS соответствие между пакетом и потоком устанавливается один раз на входе в сеть MPLS (рис. 4.7). Более точно соответствие устанавливается между пакетом и так называемым "классом эквивалентности пересылки" FEC (Forwarding Equivalence Class). К одному FEC относятся пакеты всех потоков, пути следования которых через сеть MPLS (или через часть этой сети) совпадают в том смысле, что с точки зрения выбора очередного маршрутизатора пакеты этих потоков неразличимы. Пакеты снабжаются метками - идентификаторами небольшой и фиксированной длины, которые определяют принадлежность каждого пакета тому или иному FEC.

Метка имеет локальное значение - она действительна на участке между двумя соседними маршрутизаторами, являясь исходящей меткой определенного FEC для одного из них и входящей - для второго. Второй маршрутизатор, пересылая пакет этого FEC к следующему маршрутизатору, снабжает его другой меткой, которая идентифицирует тот же FEC на следующем участке маршрута, и т. д. Таким образом, каждый FEC имеет свою систему меток.

Использование меток значительно упрощает процедуру пересылки пакетов, так как маршрутизаторы обрабатывают не весь заголовок IP-пакета, а только метку, что занимает значительно меньше времени.

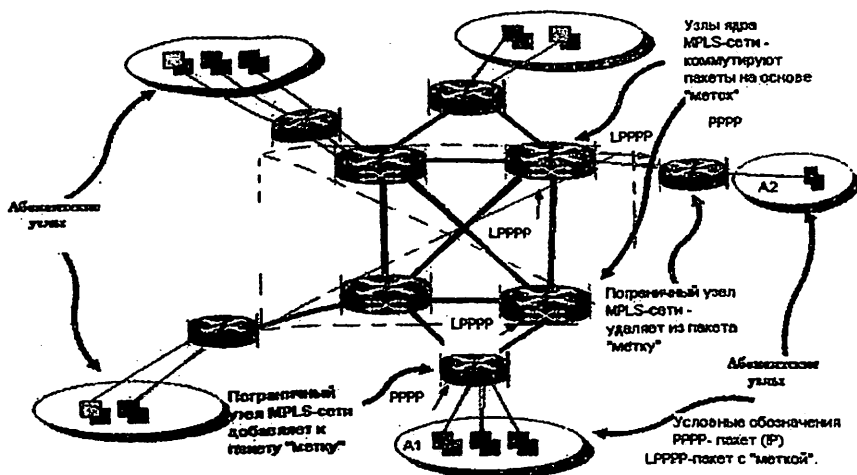


Рис. 4.7. Структура сети MPLS.

Простейшую MPLS-сеть функционально можно разделить на две области — ядро и граничную область. Ядро образуют устройства, минимальным требованием к которым является поддержка MPLS и участие в процессе маршрутизации трафика для того протокола, информация которого коммутируется с помощью MPLS, т.е. транзитные маршрутизаторы MPLS (Label Switching Routers - LSR).

Маршрутизаторы ядра занимаются только коммутацией. Все функции отнесения пакетов к тому или иному FEC, а также реализацию таких дополнительных сервисов, как фильтрация, явная маршрутизация, выравнивание нагрузки и управление трафиком, выполняют граничные LSR или пограничные маршрутизаторы MPLS (Label Edge Routers - LER).

Таким образом, интенсивные вычисления приходятся на граничную область, а высокопроизводительная коммутация выполняется в ядре, что позволяет оптимизировать конфигурацию устройств MPLS в зависимости от их местоположения в сети. По отношению к любому потоку пакетов, проходящему через MPLS-сеть, один LER является входным, а другой - выходным.

Входной LER анализирует заголовок пришедшего извне пакета, устанавливает, какому FEC он принадлежит, снабжает этот пакет меткой, которая присвоена данному FEC, и пересылает пакет к соответствующему LSR. Далее, пройдя в общем случае через несколько LSR, пакет попадает к выходному LER, который удаляет из пакета метку, анализирует заголовок пакета и направляет его к адресату, находящемуся вне MPLS-сети.

Последовательность (LER_{вх}, LSR₁, ..., LSR_n, LER_{вых}) маршрутизаторов, через которые проходят пакеты, принадлежащие одному FEC, образует виртуальный коммутируемый по меткам тракт LSP (Label Switched Path). Так как один и тот же LER для одних потоков является входным, а для других - выходным, в сети, содержащей N LER, в простейшем случае может существовать N(N-1) FEC и, соответственно, N(N-1) LSP. Однако, потоки пакетов из разных FEC, приходящие к одному выходному от разных входных LER, могут в каких-то LSR сливаться в более мощные потоки, каждый из которых образует новый FEC со своей системой меток. Возможно и обратное, т. е. группа потоков может идти до некоторого LSR по общему маршруту и, следовательно, принадлежать одному и тому же FEC, а затем разветвиться, и тогда каждая ветвь будет иметь свой FEC (со своей системой меток). Кроме того, существует возможность образования внутри некоторого LSP одного или нескольких вложенных в него LSP (так называемых LSP-туннелей).

То обстоятельство, что система меток, присваиваемых пакету, может изменяться, приводит к образованию в пакете так называемого "стека меток". При переходе потока пакетов в другой FEC, метка нового FEC помещается поверх метки прежнего и используется для коммутации, а прежняя метка сохраняется под ней, но не используется до тех пор, пока не восстановится прежний FEC. Ясно, что если FEC пакета меняется несколько раз, в стеке накапливается несколько меток.

Все это, с одной стороны, демонстрирует, насколько широки возможности MPLS в части распределения ресурсов сети при ее

проектировании и оперативного их перераспределения при эксплуатации, но, с другой стороны, предъявляет непростые требования к средствам, с помощью которых устанавливается соответствие "FEC-метка" в каждом LER и LSR сети.

Метка, помещаемая в некоторый пакет, представляет FEC, к которому этот пакет относится. Как правило, отнесение пакета к определенному классу производится на основе сетевого адреса получателя. Метка может быть помещена в пакет разными способами - вписываться в специальный заголовок, "вставляемый" либо между заголовками уровня звена данных и сетевого уровня, либо в свободное и доступное поле заголовка какого-то одного из этих двух уровней, если таковое имеется. В любом случае этот специальный заголовок содержит поле, куда записывается значение метки, и несколько служебных полей, среди которых имеется и поле QoS (три бита, т. е. до восьми классов качества обслуживания).

Метки для каждого FEC всегда назначаются "снизу", т. е. либо выходным LER, либо тем LSR, который является для этого FEC "нижним" (расположенным ближе к адресату), и распределяются по тем маршрутизаторам, которые расположены "выше" (ближе к отправителю).

Распределение меток может быть независимым или упорядоченным. В первом случае LSR может уведомить вышестоящий LSR о привязке метки к FEC еще до того, как получит информацию о привязке "метка-FEC" от нижестоящего маршрутизатора. Во втором случае высказать подобное уведомление разрешается только после получения таких сведений "снизу".

Метки могут выдаваться нижним маршрутизатором как по собственной инициативе, так и по запросу верхнего. Наконец, возможен "либеральный" или "консервативный" режим распределения меток. В либеральном режиме нижний LSR раздает метки вышестоящим LSR, как имеющим с ним прямую связь, так и доступным лишь через промежуточные LSR. В консервативном режиме вышестоящий LSR обязан принять метку, если ее выдает смежный LSR, но может отказаться от метки, пришедшей к нему транзитом.

Как уже отмечалось, метка должна быть уникальной лишь для каждой пары смежных LSR. Поэтому одна и та же метка в любом LSR может быть связана с несколькими FEC, если разным FEC принадлежат пакеты, идущие от разных маршрутизаторов, и имеется возможность определить, от которого из них пришел пакет с данной меткой. В связи с этим обстоятельством вероятность того, что пространство меток будет исчерпано, очень мала.

Для распределения меток может использоваться либо специальный протокол LDP (Label Distribution Protocol), либо модифицированная версия одного из существующих протоколов сигнализации (например, протокола RSVP).

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. Вся операция требует лишь однократной 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.

MPLS предусматривает два способа пересылки пакетов. При одном способе каждый маршрутизатор выбирает следующий участок маршрута самостоятельно, а при другом заранее задается цепочка маршрутизаторов, через которые должен пройти пакет. Второй способ основан на том, что маршрутизаторы на пути следования пакета действуют в соответствии с инструкциями, полученными от одного из LSR данного LSP (обычно - от нижнего, что позволяет совместить процедуру "раздачи" этих инструкций с процедурой распределения меток).

Поскольку принадлежность пакетов тому или иному FEC определяется не только IP-адресом, но и другими параметрами, нетрудно организовать

разные LSP для потоков пакетов, предъявляющих разные требования к QoS. 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 QoS, соблюдая предоставленные пользователю гарантии.

Однако для поддержки гарантированного качества обслуживания усилий одного MPLS недостаточно. Необходим симбиоз с механизмами управления трафиком и/или механизмами резервирования ресурсов, например, протоколом RSVP.

Расчет размеров сети

Условие задания. В ходе внедрения услуг дальней связи VoIP приходится выбирать один из нескольких возможных вариантов решения. Выбор будет зависеть от прогнозов рабочей нагрузки и необходимого качества услуг. Нужно определить количества gatekeeper'ов, зон, шлюзов и интерфейсов для связи с ТФОП и WAN, необходимых для сети.

Предположим, что Интернет-провайдер хочет спроектировать сеть, обладающую следующими свойствами:

- 20 местных точек присутствия со 120 голосовыми портами в каждой;
- для соединений используются каналы E1;
- абонентами являются и физические, и юридические лица;
- поддерживается только голосовая телефонная связь (без факса).

Также, предполагается, что средняя продолжительность разговора составит три минуты, что характерно и типично для делового общения. Во-вторых, предполагается, что в часы пиковой нагрузки голосовые порты будут использоваться на 100 процентов (наихудший из возможных вариантов).

Пример решения. Количество вызовов в час на каждый голосовой порт определяется с помощью следующего уравнения, где ВНСА - количество

попыток установления связи в час наибольшей нагрузки (ЧНН):

3600 секунд вызовов в час / 180 секунд средней продолжительности

разговора = 20 ВНСА

20 ВНСА / 3600 секунд = 0,00556 вызовов в секунду (в/с).

Предположим, что gatekeeper может обрабатывать до тысячи голосовых портов, что составляет 10 в/с. Найти количество портов, которое может поддерживать отдельный gatekeeper, исходя из максимального значения в/с, можно с помощью следующего уравнения:

$$10 \text{ (в/с)} / 0.00556 \text{ в/с} = 1800 \text{ портов}$$

Нижний предел устанавливается на уровне 1000 голосовых портов, чтобы обеспечить будущее расширение сети и внедрение дополнительных приложений.

Поскольку планируется развертывание 20 местных точек присутствия по 120 голосовых портов в каждой (итого 2400), в сети должно быть две зоны gatekeeper'ов. Каждая зона будет состоять из десяти точек присутствия 1200 голосовых портов. В каждой зоне рекомендуется устанавливать по одному резервному привратнику.

Пусть в данном примере в сценарии со стандартом E1 используется шлюз, который поддерживает до 120 голосовых портов и в каждой точке присутствия будет установлено по одному такому устройству.

На каждый голосовой порт приходится один канал, а на E1 - 30 каналов. Таким образом, в каждой точке присутствия необходимо иметь четыре транка E1 для связи с ТФОП.

Предположим, что Интернет-провайдер планирует использовать G.729 CODEC (8 кбит/с) с компрессией заголовков и передавать через шлюз по 50 пакетов в секунду (п/с) из расчета 20 байтного содержимого пакета. С помощью приведенного ниже уравнения можно рассчитать полосу пропускания, необходимую для каждого вызова. Каждый пакет имеет

заголовок длиной в 40 байт. Этот заголовок включает заголовки протоколов IP, UDP и RTP. В случае использования компрессии CRTP заголовок составляет максимум 4 байта.

"Полезная нагрузка" голосового пакета:

20 мсек звучания голоса * 8 кбит/с для G.729 CODEC / 8 бит/байт = 20 байт

Примечание: для определения "полезной нагрузки" пакета G.711 CODEC используем величину 64 кбит/с и в результате получим 160 байт.

Общий размер голосового пакета:

20 байт полезной нагрузки + 40 байт заголовка IP/UDP/RTP + 6 байт заголовка Уровня 2 = 66 байт

С учетом CRTP компрессии заголовка:

20 байт полезной нагрузки + 4 байта заголовка CRTP + 6 байт заголовка Уровня 2 = 30 байт

Примечание: размер заголовка Уровня 2 может быть разным и зависит от используемого протокола WAN.

Полоса пропускания для одного вызова:

66 байт голосового пакета * 8 бит/байт * 50 pps = 26,4 кбит/с (без компрессии)

30 байт голосового пакета * 8 бит/байт * 50 п/с = 12 кбит/с (с CRTP компрессией)

Поскольку в каждой точке присутствия имеется 120 голосовых портов, а средства подавления пауз сжимают обычный голосовой вызов примерно на 50 процентов (по самым консервативным оценкам -30%), необходимую полосу пропускания WAN для каждой точки присутствия можно рассчитать следующим образом:

$$12 \text{ кбит/с} * (120 \text{ голосовых портов}) * 0.7(\text{VAD}) = 1,008 \text{ мбит/с}$$

Итак, для данной сети мы можем сделать следующие рекомендации:

- Количество зон gatekeeper'ов: 2
- Количество gatekeeper'ов: 2

- Количество резервных gatekeeper'ов (опция): 2
- Количество голосовых портов на одну зону gatekeeper'a: 1200
- Количество шлюзов: 2*20 точек присутствия = 40
- Количество интерфейсов E1 ТФОП: 4*20 точек присутствия = 80
- Полоса пропускания WAN для каждой точки присутствия: 1,008

Мбит/с

Разумеется, каждая ситуация является по-своему уникальной. Результаты могут быть другими, если Интернет-провайдер захочет воспользоваться другими средствами кодирования/декодирования (CODEC), если изменится средняя продолжительность вызова, если сеть будет поддерживать передачу факсимильных сообщений (для которых характерна более короткая продолжительность вызова при одновременном отсутствии подавления пауз) или если не будут использоваться средства сжатия заголовков (с 40 до 2-4 байт). Кроме того, на конечный результат может повлиять тип используемого приложения. Так, например, передача музыки вызывающему абоненту, который ждет ответа оператора, не позволяет использовать средства подавления пауз.

Контрольные вопросы

1. Приведите примеры использования транспортных технологий в сети следующего поколения.
2. Перечислите достоинства и недостатки МСС на базе АТМ.
3. Чем обусловлена тенденция функционирования МСС по IP?
4. Для чего предназначено устройство Media Gateway?
5. Опишите функции всех составляющих устройств в IP-базированной МСС.
6. Назовите существующие подходы и рекомендации при построении IP-базированных МСС.

Тема 5

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ РАБОЧЕЙ НАГРУЗКИ ТРАНСПОРТНОГО ДОМЕНА NGN

1. Транспортный домен NGN

Общая инфраструктура NGN, используемая для предоставления различных услуг, реализуется на транспортном уровне, основанном на пакетной технологии. Обмен информацией между источником и пунктом назначения осуществляется по одному и тому же принципу вне зависимости от вида соединения (телефонный вызов, сеанс работы в Интернет, передача видео, сетевая игра с несколькими игроками или трансляция фильма). Определение производительности транспортного уровня сети следующего поколения достаточно затруднено на практике. Важные показатели производительности, такие как время ожидания ответа от транспортного домена или число запросов, обрабатываемых каким-либо доменом за единицу времени, зависят от взаимодействия многочисленных факторов, например, компонентов самого транспортного уровня. Время ожидания, в свою очередь, влияет на реакцию транспортного домена, например, последний может отменить запрос при задержке ответа от другого домена. Для определения производительности транспортного уровня необходимо отделить предложенную нагрузку от свойств самого уровня. *Рабочая нагрузка* определяется набором всех входных данных, полученных транспортным уровнем за определенный период времени. Количественные модели, описывающие основные характеристики рабочей нагрузки, могут использовать ряд методов определения производительности, включая выполнение тестов и моделирование.

Построение модели нагрузки требует понимания техники статистического анализа измеренных данных и представления ключевых свойств трафика транспортного уровня. Распределения вероятностей

обеспечивают эффективный способ описания результатов измерений в сжатом виде.

Модель рабочей нагрузки состоит из набора параметров, определяющих ключевые особенности нагрузки, на которые влияют расположение транспортных доменов и производительность транспортного уровня в целом. В этом разделе будут рассмотрены побудительные мотивы для описания и определения параметров модели рабочей нагрузки транспортного уровня.

Модель нагрузки может использоваться в различных задачах оценки производительности, например: выявление проблем с производительностью, узлы для тестирования производительности, планирование производительности.

Для того чтобы убедиться, что модель нагрузки отражает реальную нагрузку, параметры модели должны иметь определенные свойства: независимость от транспортного уровня, надлежащий уровень детализации, независимость от других параметров.

Модели нагрузки меняются во времени вместе с развитием транспортного уровня.

Описание рабочей нагрузки включает связывание каждого параметра модели рабочей нагрузки с количественными значениями, полученными на основе анализа результатов измерений. Хотя использование простых статистик, например, среднего, медианы и дисперсии достаточно для некоторых параметров нагрузки, однако распределения вероятностей обеспечивают общий способ выяснить, как изменяются параметры в некотором диапазоне значений.

Статистики, такие как среднее, медиана и дисперсия, описывают основные свойства многих параметров нагрузки.

Ожидание (случайной переменной или распределения вероятностей); *ожидаемое значение, среднее значение* (ISO 3435-1) – для дискретной случайной переменной X , принимающей значения x_i с вероятностью P_i ,

ожидаемое значение, если оно существует, составляет $\mu = E(X) = \sum_{i=1}^n p_i \cdot x_i$,

причем суммирование происходит по всем значениям x_i , которые может принимать переменная X .

На практике среднее значение не охватывает всех характеристик изменчивости большинства параметров нагрузки. Фактически, когда параметр изменяется в широких пределах, среднее значение является очень обманчивой статистикой, так как может быть искажено достаточно малым количеством больших значений.

Альтернативной статистикой является медиана – размер «серединного» ресурса. Однако медиана не указывает на возможность того, что некоторый показатель может принимать очень большое значение. Вычисление среднего и медианы улучшает картину. Факт того, что медиана много меньше среднего, говорит о наличии относительно малого числа больших значений.

Кроме среднего и медианы имеются и другие статистики, такие как дисперсия и среднее квадратичное отклонение (стандартное отклонение), определяющие, насколько сильно параметр отклоняется от своего среднего значения.

Дисперсия (случайной переменной или распределения вероятностей) (ISO 3435-1) – ожидаемое значение квадрата центрированной случайной переменной: $\sigma^2 = D(X) = D\{[X - D(X)]^2\}$.

Стандартное отклонение (случайной переменной или распределения вероятностей) (ISO 3435-1) – положительный квадратный корень из дисперсии: $\sigma = \sqrt{D(X)}$.

Небольшие значения этих статистик говорят о том, что параметр остается близким к среднему значению, в то время как большие значения свидетельствуют о том, что параметр может принимать значения, существенно отличающиеся от среднего. Однако подобно среднему и

медиане, дисперсия и среднее квадратичное отклонение дают только обобщенную характеристику параметра.

Распределение вероятности определяет, как параметр меняется в широком диапазоне значений.

Работа с распределением, построенным непосредственно по результатам измерений, может быть затруднена. Представление распределения в виде математического выражения упрощает описание параметров рабочей нагрузки в виде аналитической модели.

Для описания рабочей нагрузки широко используются распределения вероятностей, например, нормальное распределение, распределение Пуассона, распределение Парето, экспоненциальное распределение и логарифмически нормальное распределение. Каждое из распределений может быть представлено относительно простой функцией, зависящей от одной или нескольких переменных.

При связывании опытного распределения вероятности с теоретическим распределением требуется проверить гипотезу, что теоретическое распределение не противоречит опытным данным. Проверка гипотезы состоит из двух основных шагов. Сначала определяются параметры теоретического закона распределения. Далее вычисляется значение критерия согласия для сравнения теоретического и экспериментального распределений. Если совпадение не удовлетворительно, то можно рассмотреть другое теоретическое распределение. В некоторых случаях вообще затруднительно подобрать теоретическое распределение, соответствующее измеренным данным. Тогда можно попробовать представить различные части экспериментального распределения с помощью различных теоретических распределений.

Гибридная модель, объединяющая несколько распределений, обеспечивает лучшее соответствие результатам измерений.

Предположим, что транспортный уровень работает исключительно с пакетами данных, то есть представляет собой пакетную сеть.

Число транспортных доменов пакетной сети и ее топология определяются исходя из существующей топологии сети доступа, показателей производительности предполагаемого к использованию оборудования, требований по обеспечению надежности и живучести пакетной сети. В любом случае решение подобных вопросов является задачей конкретного проектирования. Далее будет определяться требуемая суммарная производительность оборудования транспортного уровня пакетной сети вне зависимости от используемой топологии.

Предположим также, что рабочая нагрузка представляет собой трафик IP-телефонии и сообщения протоколов SIP/H.323, обслуживающих вызовы.

Для передачи информации будем использовать протокольные блоки данных, известные как кадры Ethernet. Размер кадра представляет собой изменяемый параметр. Минимальная длина кадра составляет 64 байта, максимальная равна 1518 байтам. Измерения будем проводить для следующих размеров кадра: 64, 128, 256, 512, 1024, 1280 и 1518 байтов. Каждое измерение проводится отдельно для каждого указанного размера кадра.

В случае если терминалы SIP и H.323 используются для предоставления услуг мультимедиа, доля увеличения транспортного ресурса должна определяться исходя из параметров трафика таких услуг.

Введем следующие обозначения:

L_{frame} – длина кадра Ethernet/IEEE 802.3 (уровня передачи данных), используемого при передаче рабочей нагрузки (как пользовательской, так и сигнальной) внутри пакетной сети;

L_{IP} – средняя длина пакета IP (сетевого уровня), используемого при передаче рабочей нагрузки (как пользовательской, так и сигнальной) внутри пакетной сети (примем значение L_{IP} равным сумме размера заголовка (обязательная часть) пакета IP и полезной нагрузке (считая, что любой пакет

IP разбивается на пять кадров уровня передачи данных), или $20 + 5 \cdot (L_{frame} - 24)$);

M_{GW} – доля потока пользовательской нагрузки, замыкающейся на уровне шлюза доступа (примем значение M_{GW} равным 0,2);

$(1 - M_{GW})$ – доля потока пользовательской нагрузки, поступающей в пакетную сеть;

V_{SX} – минимальный полезный транспортный ресурс, в бит/с, которым транспортный домен (SX) должен подключаться к пакетной сети, для обслуживания вызовов;

L_{SH} – средняя длина сообщения протоколов SIP/H.323 (примем значение L_{SH} равным полезной нагрузке пакета IP, или $L_{IP} - 20$);

N_{SH} – среднее количество сообщений протоколов SIP/H.323 при обслуживании вызова;

P_{SH} – удельная интенсивность вызовов от пользователей, использующих терминалы SIP и H.323 (примем значение P_{SH} равным 5 вызовам в час наибольшей нагрузки);

k_{sig} – коэффициент использования транспортного ресурса при передаче сигнальной нагрузки (примем значение k_{sig} равным 5, что соответствует нагрузке в 0,2 Эрл;

V_{GW} – общий транспортный ресурс, который должен быть выделен для передачи в пакетной сети трафика, поступающего на шлюз, при условии использования кодека G.711 и коэффициента использования ресурса k равного 1,25 при общей нагрузке Y_{GW} равной 100:

$$V_{GW} = k \cdot V_{G.711} \cdot Y_{GW} = 1.25 \cdot 84.8 \cdot 100 = 10.62 \text{ Mbit/s}$$

В пакетную сеть поступает доля пользовательской нагрузки от шлюзов доступа и информация сигнализации в направлении программного гибкого коммутатора.

Тогда

$$P_{SW} = \frac{1}{L_{IP}} \cdot ((1 - M_{GW}) \cdot V_{GW} + V_{SX}), \text{ packets / s}$$

где P_{SW} – минимальная производительность оборудования транспортных доменов пакетной сети.

$$V_{SX} = k_{sg} \cdot (L_{SH} \cdot N_{SH} \cdot P_{SH} \cdot N_{SH}) \cdot \frac{1}{450}, \text{ bit / s}$$

На рисунке 5.1. приведены результаты расчетов для минимальной производительности.

```
figure  
plot(L_IP, P_SW, 'b*-');  
xlabel('Средняя длина пакета IP, bytes');  
ylabel('Производительность, packets/s');  
grid on
```

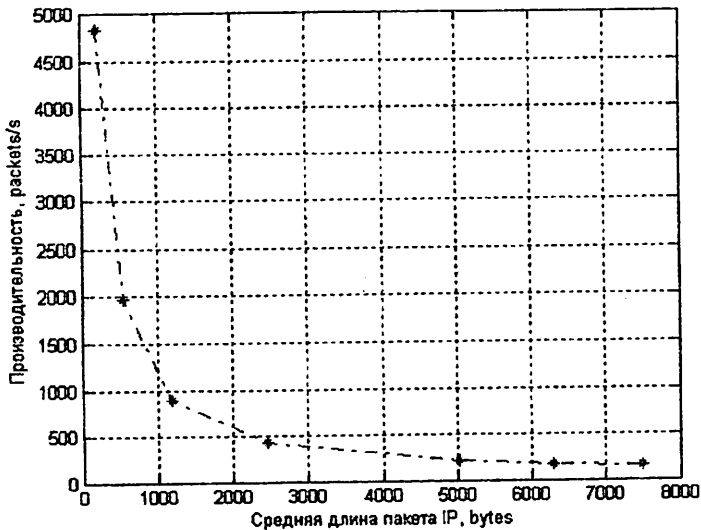


Рис. 5.1. Минимальная производительность транспортных доменов

Если на уровне шлюзов доступа осуществляется замыкание пользовательской нагрузки, то такой шлюз должен иметь собственный транспортный домен, производительность которого может быть оценена по формуле (результаты приведены на рисунке 4):

$$P_{GW} = \frac{M_{GW} \cdot V_{GW}}{L_{IP}}, \text{ packets / s}$$

```
figure
plot(L_IP, P_GW, 'm*-');
xlabel('Средняя длина пакета IP, bytes');
ylabel('Производительность, packets/s');
grid on
```

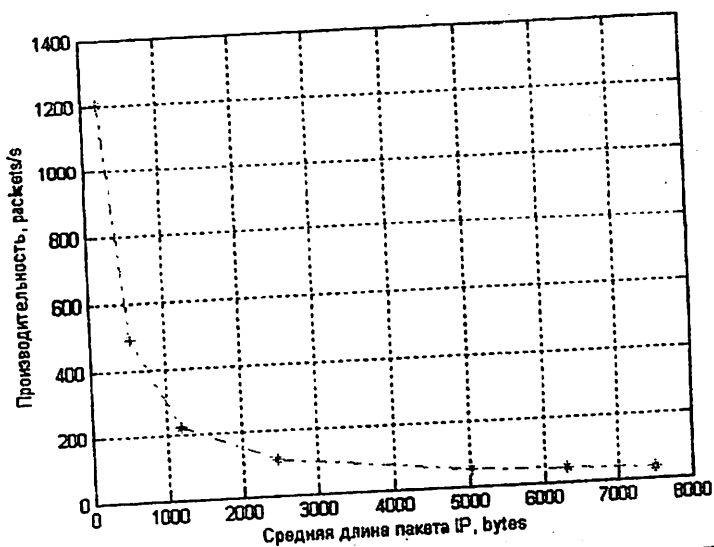


Рис. 5.2. Минимальная производительность транспортных доменов на уровне шлюзов доступа

Емкостные параметры транспортных доменов пакетной сети определяются исходя из топологии пакетной сети, типов интерфейсов подключения шлюзов и программного гибкого коммутатора. Определение емкостных показателей является задачей рабочего проектирования конкретного объекта.

Механизм обеспечения качества обслуживания при передаче потоков пользовательской нагрузки и потоков сигнальной информации определяется исходя из применяемой технологии стека технологий пакетной транспортной сети. Точки размещения оборудования структуры транспортного домена определяются исходя из критерия критичности длины абонентской линии, топологии сети доступа, технологических возможностей оборудования, наличия помещений для размещения. Задача размещения решается при рабочем проектировании конкретного объекта.

Схема организации связи отражает организацию транспортной сети и сигнальной сети при построении сетевой инфраструктуры. Основные показатели схемы определяются по результатам расчета оборудования.

Генерируем псевдослучайные равномерно распределенные числа на интервале $[0;1]$.

```

r = rand(1,100)
r = 0.9501  0.2311  0.6068  0.4860  0.8913  0.7621  0.4565  0.0185
0.8214
   0.4447  0.6154  0.7919  0.9218  0.7382  0.1763  0.4057  0.9355
0.9169
   0.4103  0.8936  0.0579  0.3529  0.8132  0.0099  0.1389  0.2028
0.1987
   0.6038  0.2722  0.1988  0.0153  0.7468  0.4451  0.9318  0.4660
0.4186
   0.8462  0.5252  0.2026  0.6721  0.8381  0.0196  0.6813  0.3795
0.8318
   0.5028  0.7095  0.4289  0.3046  0.1897  0.1934  0.6822  0.3028
0.5417
   0.1509  0.6979  0.3784  0.8600  0.8537  0.5936  0.4966  0.8998
0.8216
   0.6449  0.8180  0.6602  0.3420  0.2897  0.3412  0.5341  0.7271
0.3093
   0.8385  0.5681  0.3704  0.7027  0.5466  0.4449  0.6946  0.6213
0.7948
   0.9568  0.5226  0.8801  0.1730  0.9797  0.2714  0.2523  0.8757
0.7373
   0.1365  0.0118  0.8939  0.1991  0.2987  0.6614  0.2844  0.4692
0.0648
   0.9883

```


Получили квадратную матрицу десятого порядка, элементами которой являются случайные числа на интервале $[0;1]$.

Найдем длины промежутков времени между последовательными вызовами:

$$Z_i = -\frac{1}{\lambda} \cdot \ln(r_i)$$

Z =

0.0070	0.2015	0.0687	0.0993	0.0158	0.0374	0.1079	0.5488	0.0271
0.1115	0.0668	0.0321	0.0112	0.0418	0.2388	0.1241	0.0092	0.0119
0.1226	0.0155	0.3919	0.1433	0.0284	0.6354	0.2715	0.2195	0.2223
0.0694	0.1790	0.2222	0.5752	0.0402	0.1113	0.0097	0.1050	0.1198
0.0230	0.0886	0.2196	0.0546	0.0243	0.5406	0.0528	0.1333	0.0253
0.0946	0.0472	0.1164	0.1635	0.2287	0.2260	0.0526	0.1643	0.0843
0.2602	0.0495	0.1337	0.0207	0.0218	0.0717	0.0963	0.0145	0.0270
0.0603	0.0276	0.0571	0.1476	0.1704	0.1479	0.0863	0.0438	0.1614
0.0242	0.0778	0.1366	0.0485	0.0831	0.1114	0.0501	0.0655	0.0316
0.0061	0.0893	0.0176	0.2414	0.0028	0.1794	0.1894	0.0183	0.0419
0.2739	0.6112	0.0154	0.2220	0.1662	0.0569	0.1729	0.1041	0.3764
0.0016								

На интервале $[T_1; T_2]$ получим последовательность t_k моментов поступления вызовов до тех пор пока $t_k \leq T_2$:

$$t_k = T_1 + \sum_{i=1}^k Z_i$$

```
none = 0;
for k = 1:length(Z)
    none = none + Z(1, k);
    for n = 1:k
        end
    t(1, n) = T1 + none;
end
```

t =

2.0070	2.2085	2.2772	2.3765	2.3923	2.4297	2.5375	3.0863	3.1134
3.2249	3.2916	3.3237	3.3349	3.3767	3.6154	3.7395	3.7487	3.7606
3.8832	3.8987	4.2906	4.4338	4.4623	5.0977	5.3692	5.5887	5.8110
5.8804	6.0593	6.2815	6.8567	6.8969	7.0082	7.0179	7.1230	7.2427
7.2657	7.3543	7.5739	7.6285	7.6528	8.1934	8.2462	8.3795	8.4048
8.4994	8.5466	8.6631	8.8266	9.0553	9.2812	9.3338	9.4982	9.5825
9.8427	9.8921	10.0258	10.0466	10.0683	10.1401	10.2364	10.2509	

10.2779	10.3383	10.3659	10.4230	10.5706	10.7410	10.8889	10.9752
11.0190	11.1804	11.2047	11.2824	11.4191	11.4676	11.5507	11.6621
11.7122	11.7777	11.8093	11.8153	11.9046	11.9222	12.1635	12.1663
12.3457	12.5351	12.5534	12.5953	12.8692	13.4804	13.4958	13.7178
13.8840	13.9408	14.1138	14.2179	14.5943	14.5959		

Теперь на интервале $[T_1; T_2]$ получим последовательность T времени обслуживания вызовов

```
for k = 1:length(t) - 1
    T(1, k) = t(1, k + 1) - t(1, k);
end
T(1, k + 1) = T2 - t(1, k + 1);
```

$T =$

0.2015	0.0687	0.0993	0.0158	0.0374	0.1079	0.5488	0.0271	0.1115
0.0668	0.0321	0.0112	0.0418	0.2388	0.1241	0.0092	0.0119	0.1226
0.0155	0.3919	0.1433	0.0284	0.6354	0.2715	0.2195	0.2223	0.0694
0.1790	0.2222	0.5752	0.0402	0.1113	0.0097	0.1050	0.1198	0.0230
0.0886	0.2196	0.0546	0.0243	0.5406	0.0528	0.1333	0.0253	0.0946
0.0472	0.1164	0.1635	0.2287	0.2260	0.0526	0.1643	0.0843	0.2602
0.0495	0.1337	0.0207	0.0218	0.0717	0.0963	0.0145	0.0270	0.0603
0.0276	0.0571	0.1476	0.1704	0.1479	0.0863	0.0438	0.1614	0.0242
0.0778	0.1366	0.0485	0.0831	0.1114	0.0501	0.0655	0.0316	0.0061
0.0893	0.0176	0.2414	0.0028	0.1794	0.1894	0.0183	0.0419	0.2739
0.6112	0.0154	0.2220	0.1662	0.0569	0.1729	0.1041	0.3764	0.0016
0.4041								

Тогда коэффициент загрузки транспортного уровня (рис.5):

$$\rho = \lambda \cdot T$$

$\rho =$

1.4647	0.4995	0.7216	0.1151	0.2717	0.7842	3.9898	0.1967	0.8103
0.4854	0.2333	0.0814	0.3035	1.7358	0.9021	0.0667	0.0868	0.8909
0.1124	2.8492	1.0417	0.2068	4.6191	1.9741	1.5957	1.6158	0.5045
1.3013	1.6154	4.1816	0.2920	0.8095	0.0706	0.7636	0.8707	0.1670
0.6441	1.5963	0.3973	0.1766	3.9302	0.3838	0.9690	0.1842	0.6875
0.3432	0.8465	1.1887	1.6626	1.6428	0.3824	1.1948	0.6131	1.8913
0.3597	0.9719	0.1508	0.1582	0.5216	0.7001	0.1056	0.1965	0.4386
0.2009	0.4152	1.0730	1.2388	1.0753	0.6272	0.3187	1.1735	0.1761
0.5655	0.9931	0.3528	0.6041	0.8100	0.3645	0.4759	0.2296	0.0441
0.6490	0.1277	1.7547	0.0205	1.3040	1.3770	0.1327	0.3048	1.9913
4.4433	0.1122	1.6138	1.2082	0.4133	1.2573	0.7567	2.7367	0.0117
2.9377								

```

figure
plot(T, ro, 'b. ');
xlabel('Коэффициент загрузки транспортного уровня');
ylabel('Время обслуживания вызовов, s');
grid on

```

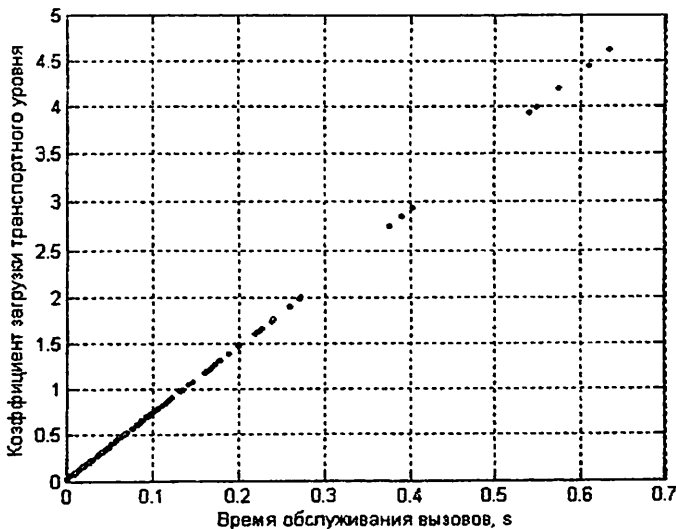


Рис.5.3. Коэффициент загрузки транспортного уровня

Применение моделей рабочей нагрузки

Рассмотрение характеристик рабочей нагрузки необходимо при создании модели рабочей нагрузки для оценки как самого транспортного уровня, так и доменов транспортного уровня. Создание трафика рабочей нагрузки с помощью модели включает создание потока пользовательской нагрузки, а также сигнальной информации, и использование этого потока в работе доменов транспортного уровня.

Создание синтезированного трафика включает в себя генерацию последовательностей псевдослучайных чисел с распределениями вероятностей каждого из параметров. Начала пользовательских запросов представляют собой Пуассоновский случайный процесс с некоторым

средним значением интервала между началами сеансов. Каждый новый запрос начинается через некоторое время после начала предыдущего. Временной интервал между началами запросов может быть получен с помощью случайного числа на отрезке от 0 до 1, соответствующего экспоненциальному распределению.

Создать синтезированный трафик, который точно воспроизводит бы реальную нагрузку, чрезвычайно трудно, особенно с таким большим количеством взаимовлияющих факторов. Синтезированная рабочая нагрузка не обязательно должна учитывать все основные особенности трафика транспортного уровня. Использование модели нагрузки для оценки производительности основано на предположении, что реально система будет давать такую же или похожую производительность. В результате проверка достоверности синтезированной нагрузки является важным шагом в создании и использовании модели рабочей нагрузки. Проверку достоверности часто путают с верификацией. Верификация включает проверку того, что синтезированный трафик имеет те же статистические свойства, которые заложены в модель. Проверка достоверности требует демонстрации того, что производительность системы подвергнутой синтезированной нагрузке, соответствует производительности той же самой системы при реальной нагрузке в соответствии с заранее определенными показателями производительности.

Необходимость проверки достоверности модели возникает в большом числе случаев. Когда производительность системы оценивается с помощью синтезированной модели нагрузки или абстрактной модели системы, то достоверность результатов находится под сомнением. Однако модели редко подвергаются строгой проверке на достоверность. Такая проверка может быть трудной, длительной или просто невозможной.

Обычно модель рабочей нагрузки конструируется для строго определенных целей. Может оказаться неподходящим использование одной и той же модели нагрузки для получения других показателей

производительности. Идеальным было бы исследование каждого из основных показателей производительности с помощью реальной нагрузки. Тот же самый домен транспортного уровня может быть оценен и с помощью синтезированной нагрузки, что облегчает прямое сравнение результатов измерений.

Модель синтезированной нагрузки используется также для тестирования доменов транспортного уровня в различных ситуациях, которые могут случиться на практике. В этом случае сравнение с реальной нагрузкой может оказаться невозможным. Некоторые методики могут увеличить вероятность того, что синтетическая модель отражает реальные ситуации. Анализ реального трафика транспортного уровня может помочь проверить заложенные в модель предположения. Кроме того, очень важно исследование чувствительности производительности системы к малым изменениям модели рабочей нагрузки. Если слабые изменения входных параметров оказывают существенное влияние на производительность системы, то это означает, что небольшие неточности в моделировании реальной рабочей нагрузки скомпрометируют используемую синтезированную модель.

Создание синтезированного трафика обеспечивает благоприятную возможность оценить возможности доменов транспортного уровня контролируемым способом. Накопление статистики производительности является решающей частью этого процесса.

Свойства сети также оказывают существенное влияние на производительность доменов транспортного уровня. Реальная оценка производительности должна учитывать все влияющие факторы. Повторные передачи утерянных пакетов, увеличивают объем данных, передаваемых в сети. Таким образом, производительность зависит от соотношений между пользовательским поведением, характеристиками ресурсов, загрузкой домена транспортного уровня и динамикой сети.

Варианты для выполнения практической работы:

Задание: Определите производительность транспортного домена в случае использования протоколов NGN в соответствии с номером варианта.

Номер варианта	Протоколы NGN
1	SIP и MPLS
2	SIGTRAN и VoIP
3	H.323 и MPLS
4	SIP и VoIP
5	SIGTRAN и MPLS
6	SCTP и MPLS
7	RSVP и VoIP
8	OKC7 и VoIP
9	H.323. и VoIP
10	H.248/MEGACO и MPLS

Контрольные вопросы.

1. Дайте понятие сети следующего поколения (NGN).
2. Перечислите требования, которым должна удовлетворять мультисервисная сеть
3. Основная задача сетей следующего поколения
4. Какие функции и протоколы, используются на разных уровнях иерархии NGN?
5. Каковы функции Softswitch?
6. Основные требования к сетям связи следующего поколения
7. От чего зависит производительность сети
8. Какими параметрами определяется модель рабочей нагрузки
9. Определение минимальной производительности транспортных доменов.
10. Как определить коэффициент загрузки транспортного уровня?

Тема 6

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СЕТЕЙ ДОСТУПА

1. Сети доступа в NGN

С конца XX века на сетях доступа применяются различные проводные (кабельные и волоконно-оптические) и беспроводные технологии. Историю развития сети доступа можно проиллюстрировать с помощью рис.6.1. В последнее время почти одновременно появилось множество решений, среди которых на рисунке выделены только три крупных направления:

- xDSL (Digital Subscriber Line) — совокупность технологий цифровых абонентских линий, позволяющих организовать цифровой тракт по физическим цепям;
- FTTx (Fiber To The x) — ряд решений, подразумевающих доведение кабеля с оптическими волокнами до некоторой точки «х», после которой информация передается с использованием другой среды распространения сигналов;
- BWA (Broadband Wireless Access) — широкополосные беспроводные средства доступа, ориентированные на подключение терминалов без использования кабелей связи.

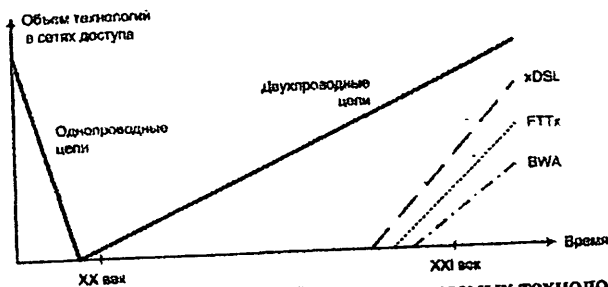


Рис. 6.1. Исторические изменения объема применяемых технологий в сетях доступа

Двухпроводные физические цепи надолго были практически единственным средством построения сетей доступа. Однако хорошо известно, что такой способ построения сети доступа экономически неэффективен, но приемлемого решения никто не мог долго найти.

Можно выделить две группы причин сложившейся ситуации. Во-первых, высокие цены на оборудование передачи и коммутации не позволяли эффективно строить сети доступа за счет установки выносных концентраторов. Во-вторых, услуги, востребованные абонентами, могли предоставляться за счет пропускной способности канала тональной частоты (0,3 ... 3,4 кГц), который был специфицирован для ТфОП. Эти услуги не всегда имели отношение к трафику речи. Сеть доступа использовалась для телеграфной связи, передачи данных с низкой и средней скоростями, а также для охранной сигнализации.

За два последних десятилетия XX века существенно снизились цены на цифровые системы передачи. Были разработаны цифровые системы коммутации, содержащие в составе комплекса аппаратно-программных средств выносные концентраторы. В результате появилась возможность снизить затраты на построение сети доступа даже при неизменном перечне услуг, предлагаемых абонентам ТфОП. Затем начал формироваться платежеспособный спрос на услуги, поддержка которых потребовала существенного расширения полосы пропускания сети доступа. Эти услуги в конечном счете можно отнести к функциональным возможностям услуг Triple Play, которые подразумевают возможность обмена информацией в трех видах: речь, данные и видео. Успехи телекоммуникационных технологий позволили разработать ряд новых вариантов модернизации сетей доступа. В некоторых случаях полностью или частично использовались эксплуатируемые многопарные кабели с медными жилами. Другие решения опирались на иные среды распространения сигналов.

Выбор оптимального решения для модернизации сети доступа зависит от многих факторов. В первую очередь следует уяснить те требования

инфокоммуникационной системы, которые предъявляются к перспективным сетям доступа.

Для сети доступа среди множества процессов, которые свойственны развитию инфокоммуникационной системы, особый интерес представляют следующие тенденции:

- рост (иногда очень существенный) пропускной способности трактов обмена информацией;
- ужесточение требований некоторых пользователей к показателям качества обслуживания;
- поддержка функций мобильности терминала для ряда приложений, включая функциональные возможности услуг Triple Play;
- снижение затрат, необходимых для создания и дальнейшего развития всех элементов инфокоммуникационной системы.

В настоящее время сети доступа стали одним из направлений, наиболее активно развиваемых операторами связи, и можно смело утверждать, что будущее оператора во многом зависит от того, какие решения выбраны для его сети доступа.

Большинство традиционных сетей доступа, эксплуатировавшихся операторами до настоящего времени, отличались высокой стоимостью и низкой эффективностью. Даже с началом конвергенции сетей связи в процессе перехода к NGN все новые решения относились преимущественно к транспортной сети, способам создания услуг и устройствам управления. Столкнувшись с необходимостью предоставления абоненту полного спектра инфокоммуникационных услуг, операторы неизбежно столкнулись с проблемой построения сетей мультисервисного доступа.

Общее требование к современным технологиям мультисервисного доступа можно сформулировать следующим образом: должна обеспечиваться передача любых видов трафика в одном канале. Сегодня это часто соотносят услуге Triple Play (видео, речь и данные), причем переход к сети NGN требует более широкой трактовки этих понятий.

Передача речи — это и услуги местной телефонной связи, и выход на междугородную и международную связь (по новым правилам должен быть реализован выход на альтернативного оператора), и IP-телефония. Аналогичным образом расширяются и понятия услуг передачи видео и данных.

Конечно, новые инфокоммуникационные услуги сети NGN сначала будут востребованы сравнительно небольшой группой абонентов, но это будет самая высокодоходная категория пользователей в абонентской базе оператора. Расслоение абонентов по уровню спроса на новые виды услуг продолжится и в дальнейшем, дифференцируя тем самым приносимые доходы. Сегодня задача оператора заключается в том, чтобы найти разумные решения при построении сети доступа NGN, учитывающие возникающую дифференциацию уровня спроса на услуги среди отдельных групп абонентов.

Наличие гибкой и масштабируемой мультисервисной инфраструктуры доступа, обеспечивающей быстрое внедрение перспективных технологий и новых сервисов, является определяющим фактором для бизнеса любого оператора связи.

Технологии и оборудование сети доступа во многом определяют возможность предоставления клиенту тех или иных услуг, гибкость и оперативность при организации подключения. Соответственно инфраструктура доступа сети NGN должна быть надежной, гибкой, масштабируемой и хорошо управляемой, а также иметь мощные средства контроля доступа и обеспечения безопасности. При этом затраты на создание, развитие и сопровождение сети доступа существенно влияют на стоимость предоставляемых услуг.

В развитии инфраструктуры сетей доступа можно выделить следующие тенденции:

- активное внедрение технологий широкополосного доступа — xDSL, FTTx, фиксированного радиодоступа;
- построение NGN с функциями QoS;

- быстрое развитие публичных беспроводных сетей PWLAN (Public WLAN);
- повышение прибыльности операторского бизнеса за счет предоставления дополнительных сервисов и появления решений для управления сервисами на границе сети.
- Наиболее актуальными на настоящий момент являются следующие решения для сетей доступа NGN:
- универсальные шлюзы доступа (Voice over IP и коммутируемый доступ);
- технологии доступа по выделенным линиям — xDSL, а также организация доступа внутри зданий в сочетании с высокоскоростными оптическими каналами;
- беспроводные сети семейств Wi-Fi (IEEE 802.11) и WiMAX (IEEE 802.16).

Рост пропускной способности трактов обмена информацией подтверждается рядом прогностических оценок, которые показаны на рис.6.2. Прогноз был составлен компанией Technology Future Inc. для пользователей квартирного сектора США. Существенно то, что на оси ординат показана доля жилищ (например, квартир или индивидуальных домов), а не пользователей. Телефонную плотность для фиксированной сети в последнее время чаще оценивают на 100 жилищ, а не на 100 жителей. Этот подход основан на разумном предположении, что если жилище (постоянное или временное) подключено к телефонной сети, то всем членам семьи, независимо от ее численности, обеспечен доступ к ТфОП.

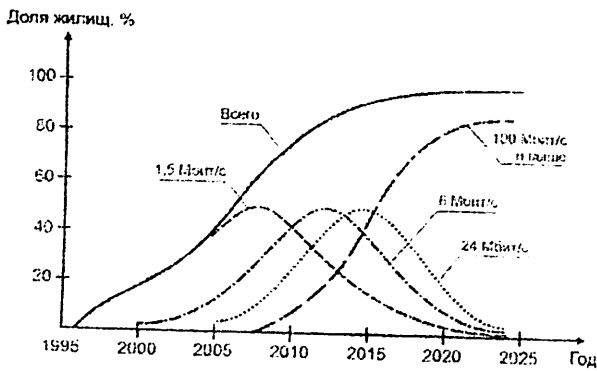


Рис. 6.2. Изменение требований к полосе пропускания сети доступа в США (по данным компании Technology Future Inc.)

Столь существенный рост пропускной способности обусловлен, в основном, двумя тенденциями:

- развитие системы телевидения высокой четкости, для которого необходимы широкополосные каналы;
- повышение скорости обмена данными в Интернете для предоставления информационных услуг и новых видов игровых приложений.

Следует отметить, что скорость 100 Мбит/с (верхний предел для последней кривой) совпадает с максимальной пропускной способностью для перспективных сетей мобильной связи. Хотя такая скорость представляется более чем достаточной, некоторые специалисты считают, что определенной группе пользователей потребуются ресурсы доступа порядка 200 Мбит/с.

2. Эволюция сетей доступа при переходе к сетям NGN

Согласно данным отраслевых исследований, проведенных зарубежными компаниями, от 50 до 80% объема вложений в сетевую инфраструктуру приходится на сети доступа. Разветвленная система каналов связи, доводящая сетевой трафик до пользователей, требует громадных усилий для постоянной поддержки требуемых эксплуатационных

характеристик. В итоге от состояния сети доступа, с которой взаимодействует абонент, во многом зависит качество предоставляемых услуг. При этом построение современной сети доступа — это задача, которая зачастую по капиталовложениям превышает многие другие.

Концепция сетей связи следующего поколения NGN пока разработана в самом общем виде. Однако имеющиеся результаты позволяют сформулировать основные требования к созданию перспективной сети доступа:

- оборудование, используемое в сети доступа, должно обслуживать все виды трафика;
- требование унификации протоколов передачи, коммутации и обработки информации, стимулирующее постепенный переход к IP-технологии;
- постоянно повышающиеся требования потенциальных клиентов к качеству передачи и обслуживания трафика, а также к надежности сети.

Последнее требование, строго говоря, связано не с концепцией NGN, а с общими тенденциями развития инфокоммуникаций. Тем не менее, такого рода требования должны учитываться при разработке принципов развития сетей доступа.

Сеть доступа по финансовым соображениям не может быть сразу же модернизирована до того уровня, который полностью отвечает требованиям NGN. Поэтому возникает задача поэтапной эволюции сети доступа, чтобы соответствующие затраты окупались за счет доходов, получаемых от введения новых видов инфокоммуникационных услуг. Темпы эволюции сети доступа будут специфичны для различных сетей доступа, что определяется характером изменения платежеспособного спроса на новые виды инфокоммуникационных услуг. Кроме того, на характер модернизации сети доступа влияют основные бизнес-процессы оператора.

Положения, изложенные выше, представляют собой эволюционную стратегию построения сети доступа NGN. Она может считаться основной для операторов, которые уже создали сеть доступа на основе проводных средств электросвязи. В частности, эта стратегия подходит для операторов телефонных сетей общего пользования (ТфОП). Для операторов, которые не имеют своей сети доступа, то есть для новых эксплуатационных компаний, возможна революционная стратегия построения сети доступа NGN. Это означает, что на «голом месте» создается сеть доступа, использующая только IP-технологии и отвечающая всем требованиям концепции NGN. Следует подчеркнуть, что речь идет о теоретической возможности построения такой сети доступа без анализа рисков технического и экономического характера.

Для экономической реализации эволюционной стратегии перехода к сети доступа NGN необходимо использовать новые аппаратно-программные средства, отвечающие ряду специфических требований. Предполагается, что они состоят из двух видов оборудования, которое использует технологии коммутации каналов и пакетов.

Для реализации телекоммуникационной инфраструктуры на базе ресурсов сетей доступа NGN могут использоваться самые разнообразные проводные и беспроводные технологии, основные из которых следующие:

- цифровые абонентские линии xDSL (HDSL, ADSL, VDSL и др.);
- пассивные оптические сети PON;
- гибридные волоконно-коаксиальные сети (HFC), кабельные модемы;
- радиодоступ на базе различных технологий (Wi-Fi, WiMAX, LMDS/MMDS, спутниковая связь и др.);
- беспроводная оптическая связь (ИК-связь);
- технологии Ethernet/Fast Ethernet.

Основные характеристики различных технологий доступа приведены в табл. 6.1.

Таблица 6.1. Основные характеристики различных технологий доступа

Технология	Среда передачи	Скорость	Максимальное расстояние
HDSL	Медная витая пара	2 Мбит/с, симметричная передача	До 5 ... 8 км в зависимости от диаметра медной жилы
ADSL	Медная витая пара	1 Мбит/с от абонента и 7 Мбит/с к абоненту, асимметричная передача	До 5 ... 8 км в зависимости от диаметра медной жилы
VDSL	Медная витая пара	10 Мбит/с, симметричная передача	До 1,5 км
PON	Волокно	10 Мбит/с для данных, 2 Мбит/с для телефонии	До 20 км
HFC	Волокно и коаксиальный кабель	40 Мбит/с нисходящий поток на группу до 100 ... 500 абонентов	450 ... 500 м между усилителями (без ответвлений)
Wi-Fi (версия IEEE 802.11 a/b)	Эфир	До 11/54 Мбит/с	50 ... 100 м
WiMAX (версия IEEE 802.16-2004)	Эфир	До 70 Мбит/с	До 3-5 км – городская застройка, до 50 км – открытая местность
Спутниковая связь	Эфир	До 6 Мбит/с	Не ограничено
ИК-связь	Воздушные слои атмосферы	1 ... 1250 Мбит/с	От 500 м до 3 км
HomePNA (версия 1.0)	Медная витая пара	1 Мбит/с	150 м
Ethernet/Fast Ethernet	Волокно, медная витая пара (кат.5)	10 ... 100 Мбит/с	100 м (медь), до 2 км (многомодовое волокно), до 150 км (одномодовое волокно)

Как видно из табл. 6.1, современное оборудование сетей доступа может использоваться не только для организации локального доступа к магистрали (транспортной сети) на расстоянии до 5 км, но и для построения сети доступа протяженностью до 150 км со скоростью передачи до 100 Мбит/с.

В целом суммарная стоимость сети доступа на основе коммутации пакетов может быть ниже, чем решение на основе традиционной технологии

коммутации каналов. При этом построенная сеть доступа может использоваться как для телефонии, так и для передачи данных.

3. Классификация технологий доступа

Длительный период использования многопарных кабелей в ГТС и воздушных цепей в СТС для построения сетей доступа закончился. В настоящее время операторам сетей связи доступны различные технологии для модернизации сетей доступа. Их классификация по используемой среде передачи представлена на рис.6.3.

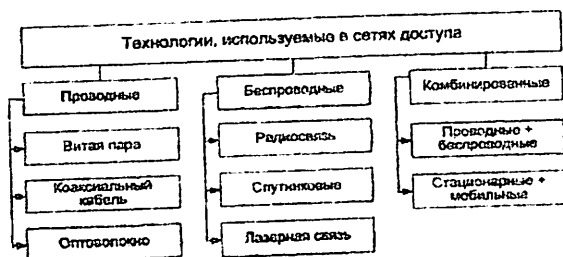


Рис. 6.3. Классификация технологий доступа по используемой среде

Для модернизации сетей доступа разработано множество новых технологий, но по очевидным экономическим соображениям операторы ТфОП не спешат с заменой двухпроводных физических цепей. Новые технологии доступа можно классифицировать различными способами. Один из таких способов — деление технологий на две группы. Первая группа включает технологии, которые используют (полностью или частично) двухпроводные физические цепи. Технологии второй группы подобной возможности не предусматривают. Такая классификация новых технологий доступа показана на рис.6.4.

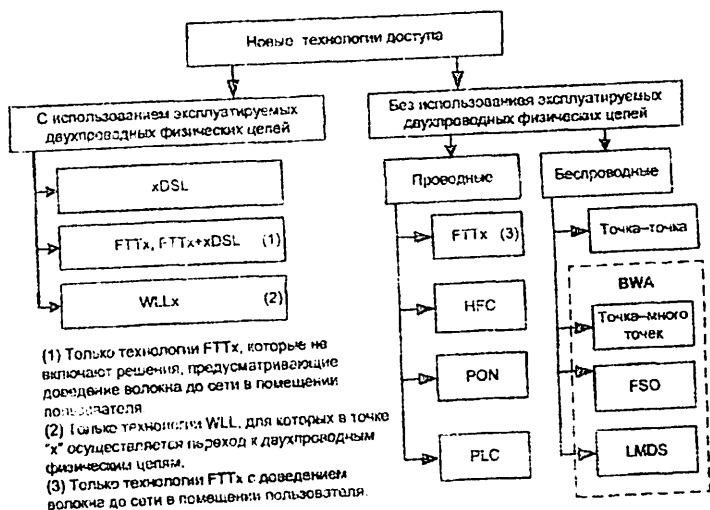


Рис. 6.4. Классификация новых технологий доступа по двум группам

Технологии, образующие первую группу, интересны, по крайней мере, с двух точек зрения. Во-первых, они обеспечивают поддержку ряда новых инфокоммуникационных услуг сети NGN. Во-вторых, эти технологии позволяют снизить затраты на модернизацию сети доступа, даже если платежеспособный спрос на новые услуги отсутствует.

Вопросы практического использования технологий, входящих в семейство xDSL, активно обсуждаются в российской и зарубежной технической литературе, а также на Интернет-сайтах. В настоящее время более популярны асимметричные цифровые тракты, создаваемые оборудованием ADSL, что объясняется основной областью применения рассматриваемого семейства технологий — доступ в Интернет. Ожидается, что в перспективе будут более активно использоваться симметричные тракты, создаваемые, в частности, оборудованием SHDSL. Типичный пример их применения — объединение разнесенных офисов одной компании в единую сеть.

Технологии FTTx подразумевают доведение кабеля с оптическим волокном до некоторой точки *x*, после которой информация передается с использованием иной среды распространения сигналов. Для первой группы технологий интересны те решения FTTx, для которых после точки *x* используется физическая двухпроводная цепь. Такой способ построения сети доступа может оказаться экономически выгодным, если в точке *x* устанавливается выносной концентратор цифровой коммутационной станции. Если некоторым пользователям необходим широкополосный доступ, то такая возможность может обеспечиваться сочетанием технологий FTTx и xDSL.

В некоторых случаях (чаще всего в сельской местности) целесообразны технологии беспроводных абонентских линий (Wireless Local Loop, WLL) в сочетании с физическими цепями. Существует несколько разновидностей технологий WLL, которые различаются способом разделения каналов (частотный, временной и кодовый), а также иными характеристиками.

Технологии, входящие во вторую группу, в свою очередь, делятся на два вида: проводные (wireline) и беспроводные (wireless). Для технологий первого вида можно привести четыре примера:

- подмножество FTTx, которое предназначено для доведения оптического волокна до сети, расположенной в помещении пользователя;
- комбинированная среда «волокну-коаксиал», известная по аббревиатуре HFC (Hybrid Fibre-Coaxial) (способ, который был разработан и апробирован операторами кабельного телевидения);
- пассивная оптическая сеть PON (Passive Optical Network), обеспечивающая широкополосные услуги для нескольких групп потенциальных клиентов;
- технология PLC (Power Line Communication), которая использует линии электропитания в качестве среды передачи сигналов через сеть доступа.

Технологии второго вида также представлены четырьмя примерами. Три из них образуют общее подмножество технологий беспроводного доступа BWA, которое ориентировано на поддержку широкополосных услуг.

Оборудование, использующее конфигурацию связи «точка-точка», применяется для организации тракта между двумя приемопередатчиками. Первое поколение оборудования «точка-точка» предназначалось для включения телефонного аппарата в абонентский комплект коммутационной станции (такое оборудование получило название «радиодлинитель»). Конфигурация «точка-много точек» обеспечивает подключение терминалов или выносных модулей, расположенных в зоне обслуживания соответствующей базовой станции. Первые системы «точка-много точек» были предназначены исключительно для телефонной связи. Широкополосные услуги ими не поддерживались. В настоящее время в большинстве систем, использующих эту конфигурацию, предусмотрена поддержка широкополосных услуг. Характерным примером такого решения считается оборудование, соответствующее семейству стандартов IEEE 802.16 и более известное по аббревиатуре WiMAX.

Следующий пример технологий беспроводного широкополосного доступа — системы лазерной связи FSO (Free Space Optics). Для передачи сигналов используется лазер, луч которого распространяется в открытом пространстве.

Завершает перечень примеров беспроводного доступа технология LMDS (Local Multipoint Distribution System). Эта технология изначально была предназначена для подачи телевизионных программ и в настоящее время широкого распространения в России не получила.

Появление новых технологий доступа не означает, что подключение телефонных аппаратов по двухпроводным физическим цепям не будет применяться операторами ТфОП. Для тех абонентов, которым необходимы только услуги телефонной связи, такой вариант организации сети доступа вполне приемлем, если он экономически оправдан.

4. Структура перспективной сети доступа

Сети доступа, созданные операторами ТфОП в городах, основаны на типовых решениях, которые предусматривают выделение зоны прямого питания и нескольких шкафных районов. Структуры сетей доступа в городах очень похожи. Для сельской местности характерно большее число типовых решений по построению сетей доступа вследствие географических и демографических различий.

Интеграция всегда была свойственна сетям доступа. Она порождала изменение ряда базовых принципов, которые определяли построение сетей доступа. Переход к NGN стал катализатором этого процесса. Данное утверждение иллюстрирует рис.6.5., на котором изображена модель перспективной сети доступа. Основной элемент модели — абонентский медиашлюз (АМШ), поддерживающий подключение всех видов терминального оборудования.

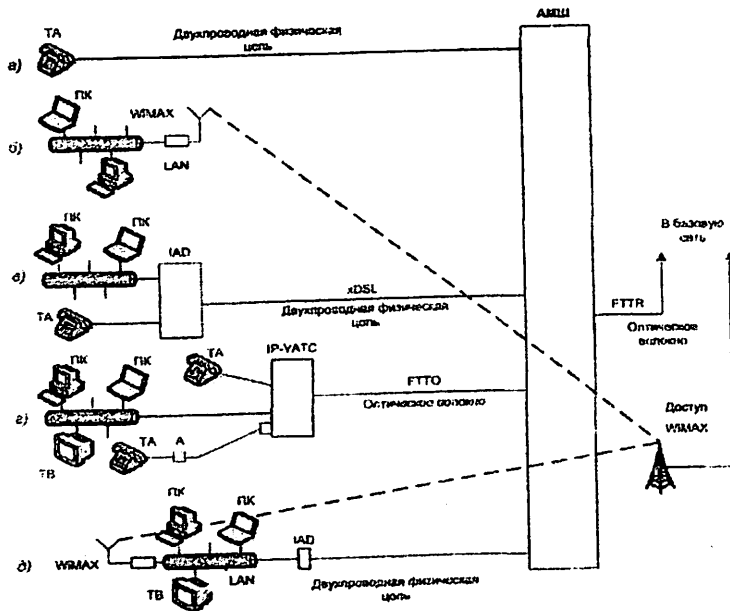


Рис. 6.5. Структура перспективной сети доступа NGN

Он также обеспечивает выход в опорную сеть NGN. Аббревиатура FTTR (R - remote) используется для обозначения тех способов применения технологии FTTx, когда кабель с оптическими волокнами прокладывается от опорного коммутатора базовой сети к удаленному модулю. В данном случае функции такого модуля выполняет АМШ.

В верхней части модели показано включение обычного телефонного аппарата (ТА) по двухпроводной физической цепи. Такое решение будет вполне приемлемым для тех пользователей, которым необходима только телефонная связь.

Вариант (б) иллюстрирует одну из типичных ситуаций, когда новая компания создает сеть в помещении пользователя на основе локальной сети (LAN), а линейно-кабельные сооружения для подключения к АМШ отсутствуют. Тогда можно воспользоваться услугами другого оператора. Для выбранной модели показана возможность использования сети беспроводного широкополосного доступа, для которой выбран стандарт WiMAX.

Некоторые компании стали использовать интегрированное устройство доступа (IAD), обеспечивающее подключение различных видов терминального оборудования. Для варианта (в) показано включение одного телефонного аппарата и локальной сети, которая обеспечивает связь для персональных компьютеров (ПК). Связь IAD с медиашлюзом осуществляется за счет оборудования xDSL, которое работает по физической цепи. Ряд стандартов позволяет улучшить характеристики качества передаваемой информации за счет использования нескольких физических цепей.

Вариант (г) основан на использовании учрежденческой АТС, которая базируется на IP-технологии (IP-УАТС). Телефонные аппараты в эту станцию подключаются двумя способами:

- по обычной двухпроводной физической цепи;
- через адаптеры (А), которые позволяют передавать информацию по линиям электропроводки (технология PLC).

В локальной сети показано устройство обмена телевизионными сигналами (ТВ). До медиашлюза предусмотрено использование кабеля с оптическим волокном. Буква «О» (Office) на последней позиции в аббревиатуре FTTO указывает на тот факт, что кабель с оптическим волокном проложен до офиса, то есть до границы с сетью в помещении пользователя.

В нижней части модели показано решение (d), которое можно считать комбинацией вариантов (б) и (e). Всем пользователям обеспечивается два независимых пути обмена информацией с базовой сетью:

- по цифровому тракту, образованному оборудованием xDSL, и далее через АМШ;
- по цифровому тракту, созданному системой беспроводного широкополосного доступа, и далее через базовую станцию WiMAX.

Такое решение позволяет обеспечить высокую надежность связи тем пользователям, которые готовы заключить с оператором соглашение о гарантированном уровне обслуживания (SLA). Эти соглашения предусматривают повышенные тарифы, но гарантируют пользователям более высокие показатели качества обслуживания, нарушение которых оператором оценивается заранее оговоренными денежными компенсациями.

Симбиоз проводных (wireline) и беспроводных (wireless) технологий, который для краткости можно называть «W+W», позволяет повысить надежность связи. Это решение подчеркивает эффективность взаимного дополнения двух видов доступа. Обычно проводные и беспроводные технологии рассматриваются как конкурирующие решения.

Тема 7

ПРОТОКОЛЫ УПРАВЛЕНИЯ СЕТЯМИ NGN

1. Особенности построения существующих и перспективных систем управления вызовами

В существующих телефонных сетях системы управления вызовами реализованы в виде оборудования системы управления и оборудования обработки сигнализации, сосредоточенных в пределах узла коммутации каналов (рис.7.1.). Недостатками такой структуры системы управления вызовами является наличие фирменных протоколов, используемых для взаимодействия различных подсистем узла коммутации и отсутствие гибкости и масштабируемости.

Система управления вызовами в сетях NGN -- это совокупность сетевых элементов, взаимодействующих по стандартизированным интерфейсам и образующих распределенную архитектуру управления вызовами, обеспечивающую управление коммутацией информации различного вида, а также интеграцию ТфОП, СПС и сетей передачи данных в процессе предоставления услуг связи.

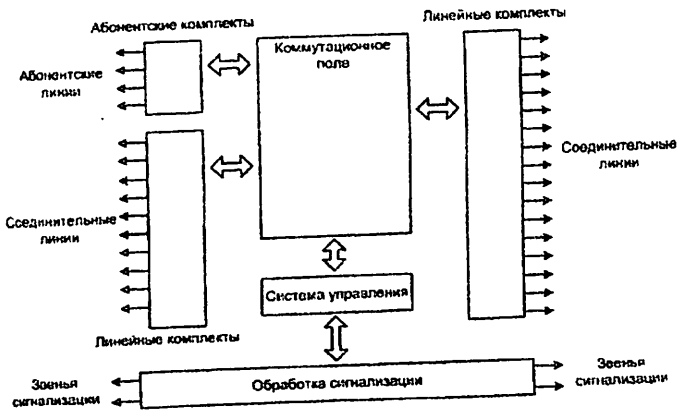


Рис. 7.1. Традиционная система управления вызовами в узле коммутации каналов

Наметившаяся тенденция перехода от вертикально интегрированной бизнес-модели к модели, построенной на доступности всего пакета услуг, независимо от способов доступа через универсальную сеть переноса информации, влечет за собой построение новой системы управления вызовами (рис. 7.2).

Благодаря такой архитектуре классический телефонный узел разбивается на компоненты, связанные между собой открытыми вертикальными интерфейсами. Архитектура системы управления вызовами всегда включает в себя центральный элемент — узел управления вызовами, который часто называется контроллером медиашлюзов (MGC) или гибким коммутатором (softswitch), и различное шлюзовое оборудование сопряжения с пакетными сетями, канальными сетями, сетями сигнализации.

Внедрение перспективных систем управления вызовами в сетях NGN на базе технологии гибкого коммутатора имеет следующие технические преимущества по сравнению с «классическими» системами управления:

- упрощение структуры сети;
- обеспечение совместимости разнородного оборудования;
- подключение различных сетей напрямую через сеть IP;
- гибкая маршрутизация вызовов в сети;
- возможность управления качеством обслуживания вызовов QoS.

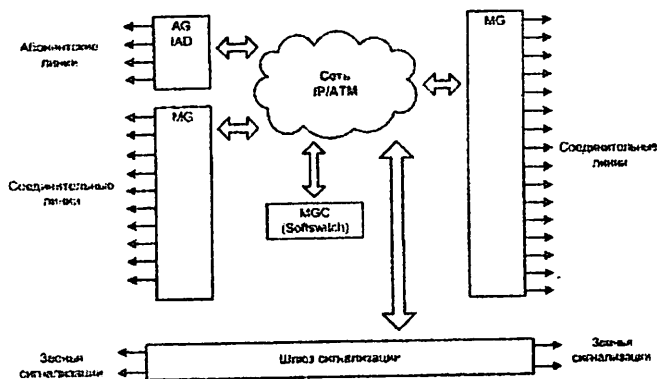


Рис. 7.2. Архитектура управления вызовами в сети NGN

Кроме того, такие системы управления имеют и существенные экономические преимущества для операторов сетей:

- сокращение капитальных затрат на 50...70%;
- сокращение эксплуатационных затрат на 40%;
- увеличение прибыли на 30%;
- малый срок окупаемости вложений (1...3 года).

Ниже технологии гибкого коммутатора рассмотрены подробнее.

2. Система управления NGN на базе гибкого коммутатора

Архитектура гибкого коммутатора (softswitch) с самого начала создавалась в структурах, далеких от официальных международных организаций традиционной телефонии. Первым был Международный консорциум по гибким коммутаторам ISC (International Softswitch Consortium), переименованный позже в IPCC (International Packet Communication Consortium), занимающийся продвижением соответствующих стандартов гибких коммутаторов и обеспечением функциональной совместимости различных технологий гибких коммутаторов.

На схеме взаимодействия гибкого коммутатора с другими элементами сети NGN (рис. 2.5.) приведены примеры протоколов, среди которых основным является протокол SIP (Session Initiation Protocol).

Для взаимодействия двух гибких коммутаторов могут применяться два протокола, один из которых SIP (SIP-T) разработан комитетом IETF, а второй BICC специфицирован ITU-T. Сегодня на роль протокола взаимодействия претендует протокол SIP-T, хотя BICC обладает возможностью работы и с сигнализацией DSS1, а не только с ОКС № 7. В известном решении Engine компании Ericsson взаимодействие между телефонными серверами (гибкими коммутаторами) осуществляется по протоколу BICC CS-1, ориентированному на работу поверх транспорта ATM (AAL1/AAL2), с последующим переходом на BICC CS-2, предназначенный для работы в IP-сетях.

Отсюда можно сделать вывод, что хотя SIP-T и BICC сейчас обладают практически одинаковыми функциональными возможностями, а находящийся в разработке BICC CS-3 даже предусматривает возможность взаимодействия с SIP-T, всё же его практическое внедрение в оборудование гибких коммутаторов происходит обычно из соображений необходимости работы в АТМ-сети. Более того, в материалах АТМ-Форума отмечается, что хотя в обозримом будущем протоколы H.323, SIP, H.248 и BICC будут существовать параллельно, дальнейшие усилия ИТУ-T, и IETF будут сфокусированы на совершенствовании SIP и H.248 для удовлетворения требованиям NGN.

И все же проблема наличия стандартного и эффективного протокола при создании сети NGN на основе гибких коммутаторов остается, но, в первую очередь, — для взаимодействия между собой именно этих устройств. Сегодня, в основном, предлагается использовать для взаимодействия между гибкими коммутаторами протоколы SIP/SIP-T, а для взаимодействия гибких коммутаторов с подчиненными им коммутационными устройствами — протоколы стандарта MGCP/Megaco/H.248. И те, и другие протоколы разрабатывались IETF и поэтому изначально ориентированы на IP-сети. Это говорит о том, что они легко интегрируемы в стек существующих протоколов Интернет.

SIP является протоколом прикладного уровня, позволяющим устанавливать, изменять и завершать мультимедийные сессии. Текстовый формат его сообщений значительно упрощает их кодирование, декодирование и анализ, и это позволяет реализовать протокол на базе любого языка программирования. Число информационных полей в сообщениях SIP составляет всего несколько десятков (при сотнях в протоколе H.323). Естественно, такой протокол работает быстрее и эффективней, что очень важно при взаимодействии гибких коммутаторов между собой.

Кроме того, IETF разработала модифицированный протокол SIP-T (SIP for Telephony). В основном это было сделано с целью интеграции сигнализации ОКС № 7 с протоколом SIP. Узел взаимодействия SIP-сети с сетью ОКС № 7 инкапсулирует сообщения ISUP в SIP-сообщения и транслирует часть информации из сообщений ISUP в заголовки сообщений SIP, чтобы обеспечить их транспортировку.

В основе работы протоколов стандарта MGCP/Megaco/H.248 лежит принцип декомпозиции шлюзов, предусматривающий, что комплекс устройств разбивается на отдельные функциональные блоки, которые можно обобщенно описать следующим образом:

- транспортный (медиа) шлюз — Media Gateway (MG),
- устройство управления шлюзом — Media Gateway Controller (MGC).

В соответствии с протоколами H.248, MGCP весь интеллект обработки вызовов находится в контроллере MGC, а транспортные шлюзы просто исполняют поступающие от него команды. При этом транспортный шлюз выполняет все функции преобразования разнотипных потоков и сигнальных сообщений и передает контроллеру всю сигнальную информацию, обработав которую, тот выдает команду, определяющую дальнейшие действия транспортного шлюза.

Чтобы управлять работой транспортных шлюзов, контроллеры MGC должны получать и обрабатывать сигнальную информацию, как от пакетных сетей, так и от телефонных сетей, основанных на коммутации каналов. В пакетных сетях сигнальная информация в большинстве случаев переносится по протоколу SIP или на основе Рекомендации H.323. Эти протоколы работают поверх IP-транспорта, а поскольку контроллер MGC тоже имеет выход в пакетную сеть (IP-сеть) для взаимодействия с транспортными шлюзами, то достаточно иметь в MGC соответствующие интерфейсы для получения сигнальной информации разных стандартов (например, SIP и H.323). В то же время сигнализация телефонной сети — общеканальная (ОКС № 7, PRI ISDN) или по выделенным сигнальным каналам (ВСК) —

переносится, как правило, в среде с коммутацией каналов, а большинство контроллеров MGC не имеют прямого выхода в эту среду, поэтому для доставки классической телефонной сигнализации ее необходимо упаковывать (инкапсулировать) в пакетный IP-транспорт.

Помимо вышеупомянутых протоколов, в гибких коммутаторах реализуются протокол BICC передачи по IP-сети сигналов ОКС № 7 и протокол IPDC передачи по IP-сети сигналов DSS1 ISDN.

Протокол BICC (Bearer Independent Call Control) разрабатывается МСЭ-Т с 1999 года и ориентирован на использование для соединения двух сетей ОКС № 7 через сеть пакетной коммутации. Этот протокол можно рассматривать как еще одну подсистему-пользователя существующего набора протоколов сигнализации ОКС № 7. В самом деле, сообщения управления соединениями протокола BICC могут транспортироваться подсистемой передачи сообщений (МТП). Но его же можно рассматривать и как полностью новый протокол. Сообщения BICC могут также транспортироваться через другие пакетные сети. Смысл здесь такой: зачем сохранять и обслуживать выделенную пакетную сеть сигнализации, если создается другая пакетная сеть для транспортировки потоков пользовательской информации? Эта мультитранспортная способность протокола BICC достигается путем удаления из него тех относящихся к транспортировке процедур, которые существовали в ISUP, и размещения их в так называемом конвертере транспортировки сигнализации (signaling transport converter). При этом протокол BICC становится не зависящим от способа передачи сигнальной информации.

Интернет-протокол для управления устройствами (IPDC, Internet Protocol for Device Control) используется различными производителями оборудования IP-телефонии для управления шлюзами и для организации транспортных потоков внутри пакетных сетей при передаче речи. Кроме того, протокол IPDC служит для переноса по IP-сетям сигнальной информации ТФОП/ISDN (например, в одной из реализаций гибкого коммутатора

сообщения DSS1 преобразуются в сообщения IPDC). Архитектура сети, построенной с использованием протокола IPDC, так же как и сети на основе рекомендации H.248, базируется на идее декомпозиции шлюзов.

Из сказанного становится понятно, что гибкий коммутатор должен «уметь» работать с протоколами сигнализации, имеющими совершенно разную архитектуру, и взаимодействовать с транспортными шлюзами, основанными на разных технологиях, как это видно на рис. 7.3. Решение связанных с этим задач в гибких коммутаторах может базироваться, например, на отделении функций взаимодействия со специализированными протоколами от функций обработки и маршрутизации вызовов между аппаратной частью и программным ядром устройства. Все сообщения протоколов сигнализации и управления устройствами приводятся к единому виду, удобному для представления в единой программной модели обработки вызовов.

Архитектура с разделенными функциями управления и переноса информации требует наличия вертикальных открытых протоколов взаимодействия (рис. 7.4).

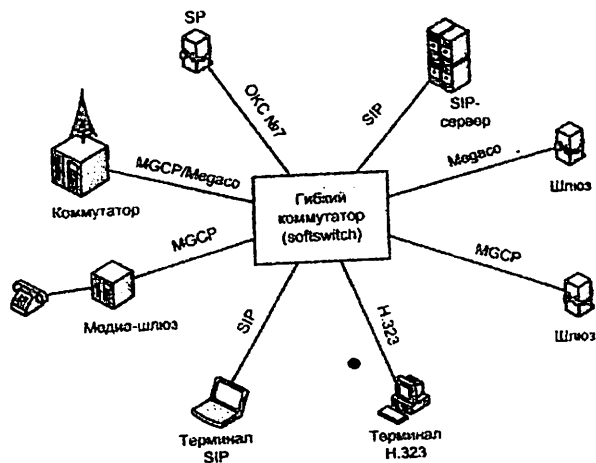


Рис. 7.3. Сетевое окружение гибкого коммутатора

переносится, как правило, в среде с коммутацией каналов, а большинство контроллеров MGC не имеют прямого выхода в эту среду, поэтому для доставки классической телефонной сигнализации ее необходимо упаковывать (инкапсулировать) в пакетный IP-транспорт.

Помимо вышеупомянутых протоколов, в гибких коммутаторах реализуются протокол BICC передачи по IP-сети сигналов ОКС № 7 и протокол IPDC передачи по IP-сети сигналов DSS1 ISDN.

Протокол BICC (Bearer Independent Call Control) разрабатывается МСЭ-Т с 1999 года и ориентирован на использование для соединения двух сетей ОКС № 7 через сеть пакетной коммутации. Этот протокол можно рассматривать как еще одну подсистему-пользователя существующего набора протоколов сигнализации ОКС № 7. В самом деле, сообщения управления соединениями протокола BICC могут транспортироваться подсистемой передачи сообщений (МТП). Но его же можно рассматривать и как полностью новый протокол. Сообщения BICC могут также транспортироваться через другие пакетные сети. Смысл здесь такой: зачем сохранять и обслуживать выделенную пакетную сеть сигнализации, если создается другая пакетная сеть для транспортировки потоков пользовательской информации? Эта мультитранспортная способность протокола BICC достигается путем удаления из него тех относящихся к транспортировке процедур, которые существовали в ISUP, и размещения их в так называемом конвертере транспортировки сигнализации (signaling transport converter). При этом протокол BICC становится не зависящим от способа передачи сигнальной информации.

Интернет-протокол для управления устройствами (IPDC, Internet Protocol for Device Control) используется разными производителями оборудования IP-телефонии для управления шлюзами и для организации транспортных потоков внутри пакетных сетей при передаче речи. Кроме того, протокол IPDC служит для переноса по IP-сетям сигнальной информации ТфОП/ISDN (например, в одной из реализаций гибкого коммутатора

сообщения DSS1 преобразуются в сообщения IPDC). Архитектура сети, построенной с использованием протокола IPDC, так же как и сети на основе рекомендации H.248, базируется на идее декомпозиции шлюзов.

Из сказанного становится понятно, что гибкий коммутатор должен «уметь» работать с протоколами сигнализации, имеющими совершенно разную архитектуру, и взаимодействовать с транспортными шлюзами, основанными на разных технологиях, как это видно на рис. 7.3. Решение связанных с этим задач в гибких коммутаторах может базироваться, например, на отделении функций взаимодействия со специализированными протоколами от функций обработки и маршрутизации вызовов между аппаратной частью и программным ядром устройства. Все сообщения протоколов сигнализации и управления устройствами приводятся к единому виду, удобному для представления в единой программной модели обработки вызовов.

Архитектура с разделенными функциями управления и переноса информации требует наличия вертикальных открытых протоколов взаимодействия (рис. 7.4).

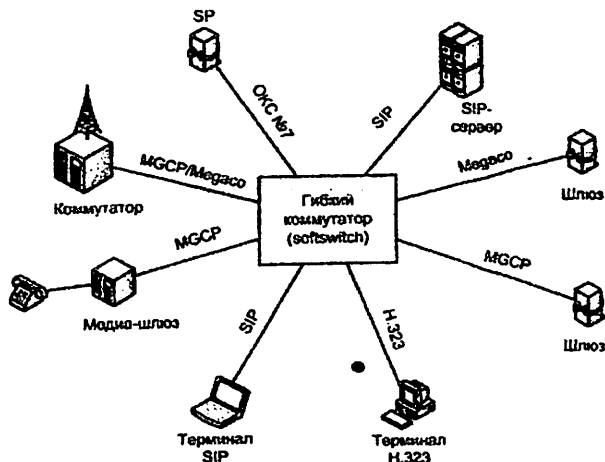


Рис. 7.3. Сетевое окружение гибкого коммутатора

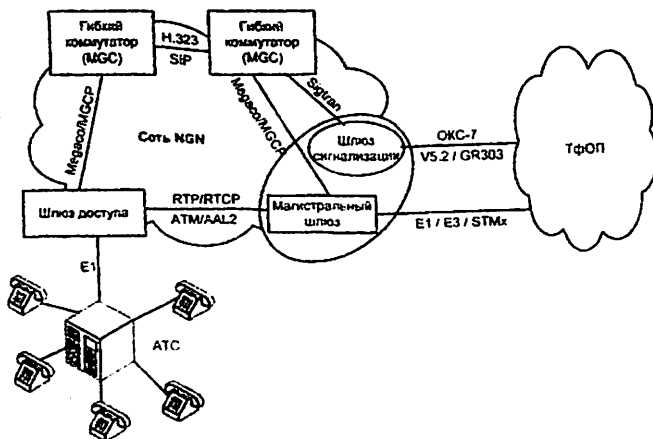


Рис. 7.4. Схема взаимодействия протоколов в сети NGN

В табл. 7.1. отражено функциональное назначение протоколов в архитектуре управления сетью NGN. В появлении каждого протокола прослеживается своя логика. Например, для обеспечения массового внедрения мультимедийных услуг требовался протокол, который бы гармонично использовал технологии сети Интернет, был прост в применении и позволял внедрять целый ряд абсолютно новых приложений и услуг. SIP-протокол идеально сочетал в себе эти функции.

Стремление операторов обеспечить весь набор классических телефонных услуг на пакетных сетях привело к появлению протокола BICC как эволюции протокола ISUP.

Естественно, при переходе к разделенной архитектуре возникает необходимость в протоколе управления шлюзовыми элементами, и основным направлением становится совершенствование протокола H.248, который создавался совместными усилиями SIGTRAN IETF (рабочая группа Megaco) и ITU-T. Работы в рамках протоколов SIGTRAN стали необходимыми для обеспечения более надежной передачи информации сигнализации, чем при использовании стека TCP/IP.

Таблица 7.1. Функциональное назначение протоколов управления вызовами сети NGN

Протокол	Функция в сети NGN	Комментарий
SIP	Управление и установление сеанса связи	Применяется для установления как голосовых, так и мультимедийных вызовов по IP-сетям. Использует очень много наработанных механизмов, принятых в Интернете, и считается более простым в сравнении с протоколом H.248. Терминальные устройства содержат программное обеспечение SIP-агента. Интеллектуальность смещается от опорной сети к абонентским устройствам
SIP-T	Передача сигнализации ТФОП ISUP через SIP-сеть	Специальная разновидность протокола SIP, обеспечивающая «прозрачную» передачу сообщений ISUP по сети SIP. Фактически SIP-сеть выполняет в этом случае функцию транзитного пункта сигнализации. Работа по стандартизации продолжается для обеспечения всей функциональности, принятой в ТФОП
H.323	Управление и установление сеанса связи	Наиболее распространенный протокол в сетях передачи голоса по IP. Считается трудно масштабируемым и менее перспективным по сравнению с протоколом SIP
H.248/Megaco	Управление шлюзами доступа в пакетную сеть	Наиболее перспективный и разрабатываемый стандарт. Потенциально должен обеспечить намного большие возможности по совместимости различного оборудования
MGCP	Управление шлюзами доступа в пакетную сеть	Несмотря на то, что существуют сети с использованием данного протокола, дальнейшая работа по его развитию видится проблематичной в силу особенностей протокола
ВСС	Управление вызовом в сетях с разделенными уровнями управления и переноса информации	Протокол установления соединения, не зависящий от типа используемой сети переноса (IP, ATM). Реализует полный набор услуг ТФОП/ЦСИО. Содержит комплект стандартов, описывающих не только сигнальные процедуры, но и сетевую архитектуру. Основная идея протокола — обеспечить полную реализацию всех принятых голосовых услуг классической телефонии при использовании пакетных сетей. Принят 3GPP для сетей мобильной связи 3G
SIGTRAN	Передача протоколов управления и сигнализации по IP-сети	Набор стандартов, предлагаемых IETF для обеспечения надежной передачи сигнализации по IP-сети

Таким образом, поддержка оборудованием тех или иных протоколов напрямую связана с обеспечением требуемой сетевой функциональности. Далее протоколы NGN описаны более подробно.

3. Протоколы SIP и SIP-T

SIP — протокол прикладного уровня, с помощью которого осуществляются такие операции, как установление, модификация и завершение мультимедийных сессий или вызовов по IP-сети. В мультисервисных сетях SIP выполняет функции, аналогичные тем, которые реализованы в H.323. Сессии SIP могут включать мультимедийные конференции, дистанционное обучение, Интернет-телефонию и другие подобные приложения. Сегодня он претендует на роль международного стандарта.

SIP предназначен для установления сеансов связи между хостами Интернет. Как свойственно всему трафику Интернет, эти сеансы имеют одноранговую природу. Протокол предусматривает специализированные серверы SIP, но их использование необязательно. Эти серверы SIP могут служить для регистрации, переадресации и других функций. Протокол SIP поддерживает полностью распределенную сервисную модель. Сервисы могут находиться на пользовательских терминалах (телефонах, PDA и т.д.), серверах SIP и любой их комбинации.

SIP отличается от H.323 во многих отношениях. SIP был стандартизован и опубликован в качестве RFC 3261 в 2002 году. Работа над определением дополнительных голосовых услуг находится пока на ранней стадии. Однако ввиду того, что SIP целиком базируется на протоколах Интернет (в частности, HTTP), он открывает гораздо более короткий путь к интеграции голосовых и информационных сервисов. SIP позволяет без труда реализовать такие возможности, как загрузка специфического пользовательского интерфейса на IP-терминал. Кроме того, добавление новых сервисных возможностей и расширение протокола можно осуществлять без угрозы

создать проблемы в области совместимости, так как спецификация SIP опирается на принципы Интернет.

Как и H.323, протокол SIP не имеет четко определенного межсетевого интерфейса. Однако рабочая группа по управлению многоточечными сеансами мультимедиа-связи (Multiparty Multimedia Session Control, MMUSIC) в рамках проекта «SIP Best Current Practices for Telephony» начала работу над совместным использованием протоколов SIP и Megaco в сетях в целях скорейшего решения этого вопроса. Это должно позволить создать сети, удовлетворяющие нормативным требованиям в отношении межсоединения телефонных сетей и в то же время предоставляющие инфраструктуру, способствующую переходу к распределенной модели оказания услуг на базе SIP.

Важной характеристикой телефонной сети SIP является свойство прозрачности по отношению к ТфОП. Традиционные телефонные услуги, такие как вызов с ожиданием, бесплатный вызов и т.д., реализуемые в протоколах ТфОП, таких как ОКС № 7, должны предлагаться сетью SIP таким образом, чтобы исключить нежелательные различия, ощущаемые пользователем, не ограничивая в то же время гибкость SIP. С одной стороны требуется, чтобы SIP поддерживал примитивы для предоставления услуг, в которых конечной точкой является скорее обычный SIP-телефон, чем устройство, доступное через ОКС № 7. Кроме того, существенно то, что информация ОКС № 7 должна быть доступна на шлюзах — точках взаимодействия ОКС № 7 и SIP, для обеспечения прозрачности функций, по-другому не поддерживаемых SIP. По возможности информация ОКС № 7 должна быть доступна другой стороне в сети SIP через интерфейс ТфОП-IP полностью и без каких-либо потерь. Некоторые ограничения возникают из-за того, что некоторые сети используют собственные параметры ОКС № 7 для передачи определенной информации через такие сети.

Другой важной характеристикой телефонной сети SIP является маршрутизируемость запросов SIP. Это означает, что запрос SIP,

устанавливающий телефонный вызов, должен содержать в своем заголовке информацию, достаточную для его маршрутизации прокси-серверами к месту назначения через сеть SIP. Обычно это влечет за собой то, что параметры вызова, такие как вызываемый номер, должны быть перенесены из сигнализации ОКС № 7 в запросы SIP. На маршрутизацию в сети SIP могут по очереди влиять такие механизмы, как TRIP или ENUM.

Протокол SIP-T (SIP for Telephones) обеспечивает инкапсуляцию информации традиционной телефонной сигнализации в сообщения протокола SIP (табл. 7.2) [290]. SIP-T поддерживает характеристики телефонной сети SIP при помощи технологий инкапсуляции (encapsulation) и трансляции (translation). В шлюзе SIP-ISUP сообщения подсистемы ISUP сети ОКС № 7 инкапсулируются в сообщения протокола SIP с тем, чтобы информация, требуемая для услуги, не была отброшена в запросе SIP. Кроме того, посредники — прокси-серверы, обеспечивающие решение задач маршрутизации для запросов SIP, не поддерживают протоколы ISUP. Поэтому некоторая критическая информация транслируется из сообщения ISUP в соответствующие заголовки SIP с целью установить, как должен маршрутизироваться запрос протокола SIP.

Таблица 7.2. Свойства протокола SIP-T, позволяющие выполнить требования по взаимодействию сетей ТфОП-IP

Требования к взаимодействию ОКС № 7 - SIP	Функции SIP-T
Прозрачность для сигнализации ISUP	Инкапсуляция сообщений ISUP в тело SIP
Маршрутизируемость сообщений SIP в зависимости от ISUP	Трансляция информации ISUP в заголовки SIP
Передача «mid-call» сообщений сигнализации ISUP	Использование метода INFO для «mid-call» сигнализации («midcall» — сигнальная информация при установлении соединения)

4. Протокол H.323

H.323 — это комплекс протоколов, хотя все они часто именуется просто H.323. Стандарт ITU-T H.323 был разработан для обеспечения установки вызовов и передачи голосового и видеотрафиков по пакетным сетям, в частности, Интернет и интранет, которые не гарантируют качества услуг (QoS). Он использует протоколы Real-Time Protocol и Real-time Transport Control Protocol (RTP/RTCP), разработанные группой IETF, а также стандартные кодеки ITU-T серии G.xxx.

Для общей реализации H.323 требуется четыре логических объекта или компонента: терминал, шлюз (GW), привратник (GK) и блок управления многосторонней связью (MCU) (рис. 7.4.).

Сложность H.323 заключается в том, что для предоставления услуг необходимо совместное использование компонентов различных протоколов и между ними нет четкой границы. Например, переадресация вызова требует использования частей протоколов H.450, H.225.0 и H.245. Помимо этого, H.323 предлагает несколько способов реализации одной и той же функции. Например, существуют три различных способа совместного использования H.245 и H.225.0. В первоначальной версии H.323v1 для каждого протокола устанавливались отдельные соединения. Сначала организуется канал H.225.0, в рамках которого связываются два привратника и определяются параметры для установления соединения сигнализации.

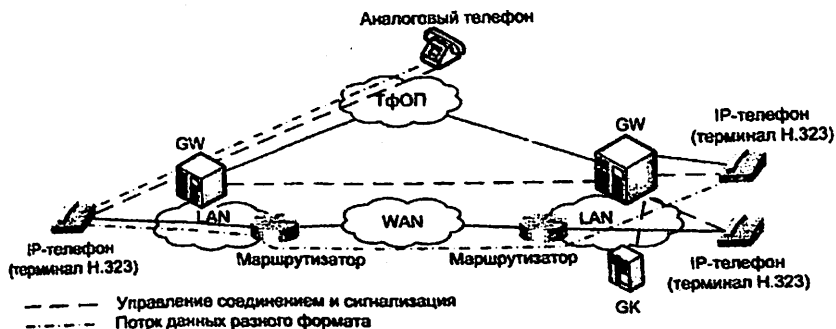


Рис. 7.4. Архитектура H.323

Далее происходит обмен по упрощенному варианту ISDN протокола Q.931, позволяющему установить телефонное соединение. Затем открывается канал для H.245, необходимый для контроля параметров мультимедийной сессии (ширина канала, тип кодека и т.д.). И только после этого устанавливается канал передачи мультимедийных пакетов. Это требует длительного обмена сигнальными сообщениями между элементами сети, и вся процедура занимает много времени.

Второй способ совместного использования H.245 и H.225.0 отличается от первого только тем, что H.245 туннелируется через H.225.0.

Третий вариант предлагается в версии протокола H.323v2 в виде процедуры FastStart, которая объединяет Q.931 и H.245, т.е. в первоначальный запрос на соединение включены параметры будущей сессии. Хотя FastStart более эффективен, H.323 позволяет использование любой из трех процедур, к поддержке которых должны быть готовы привратник и шлюз, что еще более усложняет и без того непростую задачу.

Вследствие того, что H.323 разрабатывался ИТУ-Т, значительные усилия были потрачены на определение дополнительных голосовых услуг. В настоящее время H.323 определяет множество голосовых услуг, хотя еще большее число не определено.

Протокол H.323 в своем нынешнем виде имеет ряд пробелов, хотя многие из них должны быть ликвидированы в следующей версии. Весьма специфические технические вопросы, например, длительное время установления соединения, активно решаются. Однако более общие вопросы, в частности, сложность протокола, более проблематичны. Это обстоятельство замедляет разработку продуктов на базе H.323 из-за трудностей написания и отладки кода.

Наконец, H.323 был изначально определен как одноранговый протокол для локальных сетей и пока он не имеет межсетевую интерфейса, отличного от межпользовательского (или однорангового), и не обеспечивает контроля за перегрузками. Для надлежащего функционирования телефонных сервисов

и соблюдения корпоративных требований необходим четкий межсетевой протокол. Его отсутствие не составляет проблемы в случае частных сетей, голосовых звонков с компьютера на компьютер и даже многих международных вызовов. Однако, если операторы хотят создать сети для предоставления услуг в масштабах всей страны или для обеспечения соединения между телефонными сетями, то этот вопрос приобретает критическое значение. В последнее время многие провайдеры услуг начали отказываться от H.323 в пользу SIP именно в силу названных причин.

5. Протокол Megaco /H.248

Протокол Megaco (известный также как стандарт МСЭ-Т H.248 [28]) должен заменить MGCP в качестве стандарта для управления шлюзами MG. Megaco служит общей платформой для шлюзов MG, устройств управления многоточечными соединениями MGU и устройств интерактивного голосового ответа IVR.

Модель соединений, используемая Megaco, концептуально более проста, чем для протокола MGCP. Megaco рассматривает шлюзы MG как набор оконечных устройств, которые могут быть соотнесены друг с другом внутри определенного контекста. Оконечное устройство является источником или приемником медиапотоков. Как и в MGCP, оконечные устройства могут быть либо физическими, либо виртуальными. Соединение реализуется, когда одно оконечное устройство помещается в контекст другого. К примеру, переадресация вызова выполняется посредством перемещения оконечного устройства из одного контекста в другой, а видеоконференция будет инициализирована размещением нескольких оконечных устройств в общем контексте.

Протокол Megaco прекрасно подходит для предоставления комплексных — как базовых, так и расширенных — услуг индивидуальным пользователям и малым компаниям. Его сила — в принципах функционирования протокола. Он создавался исходя из предположения, что клиенты могут поддерживать

лишь самые простейшие операции обычной телефонной сети (интеллектуальный клиент наподобие ПК не нужен) и что интеллект сети сосредоточен на АТС. Протокол Megaco заменяет собой используемую во многих испытаниях VoIP модель привратников H.323. Он трансформирует внутренние сложные механизмы телефонной сети на границе сети провайдера услуг с помощью множества управляемых шлюзов на телефонной станции на базе IP. Например, пользователи могут сохранить имеющиеся телефоны или УАТС и тем не менее подключиться к сети следующего поколения или интегрированному коммутатору. Эти коммутаторы поддерживают преобразование речи в пакеты и подключаются со стороны заказчика к стандартному голосовому оборудованию коммутации каналов. Интегрированный коммутатор преобразует коммутируемые телефонные вызовы в пакеты IP и использует MGCP для сигнализации или установления соединения через сеть IP.

Цель стандартизации протокола управления устройствами состоит в сохранении позитивных атрибутов централизованной архитектуры управления (масштабируемость, надежность и соответствие регулированию в области телефонных сетей) при одновременном повышении совместимости операций в случае использования устройств разных производителей. Протокол Megaco является ключом к достижению этой цели при построении сети VoIP.

6. Протокол MGCP

Протокол управления шлюзами между средами передачи (Media Gateway Control Protocol, MGCP) [84] был предложен группой, теперь именуемой International Softswitch Consortium. В середине 1998 года был создан технический консультативный комитет (Technical Advisory Council, TAC), куда входили около десятка ведущих производителей коммуникационного оборудования, и предложен протокол управления устройствами IP (Internet Protocol Device Control, IPDC). В то же время Telcordia разработала

простой протокол управления шлюзами (Simple Gateway Control Protocol, SGCP). После того как IETF сформировала рабочую группу Megaco, протоколы были объединены, в результате чего и появился MGCP.

MGCP был представлен на рассмотрение рабочей группе Megaco. Между тем Lucent Technologies предложила третий протокол, под названием протокол управления устройствами среды передачи (Media Device Control Protocol, MDCP), и в результате слияния всех предложений образовался новый, усовершенствованный протокол, названный Megaco (он также известен как H.248).

Суть протокола MGCP состоит в том, что управление сигнализацией сосредоточено на центральном управляющем устройстве, называемом контроллером сигнализаций, и полностью отделено от медиапотоков. Эти потоки обрабатываются шлюзами или абонентскими терминалами, которые способны исполнять лишь ограниченный набор команд, исходящих от управляющего устройства.

Архитектура протокола MGCP-сети также очень проста, в ней выделяются всего два функциональных компонента. Первый может быть представлен шлюзом или IP-телефоном, а второй — устройством управления вызовами, которое может называться контроллером сигнализаций, контроллером шлюза MGC или гибким коммутатором (Softswitch). Иногда контроллер сигнализаций представляют в виде двух компонентов — собственно контроллера, выполняющего функции управления шлюзами, и шлюза сигнализации, обеспечивающего обмен сигнальной информацией и согласование между традиционной телефонной сетью и сетью IP.

7. Протокол ВСС

Протокол управления вызовом независимо от среды переноса (Bearer Independent Call Control protocol, ВСС [35]) разработан ИТУ-Т (Рекомендации Q.1900...Q.1999) и может применяться для взаимодействия MGC между собой при установлении соединения от (к) абонента ТфОП.

Протокол ВСС используется с целью соединения двух сетей ОКС № 7 через сеть пакетной коммутации. Поскольку удалось достичь того, что сообщения ВСС могут передаваться через различные пакетные сети, то протокол ВСС оказался не зависящим от способа передачи сигнальной информации.

Система транспорта сигнализации является одной из главных составляющих протокола ВСС. Предусматривается по одному объекту STC (Signaling Transport Converter) на каждую сигнальную связь. Протокол ВСС передает или принимает сообщения этой сигнальной связи, используя соответствующую точку доступа к услуге SAP (Service Access Point). Два равнозначных блока функции обслуживания вызова CSF (Call Service Function) используют услугу транспортировки сигнальной информации ВСС для уверенной передачи информации между ними и индикации доступности услуг. Таким образом, обмен сообщениями ВСС между одноранговыми протокольными единицами ВСС происходит с использованием этой услуги.

8. Протокол SIGTRAN

Протокол Signaling Transport (SIGTRAN) представляет собой набор протоколов для передачи сигнальной информации по IP-сетям [81]. Он является основным транспортным компонентом в распределенной архитектуре VoIP и используется в таких устройствах, как SG, MGC, Gatekeeper (привратник). SIGTRAN реализует функции протокола управления передачей потоков данных (Stream Control Transmission Protocol, SCTP) и уровней адаптации. SCTP отвечает за надежную передачу сигнальной информации, осуществляет управление потоком, обеспечивает безопасность. В функции уровней адаптации входит передача сигнальной информации от соответствующих сигнальных уровней, использующих службы SCTP. Эти протоколы ответственны за сегментацию и пакетирование пользовательских данных, защиту от имитации законного пользователя, изменения смысла передаваемой информации и ряд других функций.

Тема 8

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ КОМПОНЕНТЫ СЕТИ СЛЕДУЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ И ЗАДАЧИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА

В соответствии с документами Международного союза электросвязи, сеть следующего поколения (Next Generation Network - NGN) определяется как сеть с пакетной коммутацией, допускающая использование различных широкополосных технологий, поддерживающих гарантированное качество передачи. NGN также характеризуется независимостью сервисных функций сети от используемых в ней транспортных технологий, что достаточно подробно было описано в предыдущем отчете: такая сеть должна обеспечивать абонентам возможность беспрепятственного получения услуг различных провайдеров и поддерживать «мобильность» абонента, обеспечивая ему постоянный доступ к услугам, вне зависимости от его местонахождения. При этом никак не регламентируется использование определенных технологий, в связи с чем, для полноценной реализации концепции NGN должны быть реализованы следующие моменты:

- Переход на пакетную коммутацию. На сегодняшний день определен протокол, на базе которого будут развиваться будущие сети с пакетной коммутацией. Все строящиеся сети используют IP пакетирование. На транспортном уровне это IP/MPLS;
- В сетях NGN должно быть реализовано четкое разграничение уровней приложения, управления сетью, транспорта и доступа. Эти уровни должны взаимодействовать между собой и с внешними сетями через открытые интерфейсы. Использование унифицированных интерфейсов создает условия для бесшовного соединения транспортного ядра с различными сетями доступа.

Функциональная модель NGN, разработанная Сектором стандартизации Международного Союза Электросвязи (МСЭ-Т) в Рекомендации Y.2012, определяет изначальную модель сетей, протоколов, технических

средств в функциональном виде, представленном на рис. 8.1. Функциональная плоскость модели NGN содержит два основных функциональных уровня: уровень транспорта и уровень услуг. При переходе к физической плоскости уровень транспорта как правило подразделяют на уровень доступа и уровень передачи и распределения информации. В представленной модели выделяются уровни со следующими основными функциями:

- функции доступа;
- функции передачи информации в сети доступа;
- пограничные функции;
- функции передачи информации в ядре сети;
- функции шлюза;
- функции установления соединения;
- функции управления передачей информации;
- функции управления присоединяемыми сетями;
- функции профиля пользователей передачи информации;
- функции управления услугами;
- функции профиля пользователя услуг;
- функции приложений;
- функции пользователя;
- функции администрирования и менеджмента.

Указанные функции реализуются посредством функциональных объектов, которые могут совмещаться на одной физической платформе или распределяться по разным устройствам, и в совокупности дают итоговое решение NGN.

Наряду с этим, общим принципом функционирования систем NGN является их многопараметричность, присущая любым подсистемам сетей следующего поколения. Проблема многопараметричности систем связи сводится к тому, что количество параметров, необходимых для описания поведения систем связи, оказывается очень большим.

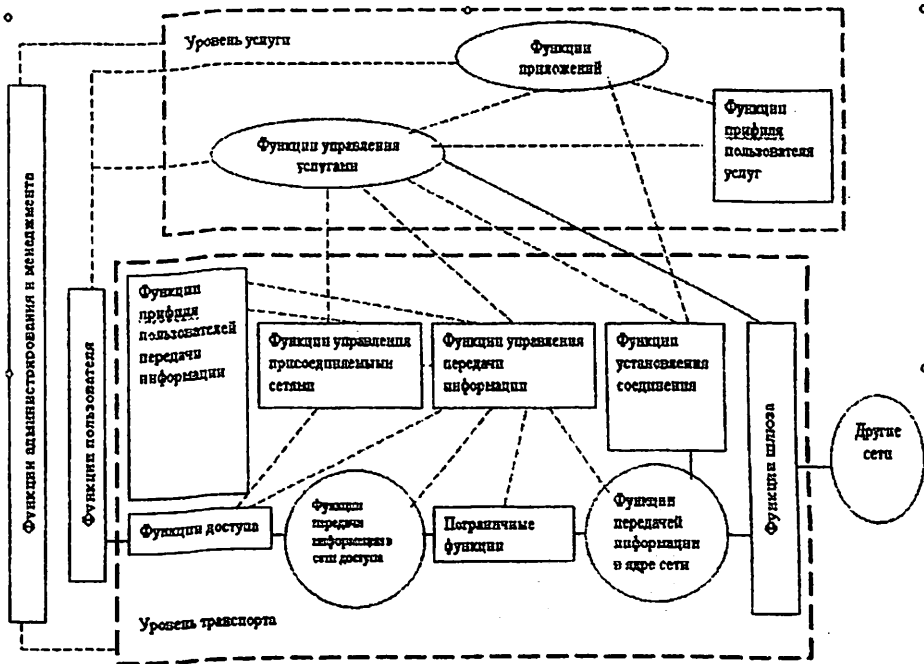


Рис. 8.1. Функциональная модель NGN в соответствии с Y.2012

Поведение систем NGN становится труднопредсказуемым, что достаточно сложно описать существующими математическими методами и оценкой количественных и качественных характеристик. В качестве примера можно рассмотреть увеличение размерности показателей качества на протяжении развития цифровых сетей связи, как показано в таблице 1.1. исходя из таблицы, каждая новая технология существенно увеличивает сложность системы связи. Таким образом, по мере эволюции сетей связи, с появлением мультисервисных гетерогенных телекоммуникационных сетей, усугубляются трудности формализованного описания, связанные с увеличением размерности моделей за счет наличия в составе сетей новых функциональных элементов.

Таблица 8.1

Увеличение размерности при развитии сетей связи

Технология	Особенности технологии	Параметры качества
Цифровой канал ИКМ	Простой цифровой канал передачи данных Линейное кодирование, цикловая структура, сверхцикловая структура, контроль ошибок CRC, сигналы о неисправностях	BER BER, CODE ERR, FAS ERR, MFAS ERR, CRC ERR, LOS, AIS, RDI, REI
SDH	Синхронное мультиплексирование, синхронная передача, механизм активности указателей, многоуровневая генерация сигналов о неисправностях	BER, CODE ERR, FAS/MFAS/CRC ERR, LOS, LOF, RS-REI, RS-RDI, MS-REI, MS-RDI, HP-AIS, HP-RDI, LP-AIS, LP-RDI, TIE, MTIE, джиттер, смещение указателей
ATM	Механизм инкапсуляции данных, нескольких классов нагрузки и QoS, адаптивная маршрутизация VPI/VCI	BER, CODE ERR, FAS/MFAS/CRC ERR, LOS, LOF, RS-REI, RS-RDI, MS-REI, MS-RDI, HP-AIS, HP-RDI, LP-AIS, LP-RDI, TIE, MTIE, джиттер, смещение указателей, VPI/VCI-AIS, RDI, CER, CLS, CMR, CTD, CDV, QoS для типов CBR, ABR, VBR(rt,nrt), UBR, параметры инкапсулированного трафика
Мульти-сервисные сети, MPLS, IP и т.д.	Отсутствие виртуального канала, передача данных в виде дейтаграмм переменного размера, адаптивная и независимая маршрутизация дейтаграмм, произвольное назначение класса нагрузки и QoS	BER, CODE ERR, FAS/MFAS/CRC ERR, LOS, LOF, RS-REI, RS-RDI, MS-REI, MS-RDI, HP-AIS, HP-RDI, LP-AIS, LP-RDI, TIE, MTIE, джиттер, смещение указателей, VPI/VCI-AIS, RDI, CER, CLS, CMR, CTD, CDV, QoS для типов CBR, ABR, VBR(rt,nrt), UBR, параметры инкапсулированного трафика, латентность, потери пакетов, пакетный джиттер, распределенные параметры QoS трафика, распределенные параметры трафика IP, QoS классов MPLS

Способность системы или ее части выполнять функции, обеспечивающие информационный обмен между пользователями системы определяет качество процесса функционирования или качество обслуживания (Quality of Service- QoS). При этом важной стороной этого вопроса является трудность обработки информации с учетом QoS. Соответствующая обработка требует общего вида параметров поведения пользователя и понимания различных сторон функционирования системы. Способность системы обеспечивать некоторое QoS зависит от архитектуры системы и, таким образом, от принципов реализации функций системы. Оптимальная архитектура ориентирована на получение оптимального трафика, соответственно, получение оптимального трафика существенно зависит от оптимальной архитектуры QoS.

Архитектура QoS основана на ряде рекомендаций и документов различных международных организаций, занимающихся разработкой стандартов (в основном, ITU). В рекомендации ITU E.800 (Quality of Service and Dependability Vocabulary) "качество обслуживания- QoS" определено как "суммарный эффект характеристик службы, который определяет степень удовлетворения пользователя службы". Дополнением к описанию QoS в ISO/IEC "Quality of Service Framework" содержится определение модели QoS и определение семантики параметров QoS. Архитектура ВОС при этом определяет типы объектов, используемые для описания открытой системы, общие соотношения между этими типами и общие условия, налагаемые на них и на их соотношения. Для обозначения произвольного уровня модели используется условное алфавитно- числовое обозначение как (N)- уровня, а смежных с ним нижнего и верхнего уровней как (N-1)- уровня и (N+1)- уровня соответственно. Функциональные возможности (N)- го уровня, которые предоставляются в распоряжение (N+1)- компоненты, называются услугами. К понятию услуг относятся не все функции, выполняемые внутри (N)- уровня, а только те из них, которые могут использоваться смежным верхним уровнем. (N)- услуги предоставляются (N+1)- компоненте в (N)-

точках доступа (N- ТДУ) . Служба определяется через набор услуг, которые она предоставляет. В такой интерпретации служба предоставляет услуги тем частям системы, которые находятся над границей службы и в совокупности называются пользователями службы. Части системы, находящиеся ниже границы службы, в совокупности называются исполнителем (провайдером службы). "Качество обслуживания" в документах ITU определяется как "ряд качеств, отнесенных к обеспечению службы, которые воспринимаются пользователями данной службы".

В соответствии с положениями рекомендации ITU-T I.112 вся совокупность телекоммуникационных услуг разделена на два типа:

- доставки (переноса) информации (Bearer Service, BS);
- предоставления связи (Teleservice, TS).

При этом понятие Service охватывает:

- различные виды связи (телефонную, передачи данных, факсимильную, поиска документов и др.);
- основные и дополнительные услуги;
- передачу информации с использованием различных методов коммутации (КК, КП, гибридной),
- предоставление различных средств передачи (проводных, оптоволоконных, радио и др.);
- предоставление различных каналов и трактов, отличающихся стандартизированной скоростью (меньше или равной 64 Кбит/с, 2.048 Мбит/с и выше);
- предоставление ресурсов на время сеанса, в течение специально оговоренного времени, в аренду.

Услуги доставки информации - это вид услуг, который обеспечивает прозрачную передачу информации пользователя между интерфейсами «пользователь-сеть» без какого-либо анализа или обработки ее содержания.

Услуги предоставления связи - это вид услуг, который обеспечивает пользователям все возможности связи с учетом свойств терминального оборудования и сетевых протоколов.

Иерархия понятий в области качества телекоммуникационных услуг приведена на рис. 8.2 (Рекомендация E.800).

Качество обслуживания объединяет понятия: действенность, безопасность, обеспеченность и удобство пользования.

Качество услуги (обслуживания) – QoS рассматривается как совокупность свойств: обеспеченности; удобства пользования; безопасности обслуживания; доступности; бесперебойности; целостности (адекватности информации пользователя при транспортировке через сеть).

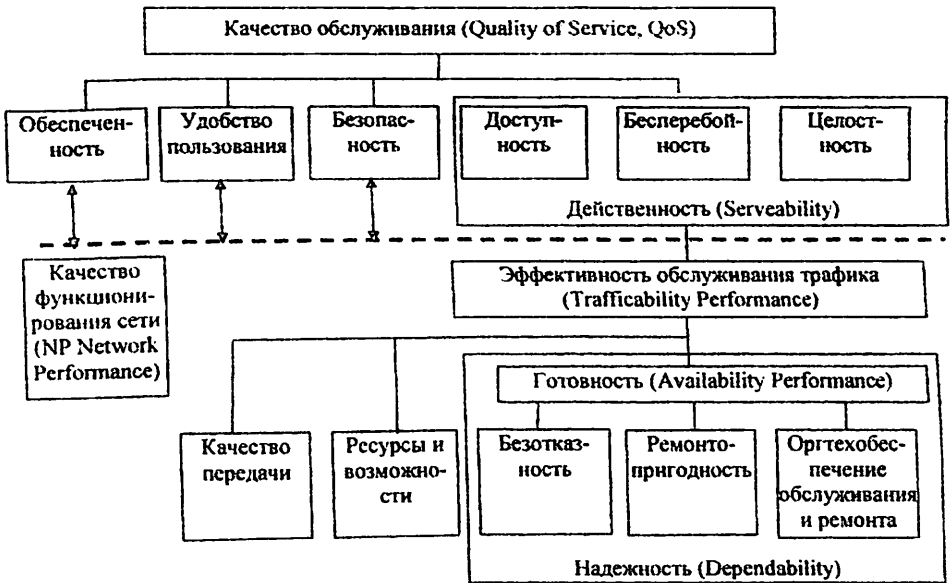


Рис. 8.2. Иерархия понятий в области качества обслуживания и функционирования телекоммуникационной сети

Действенность - свойство обслуживания, состоящее в предоставлении услуги на время сеанса всегда, когда это необходимо пользователю.

Сущность свойств, объединенных понятием действенность, определена следующим образом:

Доступность - свойство обслуживания быть предоставленным в любом месте и в момент, когда это необходимо пользователю.

Целостность - способность оператора предоставить услугу без существенного ухудшения качества передачи.

Бесперебойность - способность оператора в определенных условиях эксплуатации обеспечивать предоставленное обслуживание без перерывов в течение требуемого промежутка времени.

Остальные три свойства качества обслуживания раскрываются следующими определениями:

Обеспеченность - способность оператора связи предоставлять набор услуг и оказывать помощь пользователю в их использовании;

Удобство использования - свойство обслуживания, состоящее в простоте использования;

Безопасность - свойство обслуживания быть защищенным от несанкционированного доступа, злонамеренного и неправильного использования, преднамеренной порчи, стихийных бедствий и человеческих ошибок.

Качество функционирования телекоммуникационной сети (Network Performance, NP) характеризует эффективность обслуживания трафика. Пользователь телекоммуникационной сети обычно не интересуется структурой сети и тем, как предоставляется нужная услуга. В то же время он интуитивно оценивает качество данной услуги, сравнивая его с качеством подобных услуг.

Для обоснования запросов и ожиданий пользователей и оптимизации затрат оператора необходимо обеспечить: строгие формулировки терминов, относящихся к качеству услуг; представление объективных сведений об

ожиданиях и требованиях пользователей и достигнутом оператором уровне качества. Качество обслуживания с точки зрения пользователя может быть выражено совокупностью параметров. Эти параметры описываются в терминах, понятных как службе, так и пользователю, и не зависят от структуры сети. Они 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).

Характеристики сети (NP) определены как способность обеспечения связи между пользователями. Под NP понимают совокупность параметров, которые могут быть рассчитаны и измерены. Характеристики сети ориентированы на разработку системы, проектирование сети на международном или национальном уровнях, эксплуатацию и техническое обслуживание.

Взаимосвязь между параметрами QoS и NP очевидна. Для эффективного обслуживания пользователей сетью важно установить количественные соотношения между их значениями, если между ними отсутствует однозначное соответствие. Различия между QoS и NP отражены в таблице 8.1.

Определение параметров QoS должно базироваться на событиях и состояниях, которые можно наблюдать в точках доступа к услугам.

Определение параметров NP должно базироваться на событиях и состояниях, которые можно наблюдать на границах элементов соединения.

К примеру, ITU определяет телеслужбы (teleservice) и опорные службы (bearer service), где телеслужба - это служба, которую пользователь получает из пользовательского терминала, в то время как опорная служба - это служба, предоставляемая на некотором интерфейсе между пользователем и сетью.

Таблица 8.1.

Различия между качеством обслуживания и характеристиками сети	
Качество обслуживания (QoS)	Характеристики сети (NP)
Ориентировано на пользователя	Ориентированы на оператора сети
Описывается атрибутами услуги	Описываются атрибутами элемента соединения
Ориентировано на эффект, воспринимаемый пользователем	Ориентированы на разработку, проектирование, эксплуатацию и техническое обслуживание
Измеряется между точками (в точках) доступа к услуге	Описывают возможности элементов соединения или сквозных соединений

Концепция характеристик сети (NP)

Качество функционирования телекоммуникационной сети (Network Performance) – это способность обеспечивать информационный обмен между пользователями. Основная характеристика телекоммуникационной сети – это эффективность обслуживания трафика.

Эффективность обслуживания трафика (пропускная способность) – свойство узла коммутации, как объекта сети, обслуживать поступающий трафик с заданной интенсивностью при заданном качестве обслуживания и определенном техническом состоянии (соотношении количества работоспособных и неработоспособных каналов/линий). Способность узла коммутации обслуживать трафик зависит от его надежности, качества передачи и имеющихся ресурсов и возможностей.

Качество передачи – уровень воспроизведения сигнала в пункте приема объектом сети, находящимся в состоянии готовности.

Под ресурсами сети понимают средства коммутации, маршрутизации, переприема, хранения информации (в объектах сетей ПД, компьютерных, ISDN), администрирования (это понятие пока не определено и не

конкретизировано в рекомендациях ITU-T).

Надежность – собирательный термин, используемый для описания свойства готовности и влияющих на него свойств безотказности, ремонтнопригодности, обеспечения технического обслуживания и ремонта.

Готовность – способность объекта сети обрабатывать трафик в произвольный момент времени (кроме планируемых периодов, в течение которых применение объекта по назначению не предусматривается) и, начиная с этого момента, работать безотказно в течение заданного интервала времени.

Безотказность – свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение определенного времени.

Ремонтпригодность – свойство объекта сети, заключающееся в приспособленности к предупреждению и обнаружению причины отказов и восстановлению работоспособного состояния путем проведения технического обслуживания и ремонта.

Обеспечение технического обслуживания и ремонта – способность служб оператора обеспечивать средства для технического обслуживания (ТО) объектов сети (при определенных условиях эксплуатации и принятом способе ТО).

Каждое из свойств может быть описано набором характеристик (показателей, атрибутов). Так, например, *готовность к обслуживанию* определяется характеристиками: среды распространения, работоспособности оборудования, пропускной способности станций и узлов сети.

В Рекомендации I.350 определены три функции, реализуемые сетью и ее службами, и три характеристики каждой из функций. Так получено девять *родовых первичных параметров* («матрица 3x3»), которые могут быть использованы для определения специфических параметров QoS и NP:

- 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*.

Служба сети реализует три функции связи:

- обеспечивает доступ пользователя к ресурсам службы;
- обеспечивает перенос (доставку) информации по установленному соединению;
- обеспечивает освобождение предоставленных ранее ресурсов после окончания сеанса связи.

Под доступом понимают возможность в получении ресурсов 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 инициируется в момент завершения доступа и заканчивается в момент передачи *запроса освобождения*, знаменующего окончание сеанса связи.

Процедура освобождения инициируется в момент передачи сигнала запроса освобождения и завершается для каждого пользователя после освобождения ресурсов службы, выделявшихся во время сеанса связи. Освобождение включает в себя как действия, связанные с разрушением ранее существовавшего соединения, так и с завершением выполнения протоколов верхних уровней. Качество услуги при реализации функций службы описывается тремя параметрами: *быстрота* (скорость), *безошибочность* (точность), *надежность* (уверенность).

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).

Для каждого параметра качества услуги должен быть установлен *норматив*, с которым можно было бы сравнивать измеренные значения в процессе предоставления услуги.

Соглашение об уровне услуг (SLA)

Принципы соглашения об уровне (качества) услуги (Service Level Agreement, SLA) между пользователем и сетью:

В соглашениях об уровне качества услуги (SLA) должны присутствовать:

- требуемая скорость в течение сеанса ($V=R=\text{const.}$, $V_{\text{middle}}=K$);
- допустимая задержка пакетов в потоке ($t_z \leq D$);
- допустимая вероятность потери пакетов в потоке ($P_{\text{пак}} \leq M$);
- правила проверки соответствия действительных параметров трафика соглашению об уровне качества услуги;
- данные для маршрутизации пакетов (адрес/адреса пункта/пунктов назначения).

Если пользователь не может воспользоваться услугами компетентного специалиста, то оператор (провайдер услуг) предлагает ему на выбор один из стандартизованных классов качества обслуживания (CoS).

Ниже приведен пример набора параметров, которые могут использоваться в соглашении пользователя с оператором (провайдером) о качестве обслуживания:

- задержка «из-конца-в-конец» (end-to-end delay) – время, прошедшее с момента формирования пакета данных до передачи его конечному пользователю;

- джиггер (jitter) – диапазон изменения задержки при передаче пакетов в одном и том же потоке данных;
- задержка установления соединения (establishment delay) – максимальная задержка между запросом пользователя на установление соединения и подтверждением провайдера;
- задержка разрыва соединения (release delay) – максимальная задержка между запросом пользователя на разрыв соединения и подтверждением провайдера;
- пиковая пропускная способность (Peak-rate throughput) – максимальное число пакетов, которое приложение может передавать в единицу времени;
- нормальная пропускная способность (Statistical throughput) – среднее число пакетов, которое должно передавать приложение в единицу времени;
- коэффициент потерь (Loss ratio) – отношение числа потерянных пакетов к количеству переданных;
- приоритет – определяет очередность обслуживания сеансов;
- стоимость – определяет максимальную допустимую стоимость сетевого соединения.

Процесс обеспечения качества услуги имеет высокую степень сложности. Это связано с тем, что необходимо установить *однозначное соответствие* показателей качества (QoS), оцениваемых пользователем, с показателями функционирования сети (NP).

Пользователи оценивают качество предоставляемых услуг интегрально, а не в виде совокупности параметров, значения которых зачастую не понимают. Операторы сетей связи (провайдеры услуг) нуждаются в таком методе согласования характеристик качества предоставляемой услуги, который бы представил для оператора качество услуг с точки зрения пользователя. Таким методом является "соглашение об уровне обслуживания" (SLA).

Когда приходит время выбора поставщика услуг, пользователя интересует три вопроса: *доступность, производительность и качество функционирования приложения*, обеспечивающего поддержку услуги. При этом он ожидает, что оператор обеспечит не только бесперебойное функционирование данной услуги, но и быстрое внедрение новых услуг. Обычно нарушения SLA провайдером услуг компенсируются пользователю при тарификации в последующий период пользования услугой.

Провайдер услуг должен иметь возможность предоставлять пользователям отчеты, которые бы доказывали, что требуемый уровень качества услуг поддерживается. Таким образом, SLA позволяет убедить пользователя в способности провайдера поддержать высокое качество при предоставлении дорогостоящих услуг.

Поскольку каждый пользователь оценивает качество услуги по-своему, то оператор (провайдер услуги) должен подходить к формированию SLA индивидуально, базируясь на разных уровнях производительности, доступности службы и стоимости услуги.

Пример SLA с пользователями

Провайдер может предлагать соглашение (SLA), в котором указаны следующие *показатели и нормативы*, установленные для этих показателей: процент неуспешных вызовов < 1 % в месяц из-за отсутствия сетевых ресурсов, процент отказов в обслуживании вызовов в определенном направлении < 2 % в месяц.

Для того чтобы обеспечить выполнение показателей качества обслуживания пользователей, требуется мониторинг значительного числа параметров функционирования сети и проведение большого числа процедур по управлению ими, что невозможно выполнить вручную. Операторы связи нуждаются в специализированных системах управления, поддерживающих выполнение SLA. Подобные системы обеспечивают сбор, обработку параметров, характеризующих функционирование сети, сравнение их со значениями, указанными в SLA, и предоставление пользователям отчетов о

выполнении договора. Многие изготовители систем управления сетями связи представляют на рынке свои программные средства, которые обеспечивают поддержку SLA при предоставлении услуг пользователям.

Концепция NGN предполагает перспективы для качественной реконструкции эксплуатируемых сетей связи. При переходе к NGN нельзя не учитывать одну из сложнейших проблем создания NGN – обеспечение показателей качества обслуживания, установленных для трафика речи. Одна из характерных особенностей сети NGN – передача и коммутация пакетов, что означает существенное изменение процессов обслуживания вызовов, разработанных для аналоговых и цифровых автоматических телефонных станций. В сети NGN реализация этапов установления и прекращения соединения при организации телефонной связи входит в число функциональных задач управляющей системы, причем при любой реализации системы управления в NGN-сети. Задача связана с тем, что речевые сигналы преобразуются в пакеты, а поступление каждого нового пакета требует определенных действий со стороны управляющей системы. Пакет надо обработать, т. е. выполнить ряд функций, в число которых входит и обеспечение его передачи в соответствии с установленными показателями качества обслуживания (Quality Of Service, QoS). Показатели качества обслуживания заметно меняются на этапе обмена информацией.

Для сети с коммутацией каналов, в которой используются цифровые станции, процесс обмена информацией можно представить как обмен пакетами постоянной длины, равной одному октету. Задержка каждого октета складывается из двух величин, обладающих практически нулевой дисперсией:

- времени распространения сигнала – T_p , которое зависит в основном от расстояния между терминалами и типа используемых сред переноса информации;
- суммарной длительности задержки октета в коммутационных станциях, задействованных в установленном соединении – T_k .

Все величины, определяющие значение T_c , нормированы и такие задержки не влияют на качество телефонной связи. Измерения, проведенные специалистами МСЭ и ETSI (Европейского института телекоммуникационных стандартов), показали, что к снижению качества телефонной связи приводит задержка свыше 150 мс. Обозначим время доставки информации в сети с коммутацией каналов для i -го соединения как $T_c(i)$. Под i -ым соединением понимается типовой тракт в телефонной сети, характеризующийся протяженностью канала связи. Множество $\{I\}$ будет содержать от пяти до десяти элементов. Разницу $T_0 - T_c(i)$ можно рассматривать как временной запас, использование которого в сети с коммутацией каналов не предполагается.

В сети с коммутацией пакетов величина $T_0 - T_c(i)$ используется для решения ряда задач, свойственных этой технологии распределения информации. Иными словами, в сетях с коммутацией пакетов реализуется один из алгоритмов управления запасами, от свойств которого зависит качество телефонной связи. Задача проектирования такой сети (с точки зрения соблюдения норм, установленных для качества обслуживания) состоит в том, чтобы рационально использовать имеющийся запас, равный $T_0 - T_c(i)$. Рациональным использованием запаса целесообразно считать разрешение дополнительной задержки при условии, что выполняются все требования к качеству обслуживания трафика. Для сети NGN эти требования установлены рекомендациями МСЭ Y.1540 и Y.1541. Подобные нормы разработаны специалистами ETSI.

Качество телефонного разговора существенно зависит от задержки пакетов, а обслуживание трафика речи приносит оператору основные доходы, несмотря на развитие рынка новых видов связи и дополнительных услуг. По всей видимости, такое положение сохранится и в будущем.

Передачу сигнала от говорящего абонента к слушающему можно представить с помощью модели, которая показана на рис. 8.3. Эта схема используется в ряде рекомендаций МСЭ серии Y. Она основана на модели

взаимодействия открытых систем, разработанной Международной организацией по стандартизации (ISO). Пакеты формируются за счет использования протокола IP. Поэтому многие специалисты оперируют термином "IP-пакет".

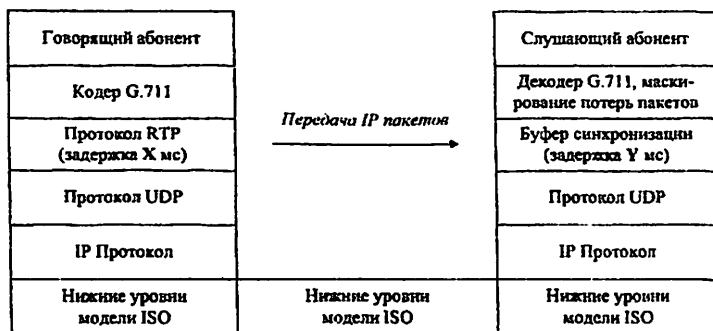


Рис. 8.3. Модель разговорного тракта в сети NGN

В этой модели – с точки зрения рассматриваемой задачи – весьма существенны два момента. Во-первых, на стороне говорящего абонента сигнал задерживается на X мс, чтобы сформировать пакет и, если необходимо, снизить скорость передачи за счет применения кодирующего устройства, отличающегося от рекомендованного МСЭ для цифровой телефонии (G.711). При передаче пакетов через сеть возникают задержки, природа которых имеет случайный характер. Для компенсации этих задержек на стороне слушающего абонента необходим буфер синхронизации (буфер джиттера), в котором пакеты задерживаются на Y мс. Буфер позволяет сформировать последовательность пакетов, обработка которых приведет к восстановлению речевого сигнала на принимающей стороне с заданными качественными показателями.

Для телефонной связи в рекомендации МСЭ Y.1541 предлагаются следующие качественные показатели:

- математическое ожидание времени задержки IP-пакетов между говорящим и слушающим абонентами (PTD) не должно превышать 100 мс;

- вероятность того, что вариация задержки IP-пакетов (IPDV) превысит 50 мс, должна быть меньше 0,001;
- вероятность потери IP-пакетов (IPLR) следует ограничить величиной 0,001;
- доля искаженных IP-пакетов (IPER) не должна превышать порог, равный 0,0001.

Для точного определения величины IPDV целесообразно рассмотреть график, который приведен на рис. 8.4. Он показывает типичное поведение функции распределения времени задержки IP-пакетов.

Величина в 50 мс задается для отрезка времени $T_{MAX} - T_{MIN}$. Значение T_{MIN} равно минимальному времени передачи IP-пакета. Оно определяется при условии, что обработка и передача пакета осуществляется без ожидания в очереди и, кроме того, сами процессы обработки и передачи пакета занимают минимально возможное время, если длительность каждой из этих двух операций представляет собой случайную величину.

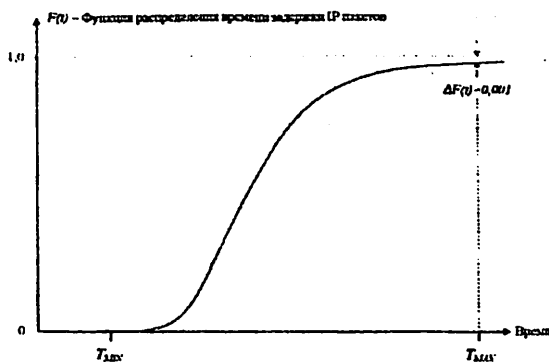


Рис. 8.4. Типичное распределение задержки IP-пакетов

Величину T_{MAX} можно рассматривать как квантиль функции распределения, установленный для ее значения в точке 0,999. Это значение получается при вычитании из единицы заданной вероятности показателя IPDV – 0,001 (эта вероятность обозначена на графике как $\Delta F(t)$).

Для трафика данных его фрактальные свойства могут порождать большие очереди IP-пакетов. Поэтому совместное обслуживание потоков телефонии $P_T(t)$ и данных $P_D(t)$ потребует весьма существенных транспортных ресурсов и высокой производительности коммутационных устройств. Другое решение заключается во введении приоритета для потока $P_T(t)$, т. е. преимущества при обслуживании трафика речи. Именно такое решение предлагается в рекомендациях МСЭ.

Анализ моделей, позволяющих получить характеристики для указанного процесса показывает, что сложнее всего обеспечить требования к допустимому уровню IPDV. Для эффективного обслуживания трафика речи очень важно минимизировать дисперсию времени задержки IP-пакетов в сети NGN. Для сравнительных оценок лучше оперировать коэффициентами вариации, представляющими собой отношение квадратного корня из дисперсии к среднему значению исследуемой случайной величины. Это утверждение иллюстрирует рис.8.5, на котором показаны две кривые – $f_1(t)$ и $f_2(t)$. Эти кривые представляют собой типичные плотности функции распределения длительности задержки IP-пакетов в сети NGN.

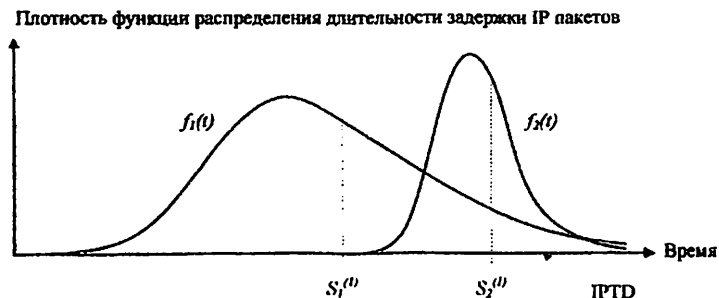


Рис. 8.5. Плотность распределения длительности задержки IP-пакетов в NGN

Для каждой кривой свойственно свое значение математического ожидания времени задержки IP-пакетов – $S_1^{(0)}$ и $S_2^{(0)}$. Очевидно, что $S_1^{(0)} < S_2^{(0)}$. Форма обеих кривых позволяет сделать вывод относительно коэффициентов вариации для обоих распределений – C_1 и C_2 . Очевидно, что $C_1 > C_2$. Если

нормируемое значение IPTD, показанное стрелкой на оси абсцисс, больше $\delta_2^{(i)}$, то распределение $f_2(t)$ представляется предпочтительным. Это означает, что задачу выбора оптимального способа обслуживания трафика речи в сети NGN целесообразно формулировать как минимизацию дисперсии времени задержки IP-пакетов при соблюдении ограничения на уровень среднего значения этой случайной величины.

Это условие позволяет выбрать оптимальную стратегию управления запасами времени $T_0 - T_c(i)$. Эта стратегия может быть разработана на основе методов, используемых в теории управления запасами и в теории массового обслуживания. В телефонной сети, построенной на базе технологии коммутация каналов, ошибки проектирования чаще всего приводят к росту затухания и потерь вызовов. Последствия подобных ошибок, как правило, несложно исправить, но время компенсировать невозможно. Поэтому решение поставленной задачи должно быть выполнено очень корректно. Таким образом, очевидно, что переход к NGN требует тщательного планирования сети. Для высокого качества обслуживания в сети NGN потребуется координация процессов развития телефонной сети общего пользования на всех уровнях ее иерархии. В этом плане задачи, возникающие перед операторами, будут сложнее, чем при цифровизации телефонной сети.

Кроме этого, объединения больших сетевых сегментов в крупные сети в большей степени нуждается в оценке ее производительности. С целью поддержки голоса, видео и трафика данных приложений с различными требованиями к пропускной способности, такие сети должны обладать возможностью дифференцирования и обслуживания различных типов сетевого трафика в зависимости от предъявляемых к ним требованиям. IP-сеть не может обеспечить никакой гарантии надежной доставки трафика приложений. Не будет различия между тысячами потоков в ядре такой IP сети. Для решения этой проблемы также вводится понятие IP QoS. Обеспечение гарантированного и дифференцированного обслуживания сетевого трафика путем передачи контроля за использованием ресурсов и

загруженностью сети ее оператору. QoS это ряд требований, предъявляемых к ресурсам сети при транспортировке потока данных, использует следующие механизмы: распределение ресурсов, коммутация, маршрутизация, механизмы обслуживания очередей и механизмы отбрасывания пакетов. Главными характеристиками QoS являются:

- Полоса пропускания (Bandwidth)
- Задержка (Packet delay)
- Дрожание (Packet jitter)
- Потеря пакетов (Packet loss)

Говоря о полосе пропускания, известно, что каждое приложение требует от сети резервирования минимальной полосы пропускания. Для оцифрованного речевого потока интенсивность составляет, например, 64 Кбит/с. Снижение полосы пропускания на любом из участков сети приводит к невозможности гарантированной передачи речевого потока.

Задержка при передаче пакетов, или латентность, на каждом переходе состоит из задержки сериализации, задержки распространения и задержки коммутации. Задержки сериализации- это время необходимое устройству на передачу пакета при заданной полосе пропускания. Задержки сериализации зависит от ширины полосы пропускания канала передачи информации и от размера передаваемого пакета. Задержки распространения- это время, которое требуется переданному биту информации для достижение принимающего устройства на другом конце канала. Зависит от расстояния и среды передачи, от полосы пропускания не зависит. Задержки коммутации- это время, которое требуется устройству , получившему пакет , для начала его передачи следующему устройству. Если же сеть перегружена, задержки при организации очередей в маршрутизаторах начинают влиять на общую задержку при передаче пакетов и приводят к возникновению разницы в задержке при передаче различных пакетов одного и того же потока. Колебания задержки при передаче пакетов получило название дрожание пакетов (packet jitter). Потеря пакетов определяет количество пакетов,

отбрасываемое сетью во время передачи. Причины потери пакетов (основные) это перегрузка сети и повреждение пакетов при передаче по линии связи.

В целом, определение и анализ тех или иных характеристик сети следующего поколения усложнено сложившейся в последнее время в сетях передачи данных с коммутацией пакетов тенденцией к увеличению объема передаваемого трафика, а также достаточно сложной организацией самой сети, что приводит к необходимости тщательного планирования сетевых ресурсов при ее построении и эксплуатации. Решение подобных задач невозможно без построения моделей, позволяющих с минимальными затратами проводить оценку эффективности функционирования исследуемой сети.

Список литературы

1. Инфокоммуникационные сети: архитектура, технологии и стандартизация. Под редакцией А.А.Сахнина. М.: Горячая линия-Телеком, 2004
2. В.В. Величко, Е.А. Субботин, В.П. Шувалов, А.Ф. Ярославцев Телекоммуникационные системы и сети. Современные технологии, Том 3 Мультисервисные сети, 2005
3. О.В. Махровский Мультисервисные сети связи - сети нового поколения. Век качества № 3 2008
4. А.В. Голышко Либерализация телекоммуникаций как этап развития информационного общества // ISSN 0013-5771. «Электросвязь», № 4, 2006
5. 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.
6. Рекомендация МСЭ-Т Y.120 "Методологические подходы к глобальной информационной инфраструктуре" (ITU-T Rec. Y.120 "Global Information Infrastructure scenario methodology"). 1998, June.
7. Етрухин Н.Н. Первые рекомендации МСЭ-Т о сетях следующего поколения //ИнформКурьерСвязь. 2005. № 6.
8. Рекомендации ITU/ Y.2011 "Принципы и эталонная модель NGN", 2005
9. Гольдштейн А.Б Программные коммутаторы и современные ТФОП. Вестник связи, 2002, № 5
- 10.Р. Кох, Г.Г. Яновский. *Эволюция и конвергенция в электросвязи*. М., Радио и связь. 2001
- 11.Барсков А.Г Softswitch — мягкая посадка в сети нового поколения. Сети и системы связи, 2001, № 9
- 12.NGN: Принципы построения и организации. Под ред. Ю.Н. Чернышова. М.: Эко-Трендз, 2008
- 13.Сети следующего поколения NGN/Под ред. А.В. Рослякова. – М.: Эко-Трендз. 2008.
- 14.В.А. Шалагинов, Д.В. Андреев Управление сетевыми ресурсами для обеспечения качества инфокоммуникационных услуг в сетях NGN // ISSN 0013-5771. «Электросвязь», № 10, 2009.
- 15.ГольдштейнА.Б., ГольдштейнБ.С. Softswitch. - СПб.: БХВ, 2006.
- 16.Семенов Ю.В. Проектирование сетей связи следующего поколения. – СПб. "Наука и техника", 2005
- 17.М. Звягинцев Эволюция требований к сетям доступа // ISSN 0013-5771. «Электросвязь», № 6, 2008.
- 18.А.Т.Гургенидзе, В.И.Корше. Мультисервисные сети и услуги широкополосного доступа. - С.-Пб., 2003. - 434 с.
- 19.Рекомендация МСЭ-Т Y.1541 ((02/2006). Требования к сетевым показателям качества для служб, основанных на протоколе IP

20. Н.Н. Мошак Анализ транспортной системы инфокоммуникационной сети на технологии IP-QoS // ISSN 0013-5771. «Электросвязь», № 3, 2006.
21. Рекомендация МСЭ-Т У.1001. IP-основа. Основа конвергенции телекоммуникационных сетей и сетей с IP технологией.
22. E. Rosen. Multiprotocol Label Switching Architecture, RFC-3031, January 2001.
23. М.А. Шнепс – Шнеппе Построение систем связи нового поколения NGN: Модульный подход // ISSN 0013-5771. «ЭЛЕКТРОСВЯЗЬ», № 3, 2005.
24. Соколов Н.А. Эволюция задач проектирования телекоммуникационных сетей. Connect, №5, 2008 www.connect.ru
25. А.В. Щалагинов Миграция к NGN: стратегии, тактика, практика. ИКС №9 2005 www.miks.ru
26. Васильев А.Б., Соловьев С.П., Кучерявый А.Е. Системно-сетевые решения по внедрению технологии NGN на российских сетях связи. ISSN 0013-5771. «Электросвязь», № 3, 2005.
27. Гулевич Д. С. Сети связи следующего поколения. - М.: Интернет-Университет Информационных технологий; БИНОМ . Лаборатория знаний, 2007.
28. Моделирование систем. Учебн. пособие для вузов. Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. М.: Высшая школа, 2001.

Методическое пособие рассчитано для использования при проведении практических занятий по отдельным разделам дисциплины «Сети и системы передачи данных» (по направлению бакалавриатуры 5311300-Телекоммуникации), «Сетевые технологии» (по направлению магистратуры 5А311301), а также ряда смежных дисциплин при изучении разделов, посвященных функциональности сетей следующего поколения (NGN).

Рассмотрено и рекомендовано к печати учебно-методическим советом факультета Телекоммуникации ТУИТ (Протокол № 9 от 28 мая 2013 г.)

Составители: Усманова Н.Б., Юлдашев М.Д.

Ответственный редактор:

к.т.н., доцент
Амирсайдов У.Б.

Корректор:

Абдуллаева С.Х.

Бичими 60x84 1/16. Босма табоғи 9,125
Адади 40. Буюртма - № 66.
Тошкент ахборот технологиялари
университети
"Нашр-матбаа" бўлимида чоп этилди.
Тошкент ш, Амир Темур кўчаси, 108-уй