



В этой главе...

- Описаны различия между сетями LAN и WAN
- Рассмотрены устройства, используемые в сетях WAN
- Перечислены стандарты WAN
- Описана инкапсуляция в WAN-сетях
- Классифицированы различные канальные опции WAN
- Проанализированы различия между WAN-технологиями коммутации пакетов и коммутации каналов
- Описаны этапы проектирования распределенных сетей WAN

Технологии распределенных сетей WAN

По мере того как размеры предприятия увеличиваются и его подразделения приходится располагать в разных местах, возникает необходимость в соединении между собой локальных сетей этих подразделений и создания распределенной сети (wide-area network — WAN) предприятия. В настоящей главе рассматриваются некоторые способы такого соединения, требуемое аппаратное обеспечение и используемая при обсуждении этих вопросов терминология.

Рекомендуется выполнить лабораторные работы, ознакомиться с видеоклипами и фотографиями, которые находятся на прилагаемом к книге компакт-диске. Эти приложения дополняют материал книги и помогают лучше усвоить используемые понятия и методы.

Обзор технологий распределенных сетей WAN

Под распределенной сетью WAN понимается коммуникационная сеть, которая функционирует на территории, географически превышающей сферу работы локальной сети (local-area network — LAN). Основное отличие распределенной сети от локальной состоит в том, что для использования распределенной сети коммерческая компания или организация должна заключить договор с внешним провайдером службы распределенных сетей для того, чтобы воспользоваться его услугами. Для получения доступа к полосе пропускания на обширной территории сеть WAN обычно использует каналы связи, предоставляемые операторами служб WAN. Как правило, сеть WAN соединяет между собой филиалы одной или нескольких организаций, предоставляет доступ к внешним службам (таким как базы данных) и обеспечивает доступ удаленным пользователям. По сетям WAN передаются данные различных типов, такие как голосовые, обычные цифровые или видео. Чаще всего эти сети предоставляют телефонные службы и передачу обычных данных.

Устройства, расположенные на территории пользователя (рис. 12.1), называются, соответственно, *устройствами пользователя (Customer Premises Equipment — CPE)* и могут принадлежать самому пользователю или арендоваться у провайдера службы. Для связи устройств CPE с ближайшим пунктом расположения устройств провайдера службы, называемым *центральной офисом (Central Office — CO)*, используются медные или оптоволоконные кабели. Эти кабели часто называют локальным ответвлением или “последней милей”. Передача данных происходит либо между этими

локальными ответвлениями или, выходя за пределы локальной области, по магистральному каналу к первичному центру и далее к региональному или международному центру. На рис. 12.2 показана структура сети провайдера службы WAN.

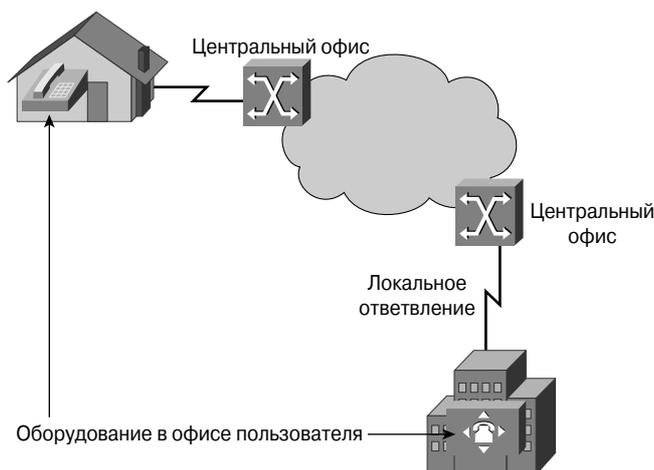


Рис. 12.1. Устройства CPE

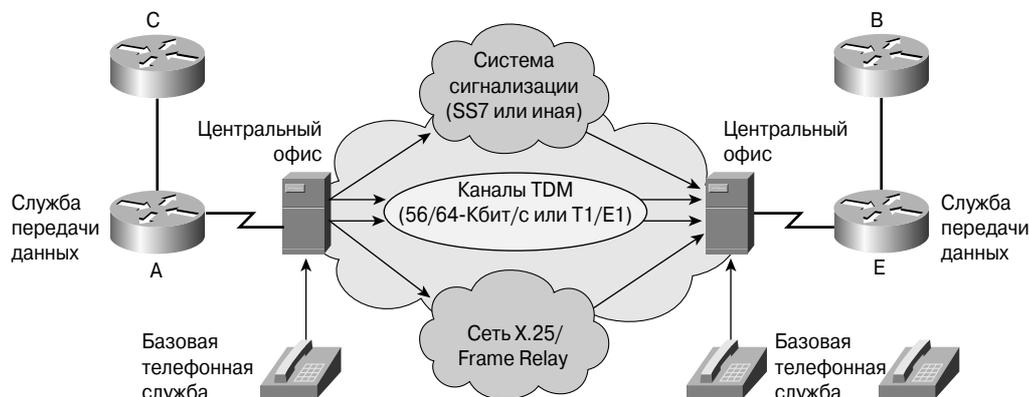


Рис. 12.2. Структура сети провайдера службы WAN

Если локальное ответвление предназначено для передачи данных, то возникает необходимость в устройстве, таком как модем, для их передачи по физической среде. Устройства, передающие данные в локальное ответвление называются *терминальным оборудованием канала передачи данных (data circuit-terminating equipment, data communications equipment — DCE)*. Устройства пользователя, передающие данные устройствам DCE, называются *терминальным оборудованием (data terminal equipment — DTE)*. На рис. 12.3 приведены примеры устройств DCE и DTE. Первичное назначение устройств DCE состоит в обеспечении интерфейса между DTE и каналом связи в среде WAN. Интерфейс DTE/DCE протоколов X.25/Frame Relay использует различные протоколы физического уровня (такие как высокоскоростной последовательный интерфейс [High-Speed Serial Interface — HSSI] или V.35), генерирующих кодированные сигналы, с помощью которых устройства обмениваются данными, как показано на рис. 12.4.

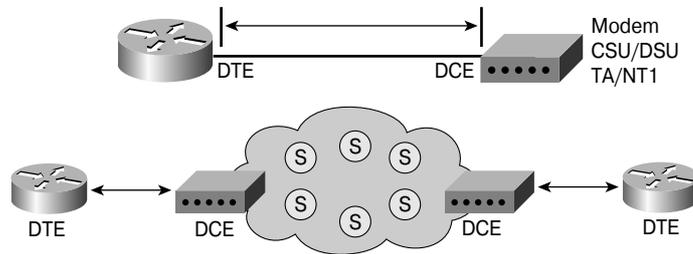


Рис. 12.3. Интерфейс DTE/DCE

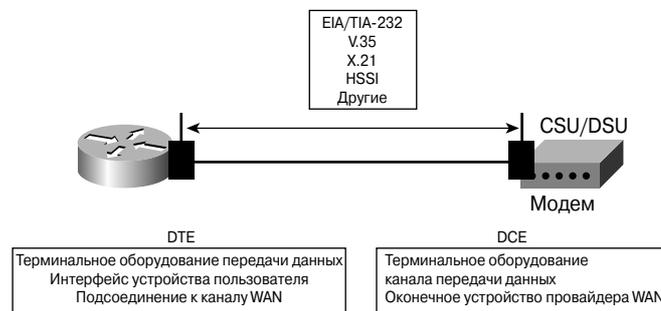


Рис. 12.4. Физический уровень сетей WAN

Каналы WAN, предоставляемые провайдером службы WAN, могут иметь различную скорость, выражаемую в битах в секунду (бит/с), в килобитах в секунду (Кбит/с, 1000 бит/с), мегабитах в секунду (Мбит/с, 1000 Кбит/с) и гигабитах в секунду (Гбит/с, 1000 Мбит/с). Значения, выраженные в битах в секунду, обычно подразумевают дуплексный режим передачи, поэтому по линии E1 реальная скорость передачи составляет до 2 Мбит/с, а по линии T1 — до 1,5 Мбит/с в каждом направлении одновременно. Отметим что 1 Кбит/с равен 1000 бит/с, в то время как один килобайт (кВ, kilobyte) равен 1024 байтам. Скорости передачи данных измеряются с использованием десятичного значения К, в то время как для хранения данных используется бинарное (в виде степени числа 2) значение К. Технически Кбит/с следовало бы записывать со строчной буквы для указания на десятичный характер записи, однако практически все записывают его с прописной буквы. В табл. 12.1 приведены основные типы каналов связи распределенных сетей WAN и их полоса пропускания.

Таблица 12.1. Типы каналов сетей WAN и ширина полосы пропускания

Тип линии	Стандарт сигнала	Скорость передачи
56	DS0	56 Кбит/с
64	DS0	64 Кбит/с
T1	DS1	1,544 Мбит/с
E1	ZM	2,048 Мбит/с
J1	Y1	2,048 Мбит/с

Окончание табл. 12.1

Тип линии	Стандарт сигнала	Скорость передачи
E3	M3	34,064 Мбит/с
T3	DS3	44,736 Мбит/с
OC-1	SONET	51,840 Мбит/с
OC-3	SONET	155,520 Мбит/с
OC-9	SONET	466,560 Мбит/с
OC-12	SONET	622,08 Мбит/с
OC-18	SONET	933,12 Мбит/с
OC-24	SONET	1244,16 Мбит/с
OC-36	SONET	1866,24 Мбит/с
OC-48	SONET	2488,32 Мбит/с
OC-96	SONET	4976,640 Мбит/с
OC-192	SONET	9953,280 Мбит/с

Устройства сетей WAN

По существу, сети WAN представляют собой группы сетей LAN, соединенные между собой каналами связи, предоставляемыми провайдерами служб. Поскольку эти каналы связи не могут быть непосредственно подсоединены к сетям LAN, возникает необходимость в различных типах устройств, реализующих этот интерфейс.

Компьютеры локальных сетей, которым требуется передать данные, направляют их на маршрутизатор, который имеет как LAN-интерфейсы, так и WAN-интерфейсы, как показано на рис. 12.5. Для передачи данных на соответствующий WAN-интерфейс маршрутизатор использует адресную информацию. Маршрутизаторы являются активными интеллектуальными устройствами и, следовательно, могут принимать участие в управлении работой сети. Они осуществляют это путем динамического контроля ресурсов и поддержки выполнения сетью своих задач, таких как поддержка связи, обеспечение надежности передачи данных, контроля управления и гибкости при изменении условий работы.

Для передачи по коммуникационным каналам сигналы должны быть соответствующим образом отформатированы. Цифровым каналам требуются такие устройства, как *модуль обслуживания канала (Channel Service Unit — CSU)* и *модуль обработки данных (Data [or digital] Service Unit — DSU)*. На практике они часто объединяются в одном элементе оборудования (модуль CSU/DSU), как показано на рис. 12.6. Иногда модуль CSU/DSU устанавливается на интерфейсной плате маршрутизатора.

Если локальное ответвление является аналоговым, а не цифровым, то требуется модем, (рис. 12.7). Он позволяет передавать цифровые данные по голосовой телефонной линии путем модуляции и демодуляции сигнала. При этом для передачи по линии цифровые сигналы накладываются на аналоговый голосовой сигнал (модулированный), который можно услышать через внутренний динамик модема. Он прослушивается как серия шипящих и свистящих звуков.

На принимающем конце аналоговый сигнал возвращается в цифровую форму. Этот процесс называется демодуляцией.

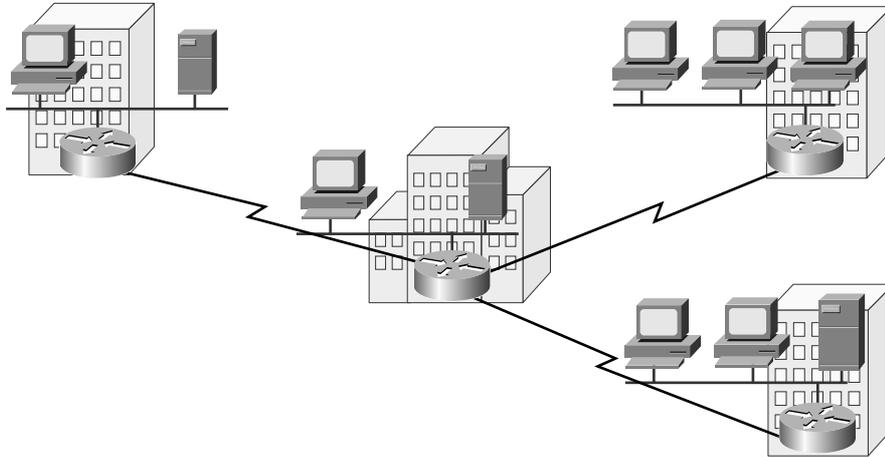


Рис. 12.5. Сети WAN и LAN, соединенные между собой посредством маршрутизаторов

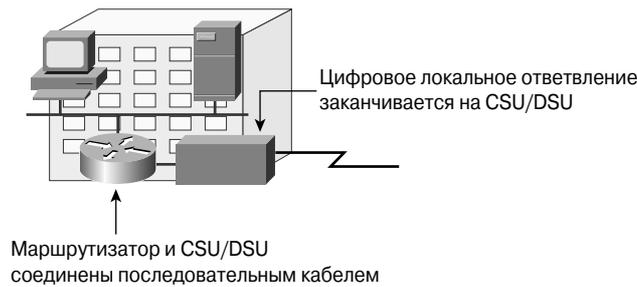


Рис. 12.6. Модуль CSU/DSU сети WAN

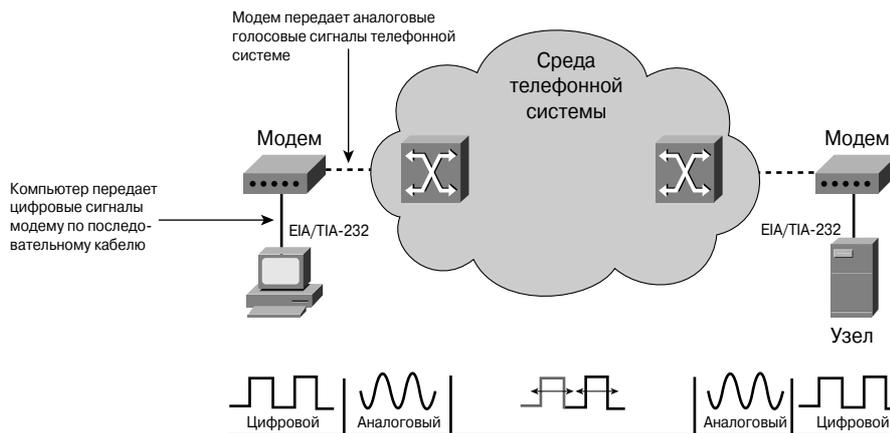


Рис. 12.7. Сети WAN и модемы

При использовании в качестве канала связи цифровой сети интегрированных служб (Integrated Services Digital Network — ISDN) все оборудование, подсоединенное к шине ISDN, должно быть ISDN-совместимым. Как правило, эта совмести-

мость обеспечивается интерфейсом внутри компьютера для соединений непосредственного доступа и в маршрутизаторе для соединений сетей LAN с сетями WAN. В оборудовании ранних поколений не всегда есть интерфейс ISDN; в этом случае может быть использован терминальный адаптер ISDN (terminal adapter — TA).

Коммуникационные серверы, концентрирующие передачу данных удаленных пользователей, используются для обеспечения удаленного доступа к сетям LAN. Они могут иметь различные комбинации аналоговых и цифровых (ISDN) интерфейсов и одновременно передают данные десятков и сотен пользователей.

Стандарты сетей WAN

При описании WAN-сетей, как и для локальных сетей, используется эталонная модель OSI, однако для них основными являются нижние два уровня. Стандарты сетей WAN обычно описывают методы доставки на физическом уровне и требования канального уровня, включая адресацию, управление потоком и инкапсуляцию. Стандарты сетей WAN определяются и контролируются рядом авторитетных организаций.

Протоколы физического уровня описывают электрические, механические операционные и функциональные характеристики соединений со службами, предоставляемыми провайдерами служб связи. Устройства, которые будут подсоединяться к сети WAN, обычно маршрутизаторы, рассматриваются как устройства DTE, а устройства на другом конце соединения, обеспечивающие интерфейс с провайдером службы, рассматриваются как оборудование DCE. В табл. 12.2 приведены некоторые общие стандарты физического уровня, а на рис. 21.8 изображены их разъемы.

Таблица 12.2. Стандарты физического уровня сетей WAN

Стандарт	Описание
EIA*/TIA* 232	Предназначен для передачи сигналов со скоростями до 64 Кбит/с через 25-контактный D-разъем на короткие расстояния. Ранее назывался RS-232. Спецификация ITU-T v.24 практически идентична этому стандарту
EIA/TIA 449 EIA-530	Более скоростная (до 2 Мбит/с) версия EIA/TIA 232, использует 36-контактный D-разъем и позволяет использовать более длинные отрезки кабеля. Используется в нескольких версиях. Также известна как RS-422 и RS-423
EIA/TIA 612/613	Высокоскоростной последовательный интерфейс (High Speed Serial Interface — HSSI), предоставляющий доступ к службам со скоростями до 52 Мбит/с через 50-контактный D-разъем
V.35	Стандарт ITU* для высокоскоростного синхронного обмена данными. В США V.35 является стандартом интерфейса, используемым для большинства маршрутизаторов и устройств DSU, подсоединенных к линиям T1
X.21	Стандарт ITU-T* для синхронных цифровых коммуникаций. Использует 15-контактный D-разъем. Этот тип разъема используется главным образом в Европе и в Японии

*EIA = Electronic Industries Association

*TIA = Telecommunications Industry Association

*ITU = International Telecommunication Union

*ITU-T = International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector

Протоколы канального уровня определяют, способы инкапсуляции данных для передачи их на удаленные узлы и механизмы передачи созданных фреймов. Для этого используется ряд технологий, таких как ISDN, Frame Relay и режим асинхронной передачи (Asynchronous Transfer Mode — ATM), однако все они используют практически один и тот же базовый механизм создания фреймов — высокоуровневый протокол управления канального уровня (High-Level Data Link Control — HDLC), являющийся стандартом ISO, либо один из его вариантов или подмножеств, как показано на рис. 12.9.

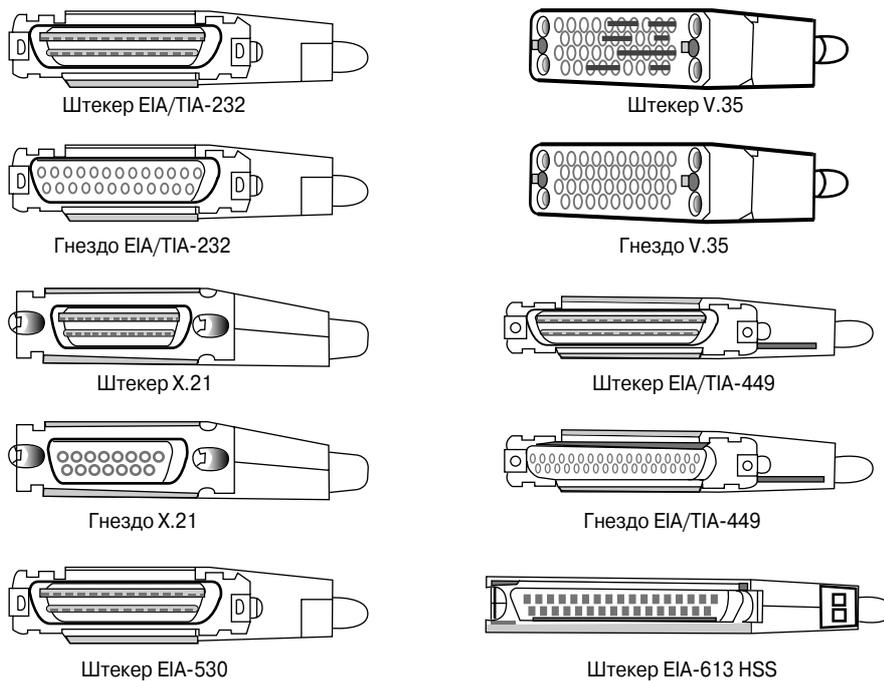


Рис. 12.8. Разъемы WAN-сетей

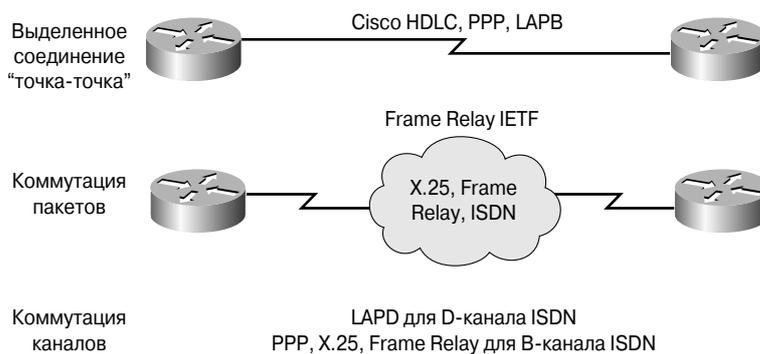


Рис. 12.9. Протоколы канального уровня распределенных сетей

Инкапсуляция в распределенных сетях

Данные сетевого уровня передаются на канальный уровень для последующей передачи по нему обычно через соединения типа “точка-точка”. Фрейм канального уровня образуется путем добавления к данным заголовка и трейлера, используемых в дальнейшем для управления и выполнения необходимых проверок. Все типы WAN-соединений используют какой-либо протокол 2-го уровня для инкапсуляции данных при передаче их по каналу WAN-сети. Для корректного использования протокола на каждом последовательном интерфейсе маршрутизатора должен быть сконфигурирован тип используемой инкапсуляции. Выбор протокола инкапсуляции определяется используемой WAN-технологией и коммуникационным оборудованием. Как правило, механизм создания фреймов базируется на стандарте HDLC.

При разработке механизма создания фреймов HDLC ставилась цель обеспечить надежную доставку данных по ненадежным линиям, поэтому он включает в себя средства сигнализации для управления потоком и контроля ошибок. Каждый фрейм начинается и заканчивается 8-битовым полем флага, двоичное значение которого равно 01111110 или 7E в шестнадцатеричной записи. Поскольку существует вероятность того, что такое значение встретится в самих передаваемых данных, отправляющая HDLC-система вставляет нулевой бит после каждых пяти единиц в поле данных, поэтому на практике значение флага может встретиться только в конце фрейма. Принимающая система удаляет вставленные биты. Если фрейм передается непосредственно за предшествующим, то конечный флаг первого фрейма используется как начальный флаг следующего.

Необходимость в адресном поле в каналах WAN отсутствует, поскольку они практически всегда они являются соединениями “точка-точка”, однако оно все же присутствует и может иметь длину 1 или 2 байта. В управляющем поле указывается тип фрейма, который может быть информационным, контрольным или нумерованным. В нумерованных фреймах передаются сообщения установки канала, в информационных фреймах — данные сетевого уровня, а контрольные фреймы используются для управления потоком информационных фреймов и при необходимости, в случае ошибки, запрашивают повторную передачу данных. Управляющее поле обычно имеет длину один байт, однако в системах с расширенным скользящим окном его длина равна двум байтам. Вместе адресное и контрольное поля называются заголовком фрейма.

За управляющим полем находятся инкапсулированные данные, а затем контрольная последовательность фрейма (frame check sequence — FCS), использующая механизм контроля циклической избыточности и образующая поле длиной 2 или 4 байта. Используются несколько протоколов канального уровня, включая подмножества протокола HDLC и его фирменные версии (рис. 12.10). Обе версии HDLC — для протоколов PPP и Cisco, имеют дополнительное поле в заголовке, которое используется для указания протокола сетевого уровня для инкапсулированных данных.

PPP							
Флаг	Адрес	Управление	Протокол	Данные	FCS	Флаг	

HDLC							
Флаг	Адрес	Управление	Proprietary	Данные	FCS	Флаг	

Рис. 12.10. Форматы фреймов в сетях WAN

Варианты соединений WAN-сетей

В последующих разделах обсуждаются различные технологии, используемые главным образом для WAN-соединений. Целесообразно сделать сначала общий обзор и классификацию этих технологий.

Соединения с коммутацией каналов

Коммутация каналов (circuit switching) может быть использована при установке соединения для передачи голосовых или обычных данных между двумя географически удаленными пунктами. Перед началом передачи полезных данных необходимо создать соединение путем установки коммутаторов. Это осуществляется телефонной службой путем набора номера в обычных голосовых линиях или в цифровых каналах ISDN.

Для сокращения задержки, связанной с этапом установки соединения, операторы телефонных служб также предлагают постоянные каналы в своих системах. Такие выделенные или арендованные линии обеспечивают большую полосу пропускания, чем коммутируемые соединения. Примерами соединений с коммутацией каналов могут служить:

- общедоступная коммутируемая телефонная сеть (Public Switched Telephone Network — PSTN);
- интерфейс базовой скорости ISDN (Basic Rate Interface — BRI);
- интерфейс первичной скорости ISDN (Primary Rate Interface — PRI).

Соединения с коммутацией пакетов

Многим пользователям WAN-сетей не удается добиться эффективного использования полосы пропускания, предоставляемой выделенным каналом, постоянным или коммутируемым, вследствие того, что их потоки данных имеют взрывообразный характер. Для более рационального обслуживания таких пользователей провайдеры служб предоставляют технологии, в которых данные передаются в помеченных ячейках, фреймах или пакетах по сетям с коммутацией пакетов. Поскольку внутренние каналы между коммутаторами используются многими пользователями, стоимость связи в сети с *коммутацией пакетов (packet switching)* ниже чем в сети с коммутацией каналов. Всем пользователям требуется один и тот же канал, а пакеты должны быть полностью приняты, прежде чем перейдут в другой, поэтому задержка (delay, latency) и вариация задержки (также называемая дребезжанием [variability of delay, jitter]) в сетях с коммутацией пакетов больше чем в сетях с коммутацией каналов. Несмотря на задержку и дребезжание, присущие совместно используемым сетям, современные технологии обеспечивают удовлетворительную передачу по таким сетям голосовых данных и даже видео.

Для осуществления отдельного сквозного соединения в сети с коммутацией пакетов необходимо создать маршрут через коммутаторы. Если маршруты создаются сразу после включения коммутаторов, то они называются *постоянными виртуальными каналами (Permanent Virtual Circuits — PVC)*; если маршруты создаются по требованию, то они называются *коммутируемыми виртуальными каналами (Switched Virtual Circuit — SVC)*. Сеть, в которой маршрут не устанавливается заранее, а создается каждым коммутатором для каждого отдельного пакета, называется сетью без ориентации на соединение (connectionless).

Для подсоединения к сети, в которой используется коммутация пакетов, пользователю необходимо создать локальное ответвление к ближайшему месту, в котором доступна служба провайдера, называемому точкой присутствия службы (point of presence — POP). Обычно это арендуемая выделенная линия. Она значительно короче той, которая бы потребовалась для непосредственного подсоединения к месту расположения пользователя; часто по ней проходят несколько виртуальных каналов (virtual circuit — VC). Поскольку маловероятно, что сразу всем каналам VC одновременно потребуется максимум полосы пропускания, пропускная способность выделенной линии может быть меньше чем сумма пропускных способностей отдельных каналов VC. Примерами технологий, использующих соединения с коммутацией пакетов или ячеек являются:

- Frame Relay;
- X.25;
- ATM.

Коммутация пакетов и каналов

Сети с коммутацией пакетов были разработаны для того, чтобы избежать значительных расходов, связанных с эксплуатацией общедоступных сетей, использующих коммутацию каналов, и предоставления более экономичной WAN-технологии.

Когда абонент делает телефонный звонок, набранный номер используется для установки коммутаторов в промежуточных пунктах по всей длине маршрута таким образом, чтобы образовался непрерывный канал от телефонной трубки вызывающей стороны до телефонного аппарата вызываемой стороны. Поскольку для создания канала используется операция коммутации, такая телефонная система называется сетью с коммутацией каналов. Если в такой системе заменить телефонные трубки модемами, подсоединенными к компьютерам, то по такому коммутированному каналу можно передавать компьютерные данные. На рис. 12.11 приведен пример сети с коммутацией каналов.

На практике канал может включать в себя участки, передающая среда которых отличается от медного провода, например, оптоволоконный кабель или микроволновая связь. На внутренних участках маршрута между отдельными промежуточными точками могут передаваться данные и других пользователей, поэтому для предоставления им всем по очереди возможности использовать соединение используется *мультиплексирование с разделением времени (Time-Division Multiplexing — TDM)*. Использование TDM гарантирует, что каждому пользователю будет предоставлена определенная часть полосы пропускания соединения.

Если канал используется для передачи компьютерных данных, то использование таких фиксированных частей полосы пропускания может оказаться неэффективным. Например, если канал используется для доступа к Internet, то при передаче Web-страницы происходит всплеск активности, после которого наступает период бездействия канала пока пользователь читает страницу, а затем новый всплеск при получении новой. Такие колебания интенсивности между нулевой и максимальной типичны для потоков данных в компьютерных сетях. Поскольку пользователь имеет исключительное право на использование такой фиксированной полосы пропускания, коммутируемые каналы являются дорогостоящим способом передачи данных.

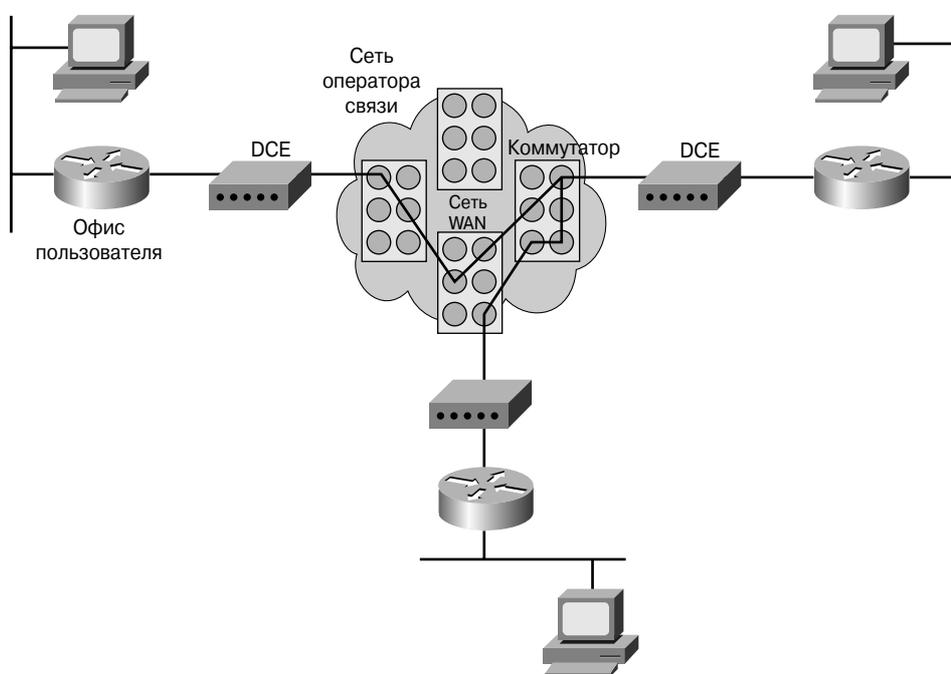


Рис. 12.11. Коммутация каналов

Альтернативой такому подходу является выделение полосы пропускания только в том случае, когда это необходимо и совместное использование полосы пропускания многими пользователями. В соединении с коммутацией каналов биты данных, переданные в канал, автоматически передаются на дальний конец канала, поскольку канал уже установлен. При совместном использовании канала несколькими пользователями необходим какой-либо механизм, помечающий биты для того, чтобы система знала, в какой пункт их требуется доставить. Поскольку пометить индивидуальные биты затруднительно, они объединяются в группы, которые в разных ситуациях называются ячейками, фреймами или пакетами. Созданные помеченные порции данных, называемые пакетами, передаются между промежуточными пунктами сети провайдера с последующей доставкой конечному получателю. Сети, реализующие такой подход, называются сетями с коммутацией пакетов. На рис. 12.12 приведен пример сети с коммутацией пакетов.

Поскольку каналы, соединяющие промежуточные пункты или коммутаторы в сети провайдера выделяются отдельному пользователю только в том случае, если у него есть данные для передачи, становится возможным использование каналов многими пользователями, а стоимость канала для каждого пользователя может оказаться значительно ниже, чем в случае выделенного соединения с коммутацией каналов. С другой стороны, вследствие того, что отдельному пакету, возможно, придется ожидать передачи на коммутаторе до тех пор, пока пакет другого пользователя не покинет канал, задержка передачи данных в сетях с коммутацией пакетов оказывается непредсказуемой.

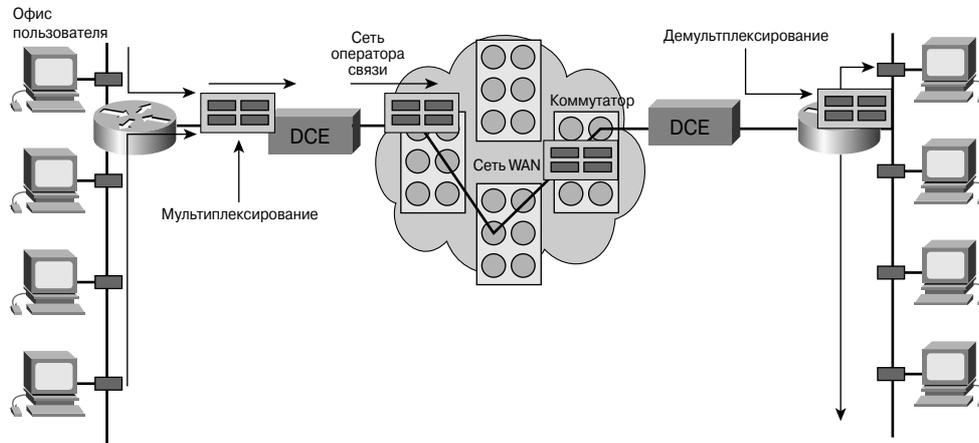


Рис. 12.12. Сеть, использующая коммутацию пакетов

Коммутаторы в сетях с коммутацией пакетов должны быть способны определить по адресной информации каждого пакета следующий канал, в который следует отправить этот пакет. Для определения этого канала могут быть использованы два подхода: без ориентации на соединение (*connectionless*) и ориентированный на установку соединения. В системах без ориентации на соединение таких, например, как Internet, вся адресная информация содержится в каждом пакете. В системах, ориентированных на соединение, маршрут каждого пакета predetermined и каждому пакету требуется только идентификатор. В технологии Frame Relay такой идентификатор называется идентификатором канального уровня (*data-link connection identifier — DLCI*). Коммутатор определяет маршрут в восходящем направлении просматривая таблицу идентификаторов, находящуюся в его оперативной памяти. Совокупность позиций во всех таких таблицах определяет конкретный маршрут или канал в системе; если такой “канал” физически существует только во время прохождения по нему пакета, то он называется виртуальным каналом (*virtual circuit — VC*).

Позиции таблиц, образующие виртуальный канал VC, могут быть заполнены путем рассылки по сети запросов на соединение; в этом случае получаемый канал называется коммутируемым виртуальным каналом (*switched virtual circuit — SVC*). Данные, которые должны пройти по каналу SVC, должны ожидать заполнения соответствующих позиций таблиц, однако после установки канал SVC может функционировать в течение нескольких часов, дней или даже недель. В том случае, когда канал должен быть доступен постоянно, создаются постоянные виртуальные каналы (*permanent virtual circuit — PVC*). Для таких каналов позиции таблиц заполняются во время загрузки коммутаторов, поэтому каналы PVC всегда доступны.

Технологии WAN-сетей

В последующих разделах обсуждаются некоторые из многочисленных существующих WAN-технологий, используемых для создания соединений распределенных сетей, таких как аналоговые соединения удаленного доступа, ISDN, выделенные линии, X.25, Frame Relay, ATM, DSL и кабельные соединения. В этом разделе также обсуждаются преимущества и недостатки этих технологий и некоторые типовые ситуации в которых они используются.

Аналоговые соединения удаленного доступа

В тех случаях, когда по сети передаются небольшие объемы данных и потоки данных имеют пульсирующий характер, использование модемов и аналоговых телефонных линий позволяет осуществлять коммутируемые выделенные соединения с небольшой пропускной способностью (рис. 12.13).

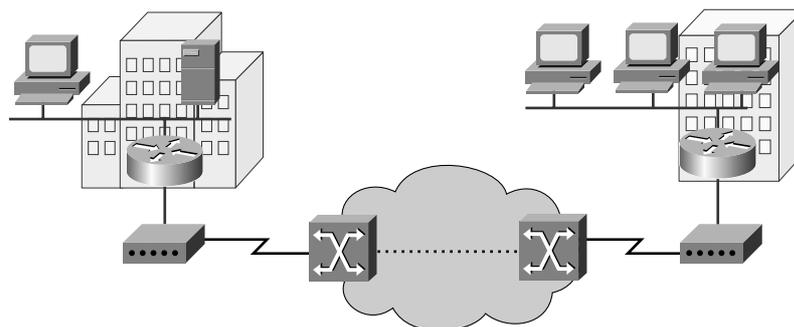


Рис. 12.13. Сети WAN, использующие модемы

В традиционной телефонии телефонный аппарат пользователя соединен с сетью PSTN медным кабелем, называемым локальным ответвлением. Во время телефонного разговора сигнал в локальном ответвлении представляет собой электрическую копию голоса абонента и является непрерывно изменяющимся сигналом.

Локальное ответвление не позволяет непосредственно передавать двоичные компьютерные данные, однако при использовании модема компьютерные данные могут быть переданы по голосовой телефонной сети. Модем модулирует бинарные данные на аналоговых сигналах и, наоборот, демодулирует аналоговые сигналы в бинарные данные.

Скорость такого преобразования ограничена физическими характеристиками локального ответвления и его подсоединения к PSTN и не может превышать верхнего предела, равного примерно 33 Кбит/с. Эта скорость может быть повышена до примерно 56 Кбит/с при условии, что сигнал поступает из цифрового источника.

На небольших предприятиях эта скорость может оказаться удовлетворительной для таких операций, как обмен коммерческой информацией (данные продаж, прайс-листы, стандартные отчеты) и для электронной почты. Для передачи больших файлов или резервирования данных пользователь может воспользоваться преимуществами низкой стоимости такой связи в нерабочее время и в выходные дни. Тарифы такой связи зависят от расстояния между конечными точками, времени суток и продолжительности вызова.

Преимуществами использования модема и аналоговой линии являются простота и небольшая стоимость реализации. Недостатками являются невысокая скорость передачи и относительно большое время, затрачиваемое на установку соединения. Часто в ситуациях, когда используются модемы, довольно длительное время установки соединения не вызывает проблем. Постоянная выделенная линия не вызывает задержки и дребезжания для данных, передаваемых по каналу “точка-точка”, однако голосовые и видеоданные не могут адекватно передаваться при таких низких скоростях.

Технология ISDN

За прошедшее время передача по соединениям или магистралям сети PSTN аналоговых мультиплексированных сигналов с разделением частот уступила место передаче мультиплексированных цифровых сигналов с разделением времени (time-division multiplexed — TDM). Очевидным следующим шагом является перевод локального ответвления на передачу цифровых сигналов, что обеспечивает коммутируемые соединения с большей полосой пропускания.

Служба цифровой сети интегрированных служб (Integrated Services Digital Network — ISDN) превращает локальное ответвление в цифровое соединение TDM. Это соединение имеет каналы носителя с полосой пропускания 64 Кбит/с (В-каналы) для передачи голоса и данных и сигнальный канал (дельта-канал или D-канал) для установки вызова и других целей.

Интерфейс базовой скорости ISDN (Basic Rate Interface — BRI), предназначенный для домашних офисов и малых предприятий, обеспечивает два В-канала и один D-канал с полосой пропускания 16 Кбит/с. Для более крупных предприятий предназначен интерфейс первичной скорости передачи (Primary Rate Interface — PRI) ISDN. Интерфейс PRI предоставляет в Северной Америке 23 В-канала и один D-канал, что обеспечивает суммарную пропускную способность до 1,544 Мбит/с (эта величина включает в себя некоторый объем служебной нагрузки для синхронизации). В Европе, Австралии и других частях света PRI ISDN предоставляет 30 В-каналов и один D-канал, которые обеспечивают суммарную пропускную способность до 2,048 Мбит/с (включая некоторый объем служебной нагрузки для синхронизации). D-канал с пропускной способностью 64 Кбит/с показан на рис. 12.14. Отметим, что скорость передачи интерфейса PRI в Северной Америке соответствует скорости передачи по линии T1. Скорость международного интерфейса PRI соответствует скорости передачи по линии E1.

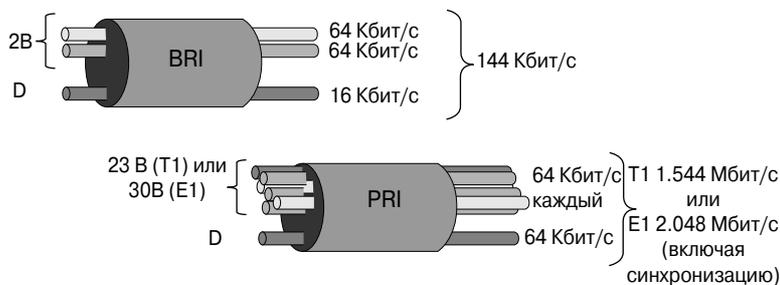


Рис. 12.14. Каналы ISDN

D-канал интерфейса BRI загружен явно недостаточно, поскольку ему требуется управлять лишь двумя В-каналами. Поэтому некоторые провайдеры используют его для передачи данных с небольшими битовыми скоростями, таких, например, как данные соединений X.25 со скоростью 9,6 Кбит/с.

Для небольших WAN-сетей BRI ISDN обеспечивает идеальный механизм связи. Интерфейс BRI имеет небольшое время установки вызова (менее одной секунды), а его В-канал 64 Кбит/с обеспечивает большую пропускную способность, чем аналоговый модемный канал. На рис. 12.15 показана WAN-сеть, в которой используется технология ISDN. Если требуется большая пропускная способность, то возможна активизация второго В-канала, что обеспечивает пропускную способность 128 Кбит/с. Хотя и недоста-

точное для передачи видео, такое повышение позволяет поддерживать в дополнение к передаче данных нескольких телефонных разговоров.

Другим возможным применением технологии ISDN является ее использование при необходимости в качестве дополнительного источника полосы пропускания для уже имеющегося соединения по выделенной линии. Выделенная линия проектируется для основных потоков нагрузки, а ISDN добавляется при пиковых нагрузках. ISDN может быть также использована в качестве резервной линии в случае непредвиденных сбоев в выделенной линии.

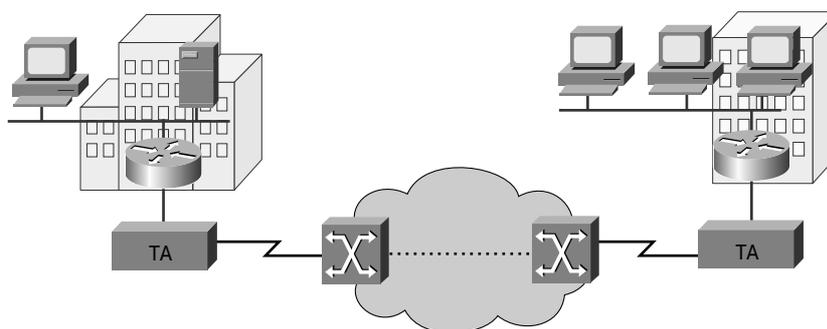


Рис. 12.15. WAN-сеть, использующая технологию ISDN

Тарифы службы ISDN на каждый В-канал аналогичны тарифам голосовых соединений, т.е. два одновременных соединения 64 Кбит/с стоят вдвое больше, чем одно.

При использовании интерфейса PRI ISDN две конечные точки могут быть соединены несколькими В-каналами, что позволяет обеспечить видеоконференцию или несколько широкополосных соединений для передачи данных без задержки или дребезжания. На больших расстояниях использование нескольких соединений может стать весьма дорогостоящим.

Выделенные линии

В тех случаях, когда требуются постоянные выделенные соединения, используются арендуемые линии с пропускной способностью до 2,5 Гбит/с.

Каналы “точка-точка” обеспечивают заранее установленные каналы связи сетей WAN от офиса пользователя к удаленной сети через несущую сеть, такую, например, как сеть телефонной компании. Каналы “точка-точка” обычно арендуются у оператора связи и поэтому часто называются арендованными линиями. Операторы связи предлагают выделенные линии с различными возможными значениями пропускной способности.

Стоимость выделенной линии обычно определяется требуемой полосой пропускания и расстоянием между соединяемыми точками. Каналы “точка-точка” обычно стоят дороже, чем службы совместного использования, такие как Frame Relay. Стоимость решений, использующих выделенные линии, значительно возрастает, если эти линии соединяют большое количество сетевых узлов. Пропускная способность выделенных линий обеспечивает отсутствие задержки и дребезжания. Для некоторых приложений, таких как электронная торговля, существенна постоянная доступность таких соединений.

Для каждого соединения выделенной линии требуется последовательный порт маршрутизатора. Требуются также модули CSU/DSU и канал от провайдера службы. Выделенные линии часто используются для построения WAN-сетей, как показано на рис. 12.16, поскольку обеспечивают постоянную выделенную полосу пропускания. Такие линии традиционно пользуются большим спросом, однако они имеют и ряд недостатков. Объем передачи данных по сети WAN часто изменяется, поэтому полоса пропускания канала редко соответствует конкретным потребностям пользователей. Кроме того, каждой конечной точке требуется отдельный интерфейс маршрутизатора, поэтому маршрутизатор в центральной точке звездообразной топологии оказывается весьма дорогостоящим. Любые изменения параметров выделенной линии, как правило, требуют посещения узла оператором для изменения пропускной способности.

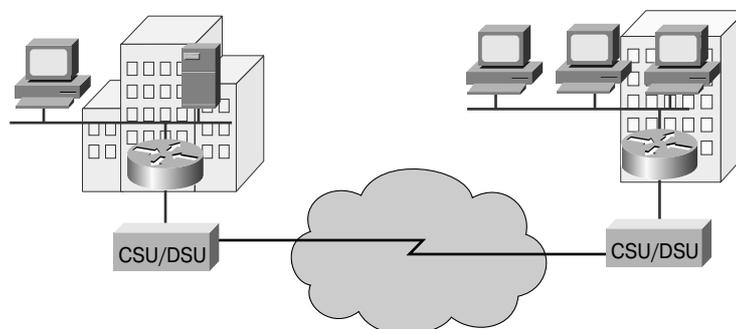


Рис. 12.16. WAN-сети с выделенными линиями

Выделенные линии могут использоваться для создания непосредственных соединений типа “точка-точка” между сетями LAN предприятия. Они также используются для подсоединения отдельных филиалов к сети с коммутацией пакетов. В таком канале могут быть мультиплексированы несколько соединений, что уменьшает длину линии и требования к количеству интерфейсов центральных маршрутизаторов в топологии сети.

Технология X.25

В противовес дорогостоящим выделенным линиям провайдеры служб телекоммуникаций разрабатывают сети с коммутацией пакетов, в которых совместное использование каналов уменьшает затраты пользователей. Первой из таких сетей с коммутацией пакетов была группа протоколов, стандартизованная как X.25. Служба протокола X.25 обеспечивает низкоскоростное совместно используемое соединение с переменной пропускной способностью, которое может быть постоянным или коммутируемым. На рис. 12.17 показана WAN-сеть протокола X.25.

Пользователи службы получают сетевой адрес. В такой сети могут быть созданы виртуальные каналы, по которым получателям передаются пакеты запроса на установку соединения. Созданный канал SVC идентифицируется своим номером. Пакеты данных, отмеченные этим номером, доставляются по соответствующему адресу. В одном соединении могут быть активными несколько каналов.

Абоненты службы подсоединяются к сети X.25 по выделенным линиям или по соединениям удаленного доступа. В сетях X.25 также могут присутствовать предварительно установленные соединения между пользователями, которые представляют собой постоянные каналы PVC.

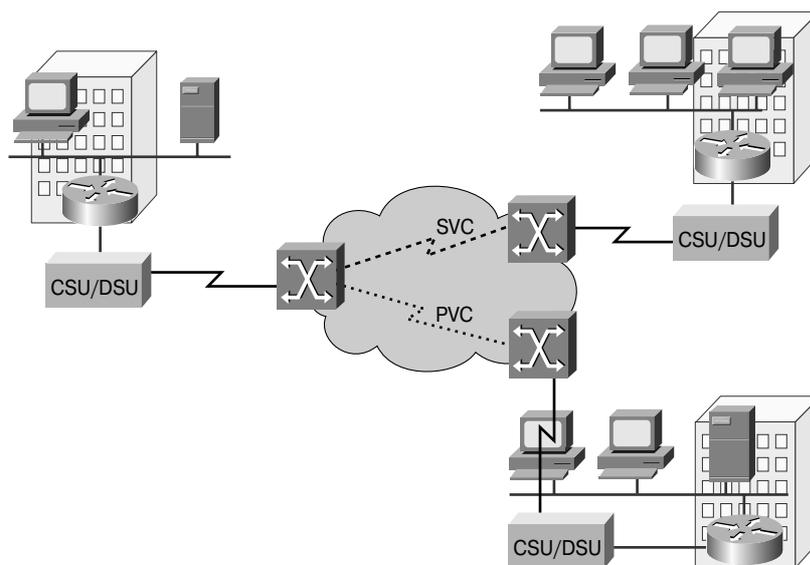


Рис. 12.17. WAN-сеть протокола X.25

Сети X.25 могут оказаться очень эффективными в отношении стоимости, поскольку тарифы в них основаны на объеме переданных данных, а не на расстоянии или времени соединения. Доставка данных может происходить с любой скоростью вплоть до максимальной для данного соединения. Это качество сети обеспечивает определенный уровень гибкости при ее использовании. Сети X.25 обычно имеют невысокую пропускную способность, с максимальным значением равным 48 Кбит/с. Кроме того, передача пакетов данных часто сопровождается задержками, характерными для совместно используемых сетей.

Технология Frame Relay

В связи с увеличением спроса на широкополосную коммутацию пакетов с низкой задержкой провайдеры связи стали использовать технологию Frame Relay (Frame Relay — FR). Хотя общая структура такой сети похожа на сеть X.25, допустимые скорости передачи в ней достигают значений до 4 Мбит/с, а некоторые провайдеры предлагают и большие скорости (рис. 12.18).

Сети Frame Relay отличаются от сетей X.25 в нескольких аспектах. Наиболее важным отличием является то, что Frame Relay использует значительно более простой протокол на канальном уровне. Для обозначения модуля данных на канальном уровне используется термин *фрейм (frame)*.

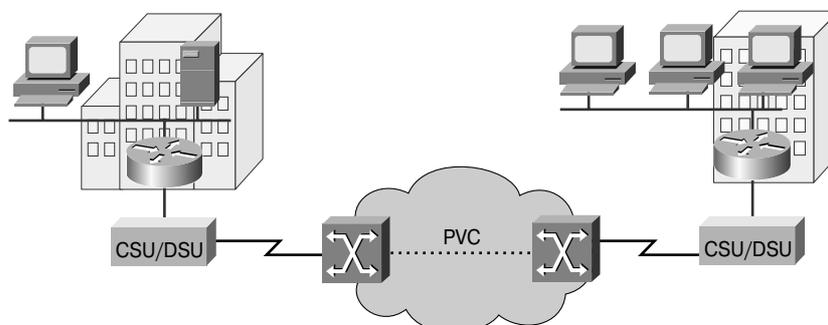


Рис. 12.18. WAN-сети протокола Frame Relay

Протокол Frame Relay не осуществляет контроля ошибок и управления потоками. Благодаря упрощенной обработке фреймов достигается малая задержка. Меры, принимаемые для предотвращения скопления фреймов на промежуточных коммутаторах, помогают уменьшить уровень дребезжания.

Большинство соединений Frame Relay используют постоянные каналы PVC, а не коммутируемые каналы SVC. Соединение с границей сети часто осуществляется по выделенной линии. Для установки канала SVC в одном или более В-каналов используется D-канал ISDN. Тарифы Frame Relay основываются на пропускной способности порта на границе сети и оговоренной в контракте полосе пропускания или согласованной скорости передачи информации (committed information rate — CIR) различных каналов PVC, проходящих через это порт.

Frame Relay обеспечивает постоянные, совместно используемые соединения со средней шириной полосы пропускания по которым передаются как обычные, так и голосовые данные. Технология Frame Relay является идеальным вариантом для соединения между собой LAN-сетей предприятия. Маршрутизатору LAN-сети требуется только один интерфейс, даже если используются несколько каналов VC, а короткая линия доступа или локальное ответвление к границе сети Frame Relay обеспечивает эффективные с точки зрения финансовых затрат соединения между разделенными большими расстояниями LAN-сетями.

Технология ATM

Параллельно с развитием технологии Frame Relay провайдеры служб связи осознали необходимость в технологии постоянного совместного использования с очень малой задержкой, низким уровнем дребезжания и полосой пропускания, значительно большей, чем была доступна ранее. Таким решением стала технология асинхронного режима передачи (Asynchronous Transfer Mode — ATM). В сетях ATM достигаются скорости передачи до 155 Мбит/с. Как видно из рис. 12.19, структура сети ATM аналогична структурам других сетей совместного доступа, таких как X.25 и Frame Relay, однако технология ATM обеспечивает соединения с очень высокими скоростями передачи данных. Эта технология особенно эффективна при передаче данных, для которых крайне нежелательна задержка, таких как видео.

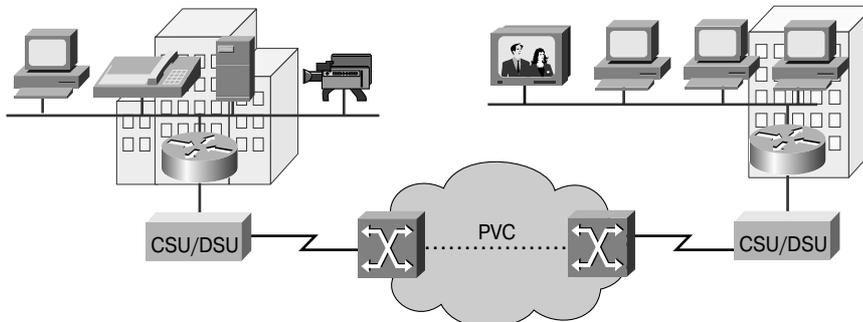


Рис. 12.19. WAN-сеть, в которой используется технология ATM

Режим асинхронной передачи (*Asynchronous Transfer Mode — ATM*) представляет собой технологию, позволяющую передавать голос, видео и обычные данные по открытым (общедоступным) и частным сетям. Основой архитектуры ATM являются не фреймы, а ячейки. Эти ячейки ATM имеют фиксированную длину 53 байта. Такая ячейка включает в себя 5-байтовый ATM-заголовок, за которым следуют 48 байтов полезной нагрузки. Используемые в ATM небольшие ячейки фиксированной длины 53 байта хорошо подходят для передачи голосовых и видеоданных, поскольку для таких данных недопустима задержка. Они не могут ожидать окончания передачи большого пакета данных.

53-байтовая ячейка ATM, в которой на 48 байтов полезной нагрузки приходится 5 байтов служебных данных, менее эффективна, чем имеющие больший размер фреймы и пакеты технологий Frame Relay и X.25. Если в ячейках передаются разбитые на части пакеты сетевого уровня, то уровень служебной нагрузки возрастает, поскольку коммутатор ATM должен быть способен собрать первоначальные пакеты в пункте назначения. Для передачи одного и того же объема данных сетевого уровня типичной линии ATM требуется на 20% большая полоса пропускания, чем каналу Frame Relay.

В технологии ATM используются как каналы PVC, так и каналы SVC, хотя в WAN-сетях чаще используются постоянные каналы PVC. Как и в других технологиях совместного доступа, ATM позволяет реализовать несколько виртуальных каналов в одном соединении по выделенной линии с границей сети.

Технология DSL

Телефонная система налагает ограничения на полосу пропускания локального ответвления. Отделение локального ответвления от телефонной системы позволяет обеспечить значительно большую полосу пропускания без прокладки нового кабеля. На рис. 12.20 показано DSL-соединение.



Рис. 12.20. DSL-соединение

Технология цифрового абонентского канала (Digital Subscriber Line — DSL) позволяет отделить локальное ответвление от коммутатора телефонной станции или аппаратуры локального оператора связи (local exchange). Вместо этого соединение DSL подсоединяет локальное ответвление данного абонента, вместе с локальными ответвлениями других абонентов данной зоны к мультиплексору доступа абонентского цифрового канала (Digital Subscriber Line Access Multiplexor — DSLAM), также расположенному на телефонной станции. Для поддержки обычной телефонной службы мультиплексор DSLAM подсоединяется к коммутатору телефонной станции. Он также обычно подсоединяется, обычно посредством соединения ATM, к Internet-службе провайдера DSL.

Канал DSL поддерживает постоянное соединение. Как только пользователь включает компьютер, подсоединенный к модему DSL, сразу же осуществляется DSL-соединение. При таком подходе не тратится время на набор номера и на установку соединения. Двумя основными типами технологий DSL являются асимметричная (asymmetric — ADSL) и симметричная (symmetric — SDSL). Все формы службы DSL попадают в одну из этих двух категорий; в каждой из них имеется несколько разновидностей. Для обобщенного обозначения всех различных форм службы DSL иногда используется аббревиатура xDSL. Асимметричная служба предоставляет большую полосу пропускания или загрузки в нисходящем направлении (к пользователю), чем в восходящем. Симметричная служба предоставляет одинаковую скорость в обоих направлениях.

Различные разновидности службы DSL предоставляют различную полосу пропускания; при этом у большинства из них полоса пропускания больше, чем у выделенных линий T1 и E1. Достижимая при этом скорость передачи в значительной степени зависит от реальной длины локального ответвления, а также от типа и состояния кабеля. Для удовлетворительного качества службы длина локального ответвления не должна превышать 5,5 км (3,5 мили). Доступность DSL пока далека от универсальной и, вследствие обилия различных типов, уже существующих и разрабатываемых стандартов, служба DSL пока мало распространена в качестве средства связи компьютерных отделов предприятий с домашними работниками. Кроме того, абонент не может непосредственно подсоединиться к сети предприятия; для этого он должен сначала подсоединиться к Internet-провайдеру, а затем создать IP-соединение через сеть Internet с предприятием. Такой способ связи связан с определенным и угрозами безопасности информации.

Кабельные модемы

В городской среде для распространения телевизионных сигналов широко используется коаксиальный кабель. Сеть кабельного телевидения также может быть использована для доступа к сети, предоставляя значительно большую полосу пропускания, чем обычное локальное ответвление телефонной службы. На рис. 12.21 показаны кабельные модемные соединения.

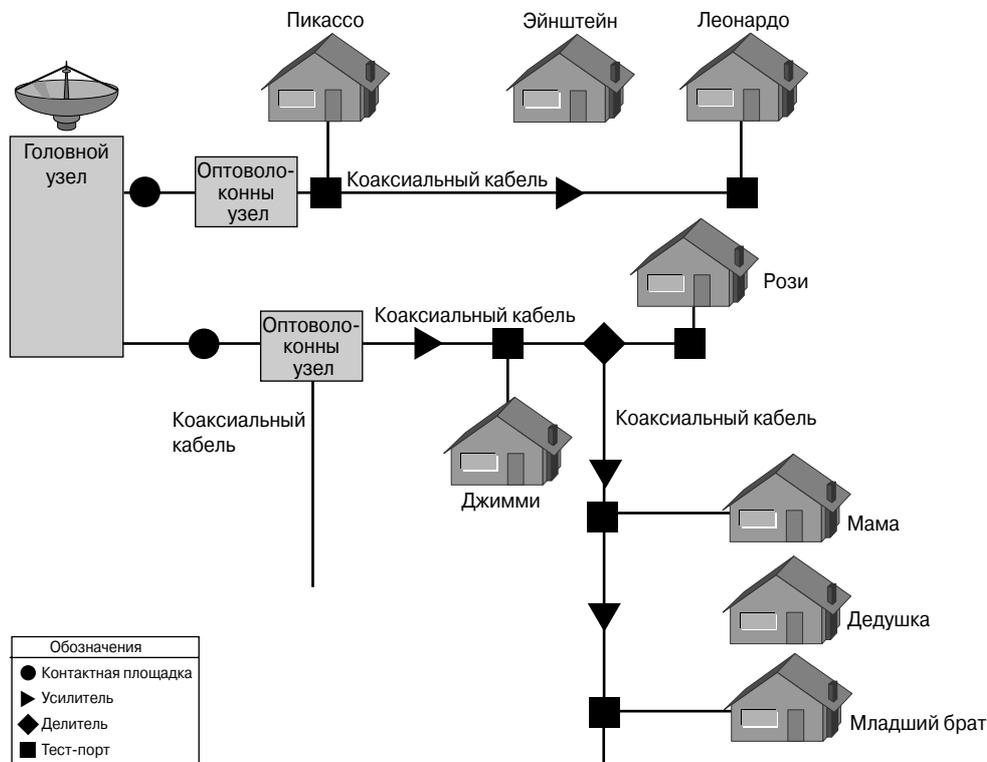


Рис. 12.21. Использование кабельных модемов

Кабельные модемы позволяют осуществлять двустороннюю передачу данных в обоих направлениях, используя те же коаксиальные линии, по которым передается кабельное телевидение. Некоторые провайдеры кабельных служб обещают скорости передачи в 6,5 раз превосходящие скорости выделенных линий T1. Такая скорость делает кабель привлекательной средой для быстрой передачи больших объемов цифровой информации, включая видеоклипы, аудиофайлы и большие объемы обычных цифровых данных. Объем информации, передача которой потребовала бы 2 минут для загрузки с использованием BRI ISDN, при использовании соединения кабельного модема может быть загружен за 2 секунды. Таким образом, кабельные модемы обеспечивают скорости, большие, чем у выделенных линий, с меньшими затратами и более простой установкой. Кабельные модемы обеспечивают круглосуточное соединение. Сразу после включения питания компьютера пользователь оказывается подключенным к сети Internet. Такая установка позволяет экономить время и усилия на набор номера для установки соединения. Однако постоянная включенность (“always-on”) кабельного соединения означает, что подсоединенный компьютер оказывается постоянно уязвимым в отношении атак хакеров и должен быть надежно защищен с помощью брандмауэра.

Кабельный модем способен обеспечить доставку данных со скоростью 30-40 Мбит/с по одному кабельному каналу 6 МГц. Это в 500 раз быстрее, чем модем 56 Кбит/с.

При использовании кабельного модема абонент может продолжать прием кабельного телевидения одновременно с получением данных на персональном компьютере. Это осуществляется с помощью простого делителя “один-к-двум”, как показано на рис. 12.22.

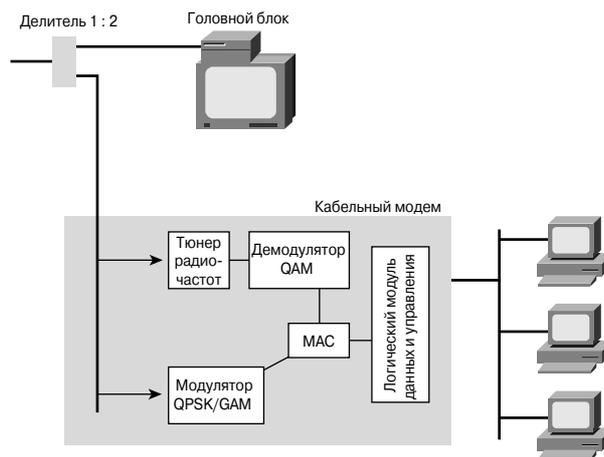


Рис. 12.22. Кабельный модем: двусторонний делитель

Как и в случае использования DSL, у абонента нет другого выбора, кроме как воспользоваться услугами Internet-провайдера (Internet service provider — ISP), предоставляющего службу кабельного модема и подсоединяться к сети своего предприятия с помощью приложения TCP/IP, такого как Telnet. Другим недостатком является то, что все локальные абоненты совместно используют полосу пропускания кабеля, так же, как это происходит в случае коаксиальных соединений Ethernet. По мере того, как к службе подключается все большее количество пользователей, реальная полоса пропускания может оказаться значительно меньшей, чем ожидаемая. Еще более серьезной проблемой является обеспечение необходимого уровня безопасности.

Домашний компьютер пользователя оказывается уязвимым не только для всех пользователей сети Internet, но и для пользователей, подключенных к его собственному кабелю. Поэтому необходим определенный уровень защиты с помощью какого-либо типа брандмауэра.

Для решения проблем безопасности провайдеры модемных кабельных служб предоставляют возможность использования соединений виртуальных частных сетей (Virtual Private Network — VPN) для соединения с сервером VPN, который обычно расположен на корпоративном узле предприятия.

Осуществление связи в распределенных сетях

В настоящее время сетевым администраторам приходится управлять сложными WAN-сетями и обеспечивать работу все большего числа программных приложений, использующих протокол IP (Internet Protocol — IP) и Web. Эти сети предъявляют высокие требования к сетевым ресурсам и требуют высокопроизводительных сетевых технологий. WAN-сети представляют собой сетевые среды, включающие в себя различные среды передачи, разнообразные протоколы и соединения с другими се-

тиями, такими как глобальная сеть Internet. Рост и управляемость таких сетей часто достигается весьма сложным взаимодействием различных протоколов и функций.

Несмотря на повышение производительности используемого оборудования и улучшение свойств передающей среды проектирование WAN-сетей становится все более сложным. Тщательное проектирование сети WAN позволяет уменьшить количество проблем, связанных с ростом сети. Для создания надежной, легко масштабируемой сети WAN сетевой проектировщик должен помнить о том, что каждая WAN-сеть предъявляет свои особые требования к проектированию. В последующих разделах приведен обзор методов, используемых при проектировании WAN-сетей и обеспечения в них надежной связи.

WAN-сети рассматриваются как множество каналов передачи данных, соединяющих маршрутизаторы локальных сетей LAN. Конечные станции пользователей и серверы LAN-сетей осуществляют обмен данными. Маршрутизаторы, при необходимости, передают данные между сетями LAN по каналам связи. Связь по каналам WAN-сетей осуществляется между географически удаленными друг от друга областями. При необходимости осуществить связь локальной станции с удаленной станцией (т.е. с конечной станцией, расположенной в удаленном месте) информация пересылается по одному или более каналам WAN-сетей.

В сети WAN маршрутизаторы играют роль соединительных точек сети. Эти маршрутизаторы определяют оптимальный путь по сети для передаваемого потока данных.

Как правило, финансовые и юридические вопросы, связанные с обслуживанием каналов, образующих сеть WAN, решаются провайдером службы или оператором связи, а требуемые пользователю службы предоставляются предприятию с соответствующей оплатой.

Двумя основными технологиями служб WAN-сетей являются коммутация каналов и коммутация пакетов. Каждая из этих технологий имеет свои достоинства и недостатки. Например, сети с коммутацией каналов предоставляют пользователю выделенную только ему полосу пропускания, которая не может использоваться другими пользователями.

Наоборот, коммутация пакетов является методом, при использовании которого сетевые устройства совместно используют канал типа “точка-точка” для передачи пакетов от источника к получателю по сети оператора связи. Сети с коммутацией пакетов традиционно обладают большей гибкостью и используют полосу пропускания более эффективно, чем сети с коммутацией каналов. Эти каналы, соединяющие между собой локальные сети LAN или подсоединяющие их к другим сетям, обычно имеют значительно меньшую скорость передачи данных (полосу пропускания), чем 100 Мбит/с — значение, типичное для сетей LAN. Оплата канала является основной составляющей стоимости WAN; в процессе проектирования необходимо обеспечить удовлетворительную ширину полосы пропускания с приемлемой стоимостью. В условиях, когда пользователи хотели бы получать доступ к службам с высокими скоростями, а руководство компаний хотело бы удержать затраты в разумных пределах, определение оптимальной конфигурации WAN-сети является для проектировщика непростой задачей. По сетям WAN могут передаваться различные типы данных, такие как голосовые данные, обычные цифровые и видео, поэтому выбранный проект должен обеспечивать достаточную пропускную способность и приемлемое транзитное время, которые будут удовлетворять потребности предприятия. Это будет включать в себя, кроме всего прочего, выбор соответствующей топологии соединений различных узлов между собой и приемлемой пропускной способности.

Традиционные WAN-сети часто состояли из каналов передачи данных, соединяющих географически разделенные компьютеры-мейнфреймы; в современных сетях эти каналы соединяют между собой географически разделенные сети LAN. Рабочие станции конечных пользователей, серверы и маршрутизаторы находятся в этих LAN-сетях, а каналы WAN-сетей заканчиваются на маршрутизаторах. При обмене информацией между соединенными друг с другом LAN-сетями маршрутизаторы определяют оптимальный маршрут по сети для конкретных потоков данных. Маршрутизаторы могут также обеспечивать качество обслуживания (Quality Of Service — QoS) и управлять им, задавая различные приоритеты разным типам данных.

По сравнению с современными WAN-сетями новые WAN-инфраструктуры должны быть более сложными, основываться на новых технологиях и способны работать со все более возрастающим и быстро изменяющимся множеством приложений, обеспечивая требуемый и гарантируемый уровень служб. Кроме того, предполагаемое 300%-возрастание объема передачи данных в ближайшие 5 лет заставит предприятия все более контролировать и сдерживать расходы на WAN-сети.

Сетевые проектировщики используют WAN-технологии для удовлетворения этих новых требований. По соединениям WAN-сетей обычно передается важная информация и их требуется оптимизировать в отношении затрат и ширины полосы пропускания. Например, маршрутизаторы, соединяющие сети кампусов, обычно применяют оптимизацию потоков, избыточные маршруты, резервные соединения удаленного доступа для аварийных ситуаций и QoS для критически важных приложений. В табл. 12.3 приведены обобщенные характеристики WAN-технологий, удовлетворяющих различным требованиям.

Таблица 12.3. Обзор WAN-технологий

WAN-технология	Обычная сфера использования
Выделенная линия	Выделенные линии могут использоваться в сетях типа “точка-точка” (Point-to-Point Protocol — PPP), в звездообразных (hub-and-spokes) топологиях или в качестве резервных соединений для других типов каналов
Цифровая сеть интегрированных служб (Integrated Services Digital Network — ISDN)	Сеть ISDN может быть финансово эффективно использована для получения удаленного доступа к корпоративным сетям. Она поддерживает передачу голоса и видео, а также может быть резервным соединением для других типов каналов
Технология Frame Relay	Frame Relay обеспечивает финансово эффективную, высокоскоростную сеточную топологию с малой величиной задержки соединяющую между собой удаленные узлы. Такие сети могут быть частными или предоставляться операторами связи

Поскольку сеть WAN представляет собой просто набор соединений между расположенными в LAN-сетях маршрутизаторами, в ней отсутствуют какие-либо службы высших уровней и технологии WAN функционируют на трех самых нижних уровнях эталонной модели OSI: физическом, канальном и сетевом, как показано на рис. 12.23. Маршрутизаторы определяют пункт назначения пакетов по заголовку сетевого уровня и передают их на соответствующее соединение канального уровня для доставки по физическому каналу.

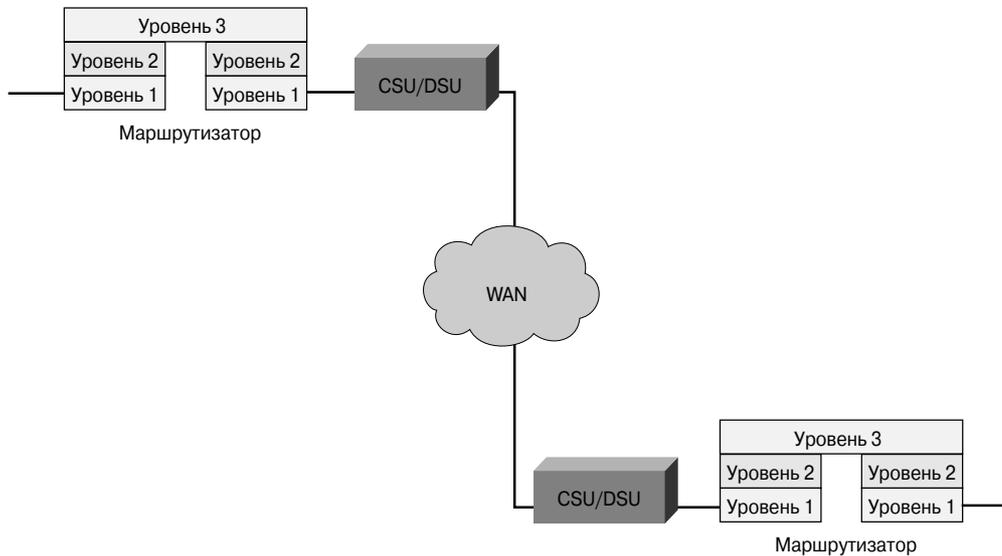


Рис. 12.23. Сети WAN функционируют на 1-м, 2-м и 3-м уровнях

Традиционно WAN-коммуникации характеризовались как имеющие низкую пропускную способность, большую задержку и высокий уровень ошибок. Одной из их характеристик была также стоимость аренды у провайдера службы передающей среды (т.е. кабеля) для соединения между собой двух кампусов. Поскольку инфраструктура WAN часто арендуется у провайдера службы, при проектировании WAN-сети необходимо добиться оптимального сочетания стоимости полосы пропускания и ее эффективности. Например, все технологии и функции, используемые в WAN-сетях, должны удовлетворять следующим требованиям:

- оптимальная полоса пропускания;
- минимальная стоимость;
- максимальная эффективность службы для конечного пользователя.

В последнее время традиционные сети совместного использования стали испытывать перегрузки из-за новых требований к сетям, которые описаны ниже.

- По мере того, как с целью повышения производительности предприятия стали использовать мультимедийные приложения в режиме “клиент-сервер”, нагрузка на сети значительно возросла.
- Скорость повышения требований приложений увеличилась и это, без сомнения, будет продолжаться (например, “подталкивающие” технологии Internet).
- Приложения во все большей степени требуют особого качества обслуживания, вследствие необходимости в службах, которые они предоставляют конечным пользователям.
- Устанавливается беспрецедентное количество соединений между разнообразными офисами, удаленными пользователями, мобильными пользователями, международными узлами, поставщиками/потребителями и соединений через сеть Internet.

- Взрывной рост корпоративных intranet- и extranet-сетей создает все большую потребность в большей полосе пропускания.
- Возрастание количества промышленных серверов позволяет решать коммерческие задачи различных компаний и организаций.

Интеграция локальных и распределенных сетей

Распределенным приложениям требуется все большая полоса пропускания, а взрывной рост использования Internet подводит многие архитектуры LAN-сетей к пределам их возможностей. Значительно возрос объем голосовых коммуникаций, при этом все для обмена вербализованной информацией больший упор делается на централизованных системах “голосовые сообщения — электронная почта”. Сеть стала критически важным инструментом для передачи информационных потоков. В настоящее время от сетей требуется меньшая стоимость и вместе с тем поддержка возникающих приложений и большего числа пользователей с повышающейся производительностью.

До настоящего времени коммуникации локальных и распределенных сетей оставались логически отделенными друг от друга. В сетях LAN полоса пропускания бесплатна, а количество соединений ограничено только аппаратным обеспечением и затратами на реализацию сети. В сетях WAN основные затраты связаны с арендой полосы пропускания, а чувствительные к задержке данные, такие как голос, остаются отделенными от обычных данных.

Internet-приложения, такие как голосовые и видео в реальном времени, требуют большей производительности сети и предсказуемого ее поведения. Эти мультимедийные приложения быстро становятся существенной частью коммерческих средств и инструментов. По мере того, как компании начинают планировать реализацию в своих сетях новые, основанные на intranet, приложения, такие как видеообучение, видеоконференции и передачу голоса по IP, нагрузка, создаваемая ими на уже существующую инфраструктуру сети становится серьезной проблемой. Если ранее компания полагалась на свою корпоративную сеть при передаче критически важных коммерческих данных и сейчас намеревается интегрировать в сеть онлайн-видеообучение, то сеть должна быть способна обеспечить гарантированное качество обслуживания QoS. Эта служба QoS должна обеспечить передачу мультимедийных данных, не позволяя им однако смешиваться с критически важными коммерческими данными. Поэтому сетевому проектировщику при решении многих проблем объединенных сетей требуется проявить большую гибкость чтобы полученное решение не требовало создания нескольких сетей или отказа от использования уже сделанных инвестиций в коммуникации.

После того, как станут понятны требования к сети, необходимо определить и выбрать конкретные возможности, соответствующие данной компьютерной среде. Информация последующих разделов поможет решить эти задачи: особенно задачи выбора типов соединений, структуры каналов между различными местами и выбора для этих каналов технологий, удовлетворяющих требования предприятия с приемлемыми затратами. Многие сети WAN используют звездообразную топологию, часто по историческим причинам. По мере роста предприятия и добавления новых подразделений происходило их подсоединение к центральному офису, и создание таким образом традиционной звездообразной топологии. Иногда для большей надежности или уменьшения задержки некоторые конечные точки лучей звезды соединяют друг с другом,

в результате чего создается полносвязная или частично-связная топология. Между звездообразной и полносвязной топологиями находятся много промежуточных возможных способов соединения между собой устройств сети. При проектировании новой сети WAN или в более общем случае, при анализе или модифицировании уже существующей WAN-сети должна быть выбрана новая топология, которая удовлетворяет общим принципам проектирования.

При выборе топологии требуется учесть несколько факторов. С увеличением количества каналов обычно возрастают затраты. Наличие нескольких каналов между конечными точками повышает надежность. Чем больше количество узлов или маршрутизаторов, через которые должны пройти данные, тем большее время для этого требуется, поскольку как правило, поскольку каждый пакет данных должен быть полностью получен на сетевом устройстве, перед тем как он будет отправлен следующему устройству.

В каналах передачи данных может быть использован ряд технологий с различными функциями, как показано в табл. 12.4.

Таблица 12.4. Технологии WAN-сетей

Тип канала передачи данных	Оплата услуг провайдера	Полоса пропускания	Тип соединения
Частная выделенная линия	Расстояние, пропускная способность	Не ограничена	Постоянное/Фиксированная пропускная способность
Телефонный канал	Расстояние, время	33–56 Кбит/с	Коммутируемое, низкая скорость соединения
ISDN	Расстояние, пропускная способность	64–128 Кбит/с	Коммутируемое, средняя скорость соединения
X.25	Объем передаваемых и получаемых данных	Не более 48 Кбит/с	Коммутируемое/Фиксированная пропускная способность
Frame Relay	Пропускная способность	Не более 4 Мбит/с	Постоянное/Фиксированная пропускная способность
ATM	Пропускная способность	Не более 155 Мбит/с	Постоянное/Фиксированная пропускная способность

Технологии, требующие установки соединения перед передачей данных, такие как обычная телефонная линия, ISDN или X.25, не подходят для WAN-сетей, которым требуется малое время отклика или задержки (хотя после установки соединения ISDN и телефонная линия являются соединениями с малым временем отклика и малым дребезжанием). В частности, ISDN часто применяется для соединения малого/домашнего офиса (small/home offices — SOHO) с корпоративной сетью, обеспечивающего быстрое соединение и приемлемую полосу пропускания. ISDN часто отказывается полезной в качестве резервного канала для первичных соединений и для обеспечения соединений по требованию параллельно с первичным соединением. Особенностью этих технологий является то, что они оплачиваются только в том случае, когда они реально используются. Отдельные подразделения предприятия могут быть непосредственно соединены выделенными линиями или могут быть подсоединены с помощью канала доступа к ближайшей точке присутствия (nearest point-of-presence — POP) сети совместного использования. Примерами таких сетей совместного использования являются X.25, Frame Relay ATM.

Выделенные линии обычно длиннее, и, следовательно, дороже каналов доступа, однако предоставляют практически любую ширину полосы пропускания. Они имеют малую задержку и низкий уровень дребезжания.

В сетях ATM, Frame Relay и X.25 передача данных от нескольких пользователей осуществляется по одним и тем же внутренним каналам. Предприятие не может управлять количеством каналов или переходов, по которым должны пройти данные в сети совместного использования или временем ожидания, которое потребуется его данным на каждом устройстве перед тем, как они будут переданы в следующий канал. Такая неопределенность времени задержки и уровня дребезжания делает эти технологии неприемлемыми для некоторых типов передаваемых по сети данных. Однако часто эти недостатки сети совместного использования перевешиваются меньшей стоимостью для каждого из совместно использующих сеть пользователей. Поскольку канал используется несколькими пользователями, расходы каждого из них обычно существенно меньше, чем стоимость непосредственного канала с той пропускной способностью.

Хотя сети технологи ATM и являются сетями совместного доступа, при ее создании ставилась цель достичь минимальной задержки и дребезжания путем использования высокоскоростных внутренних каналов, по которым передаются легко управляемые модули данных, называемые ячейками. Ячейки ATM имеют фиксированную длину 53 байта: 48 для данных и 5 для заголовка. Эта технология широко используется для передачи чувствительных к задержке данных. Технология Frame Relay также может быть использована для передачи чувствительных к задержке данных; при этом часто используется QoS для предоставления более высокого приоритета более чувствительным данным.

Типичная сеть WAN использует комбинацию различных технологий, которые выбираются в зависимости от типа и объема передаваемых данных. Для подсоединения отдельных подразделений в конкретной зоне используются ISDN, Frame Relay или выделенные линии. Для подсоединения зон к магистрали используются технологии Frame Relay, ATM или выделенные линии.

Идентификация и выбор модели сети

Иерархические модели позволяют проектировать сеть на различных уровнях. Для того, чтобы понять важность разбиения на уровни, рассмотрим эталонную модель OSI, уровневую модель, используемую для наглядной иллюстрации компьютерных коммуникаций. Используемые в этой модели уровни упрощают понимание задач, которые требуется решить для того чтобы два компьютера могли осуществить связь. Иерархические модели, применяемые при проектировании сетей, также используют уровни для упрощения решения задач соединения между собой различных сетей.

Каждому уровню могут быть поручены специфичные для него функции, что позволяет сетевому дизайнеру выбрать соответствующие системы и функции для каждого уровня.

Иерархическое проектирование облегчает внесение в сеть изменений. Использование модулей при проектировании сети позволяет создавать элементы проекта, которые могут быть повторены по мере роста сети. Кроме того, поскольку сетям требуется модернизация его стоимость и сложность ограничены небольшой подсетью всей сети. В крупных, плоских или полносвязных сетях прослеживается тенденция к тому, что изменения затрагивают большое количество систем. Структурирование сети на небольшие, легко понимаемые сегменты также облегчает нахождение точек сбоя в сети. Сетевой менеджер в этом случае легко может найти в сети точки перехода и это позволяет ему впоследствии найти точки сбоя.

Иерархическая модель проектирования сети

При проектировании сети имеется тенденция использования в качестве базовой одной из двух общих стратегий: сеточной или структуры. В сеточной структуре топология сети является плоской, в том смысле, что все узлы имеют одинаковый уровень — все маршрутизаторы выполняют в основном одни и те же функции и нет строгого ответа на вопрос о том, где выполняются какие-либо конкретные функции. Расширение (масштабирование) сети как правило носит полуслучайный, произвольный характер. В иерархической структуре сеть организуется в виде совокупности уровней, каждый из которых выполняет свои конкретные функции. Ниже приводятся преимущества иерархической модели.

- **Масштабируемость.** Сеть, организованная по иерархической модели, может расширяться значительно больше, не жертвуя при этом контролем и управляемостью, поскольку отдельные функции локализованы и потенциальные проблемы легче выявляются. Примером огромной иерархически спроектированной сети является открытая телефонная сеть.
- **Простота реализации.** При иерархической организации сети каждому уровню назначаются определенные функции, что облегчает построение сети.
- **Облегчается поиск и устранение проблем.** Поскольку функции каждого уровня четко определены, упрощаются локализация и изоляция источника проблемы. Временная сегментация сети для уменьшения сферы влияния сбоя также становится более простой.
- **Предсказуемость.** Поведение сети, использующей функциональные уровни, достаточно предсказуемо, что значительно облегчает планирование и расчет пропускной способности при расширении сети; такой подход к проектированию сети также облегчает моделирование сети для аналитических целей.
- **Поддержка различных протоколов.** Совместное использование протоколов и приложений, используемых в настоящее время и будущих значительно облегчается в сетях, следующих принципам иерархической организации, поскольку их структура уже сейчас логически организована.
- **Управляемость.** Все перечисленные выше преимущества значительно повышают управляемость сети.

Трехуровневая модель проектирования

При иерархическом проектировании сеть подразделяется на следующие три уровня:

- Базовый уровень, обеспечивающий оптимальную транспортировку данных между сетевыми центрами;
- Уровень распределения, который осуществляет соединения на основе заданных политик;
- Уровень доступа, обеспечивающий доступ к сети отдельных пользователей и рабочих групп.

На рис. 12.24 показана структура верхних уровней сети при иерархическом проектировании.

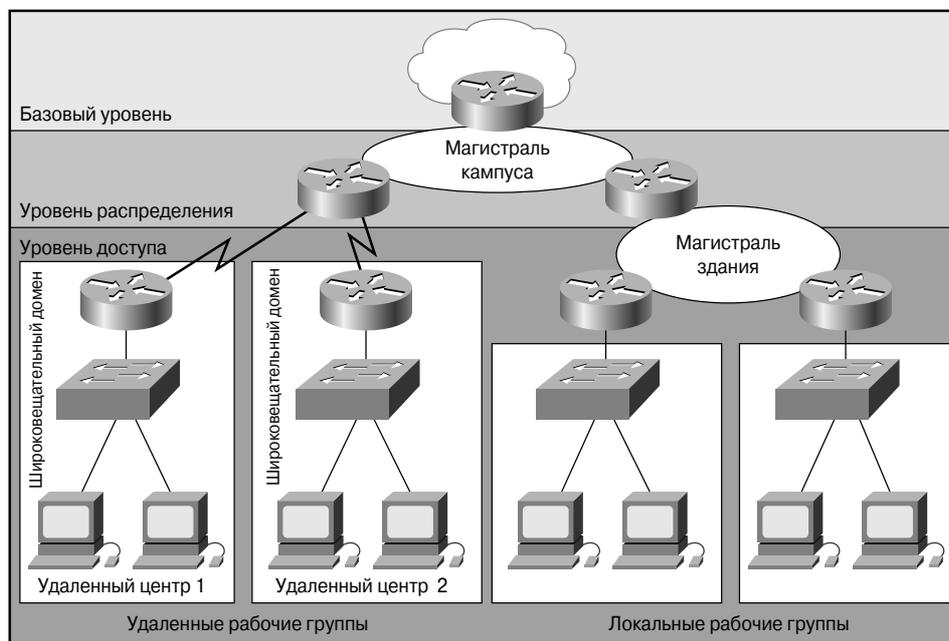


Рис. 12.24. Иерархическое проектирование сети

Предположим, что некоторое, возможно, финансовое предприятие работает во всех странах Европейского Союза и имеет филиалы в каждом городе с населением более 10000 человек. Каждый филиал имеет свою локальную сеть и руководством принято решение соединить между собой все эти локальные сети и создать, таким образом, распределенную сеть WAN. Полносвязное решение явно неприемлемо, поскольку для соединения этих 900 центров потребовалось бы полмиллиона каналов. Простую звездообразную топологию было бы очень трудно реализовать, поскольку потребовался бы маршрутизатор-концентратор с 900 интерфейсами или один интерфейс с 900 виртуальными каналами в сети с коммутацией пакетов.

Рассмотрим вместо этих вариантов иерархическую модель, в которой группа сетей LAN соединяются с образованием зоны, зоны соединяются между собой, образуя регион, а при объединении регионов образуется магистраль WAN-сети.

Зоны могут быть образованы по количеству соединяемых точек, с верхним ограничением 30-50, или следовать устоявшимся географическим границам. Зоны будут иметь звездообразную топологию, как показано на рис. 12.25; точки концентрации соединяются между собой с образованием региона, возможно, вновь со звездообразной топологией. Регионы образуются по географическому принципу, а концентраторы каждого региона могут быть соединены топологией “точка-точка”, как показано на рис. 12.26 и 12.27.

Эта трехуровневая модель напоминает иерархическое построение в телефонных системах. Каналы, соединяющие сетевые центры зоны и предоставляющие им доступ к сети предприятия, называются каналами доступа или уровнем доступа сети WAN. Потоки данных между зонами распределяются по каналам распределения и, при необходимости, передаются в магистральные каналы для отправки в другие регионы.

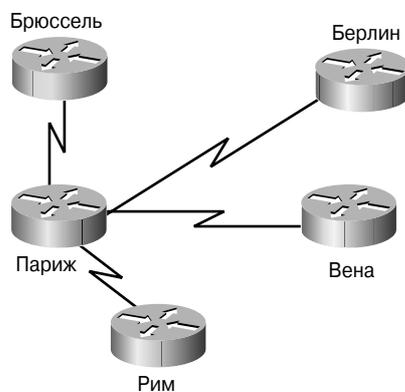


Рис. 12.25. Иерархическая сеть

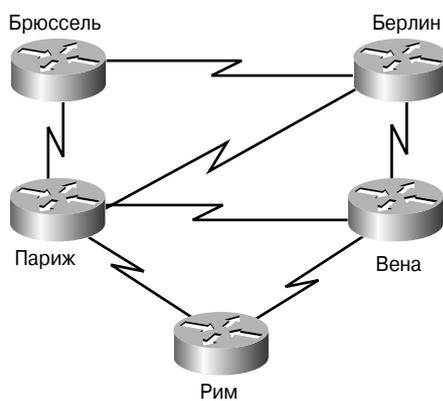


Рис. 12.26. Сеть, соединяющая несколько зон (вариант 1)

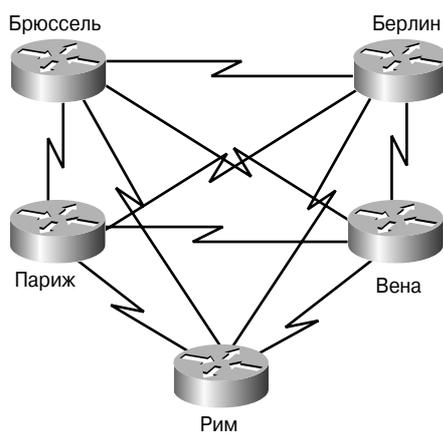


Рис. 12.27. Сеть, соединяющая несколько зон (вариант 2)

Такая иерархия часто оказывается полезной в тех случаях, когда структура потоков данных зеркально отражает структуру подразделений предприятия, которое само разделено на регионы, зоны и предприятия. Она также полезна в тех случаях, когда имеется какая-либо центральная служба, к которой должны иметь доступ все подразделения, однако объем передаваемых данных недостаточен для того, чтобы оправдать непосредственное подключение к этой службе каждого подразделения. В этих случаях локальная сеть в концентраторной точке зоны может содержать серверы, предоставляющие службы на уровне зоны и локальные службы. В зависимости от объема и типов передаваемых данных в качестве соединений доступа могут выступать удаленный доступ (dialup), например, соединения ISDN, выделенные линии или соединения протокола Frame Relay. Протокол Frame Relay позволяет создавать частично-связную топологию без дополнительных физических соединений. В качестве каналов распределения могут выступать Frame Relay или ATM, а для магистральных соединений обычно используются каналы ATM или выделенные линии.

Компоненты трехуровневой модели

Под уровнем понимается точка сети, в которой заканчивается граница 3-го уровня эталонной модели OSI. В трехуровневой модели имеются три уровня: магистральный, уровень распределения и уровень доступа, каждый из которых выполняет свои специфические функции.

- **Магистральный уровень.** Магистральный уровень обеспечивает высокоскоростные соединения на больших расстояниях между географически удаленными центрами, связывая между собой ряд сетей кампусов в одну корпоративную или промышленную сеть WAN. Магистральные каналы обычно являются соединениями типа “точка-точка”; в них обычно отсутствуют отдельные узлы. Магистральные службы (например, T1/T3, Frame Relay, SMDS) обычно арендуются у провайдеров телекоммуникационных служб.
- **Уровень распределения.** Уровень распределения предоставляет сетевые службы нескольким LAN-сетям в среде WAN-сети. Обычно на этом уровне находится кампусная магистральная сеть и он обычно базируется на технологии Fast Ethernet. Этот уровень реализуется на крупных узлах и используется для соединения между собой отдельных зданий.
- **Уровень доступа.** На уровне доступа находится LAN-сеть или группа таких сетей, обычно Ethernet или Token Ring, предоставляющие доступ переднего плана к сетевым службам. На уровне доступа происходит подключение к сети всех узлов, включая серверы всех типов и рабочие станции пользователей. Проектированию уровня доступа посвящена глава 5.

Трехуровневая модель способна удовлетворить потребности большинства промышленных сетей. Однако не все сетевые среды требуют использования полной трехуровневой иерархии. В некоторых случаях достаточно двухуровневой модели или даже одноуровневой плоской модели. В некоторых случаях однако, иерархическая структура должна быть потенциально заложена в проектируемую сеть для возможного расширения модели до трех уровней при необходимости. В последующих разделах рассматриваются более подробно каждого из этих трех уровней. После этого рассматриваются иерархии из одного или двух уровней.

Функции магистрального уровня

Функция магистрального уровня состоит в обеспечении быстрого перемещения данных между удаленными центрами, как показано на рис. 12.28. Этот уровень не должен выполнять никаких операций с пакетами, таких как анализ списков доступа или фильтрация, поскольку они замедлили бы коммутацию пакетов. Магистральный уровень обычно реализуется как распределенная сеть WAN. Эта сеть WAN должна иметь избыточные маршруты для того, чтобы ее работоспособность сохранялась и в случае краткосрочных сбоев в каналах. Важными задачами при проектировании являются также распределение нагрузки и быстрая конвергенция протоколов маршрутизации. Эффективное использование полосы пропускания всегда является непростой задачей.

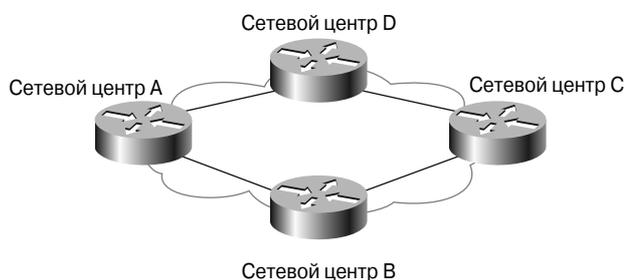


Рис. 12.28. Магистральный уровень

Функции уровня распределения

Уровень распределения в сети является демаркационной точкой между уровнем доступа и магистральным уровнем и выполняет функции определения и дифференциации магистрального уровня. Назначение этого уровня состоит в определении границ и именно на этом уровне происходят операции обработки пакетов. В среде WAN-сети уровень распределения может выполнять несколько функций, включая следующие:

- агрегирование адресов или зон;
- доступ пользователей отдела или рабочей группы к магистральному уровню;
- определение широковещательного домена или домена многоадресной рассылки;
- маршрутизация в виртуальных сетях LAN (Virtual LAN — VLAN));
- все требуемые переходы из одной среды передачи в другую;
- меры обеспечения безопасности.

Уровень распределения включает в себя магистраль кампуса со всеми подсоединенными к нему маршрутизаторами. Поскольку политики обычно реализуются на этом уровне, можно сказать, что уровню распределения обеспечивает основанные на политиках соединения. Термин “основанные на политиках соединения” означает, что маршрутизаторы сконфигурированы таким образом, что они допускают прохождение по сетевой магистрали только допустимых данных. Следует отметить, что полезным правилом проектирования является неразмещение конечных станций (таких как серверы) на магистрали. Отсутствие на магистрали конечных станций позволяет освободить магистраль от нерациональных для нее функций и функционировать только как транзитный маршрут передачи данных между рабочими группами и серверами масштаба кампуса.



Рис. 12.29. Уровень распределения

В средах отличных от среды кампуса может быть точкой, в которой удаленные узлы получают доступ к корпоративной сети. В целом уровень распределения можно охарактеризовать как уровень, обеспечивающий основанные на политиках соединения.

Функции уровня доступа

Уровень доступа является точкой, в которой локальные конечные пользователи получают доступ к сети, как показано на рис. 12.30. На этом уровне могут также применяться списки управления доступом или фильтры, которые используются для дальнейшей оптимизации потребностей конкретной группы пользователей. В среде кампуса функциями уровня доступа являются следующие:

- совместное использование полосы пропускания;
- коммутируемая полоса пропускания;
- фильтрация на MAC-уровне;
- микросегментация.

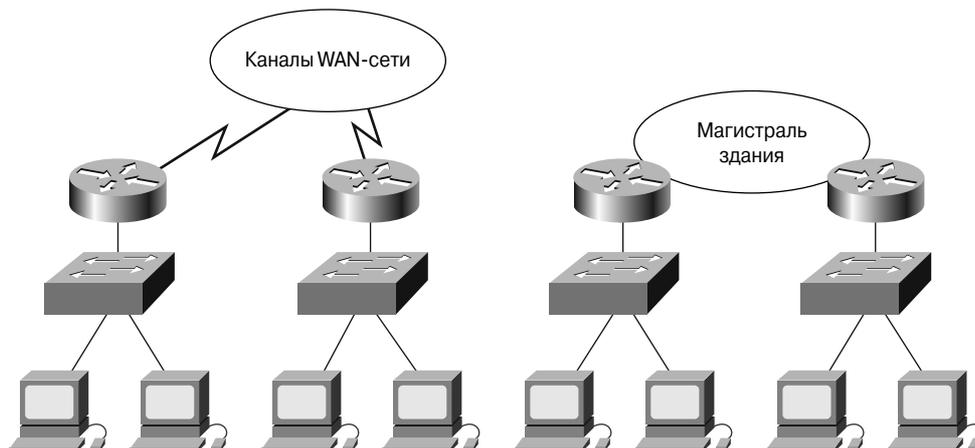


Рис. 12.30. Уровень доступа

На уровне доступа происходит подключение пользователей к локальным сетям LAN и самих сетей LAN к магистралям WAN-сетей или к WAN-каналам. Такой подход позволяет проектировщикам распределить службы устройств, функционирующих на данном уровне. Уровень доступа позволяет осуществить логическую сегментацию сети

и группировку пользователей в соответствии с выполняемыми ими функциями. Традиционно такая сегментация основывается на организационных границах (таких как отдел маркетинга, администрация или инженерный отдел). Однако с точки зрения управления сетью главной функцией уровня доступа является ограничение распространения широковещательных данных границами отдельной рабочей группы или локальной сети LAN. в средах, отличных от среды кампуса, уровень доступа может предоставлять удаленным узлам доступ к корпоративной сети с помощью какой-либо технологии распределенных сетей, такой как Frame Relay, ISDN или выделенные линии.

Преимущества иерархического подхода к проектированию сети WAN

Одним из преимуществ иерархического проектирования WAN-сети является то, что оно предоставляет метод управления характером передачи данных путем размещения точек маршрутизации на 3-м уровне по всей сети. Поскольку маршрутизаторы обладают способностью определять маршруты от узла-источника до узла получателя на основе адресации 3-го уровня, потоки данных перемещаются по иерархически организованной сети только по тем маршрутам, которые необходимы для того, чтобы эти данные достигли получателя, как показано на рис. 12.31.

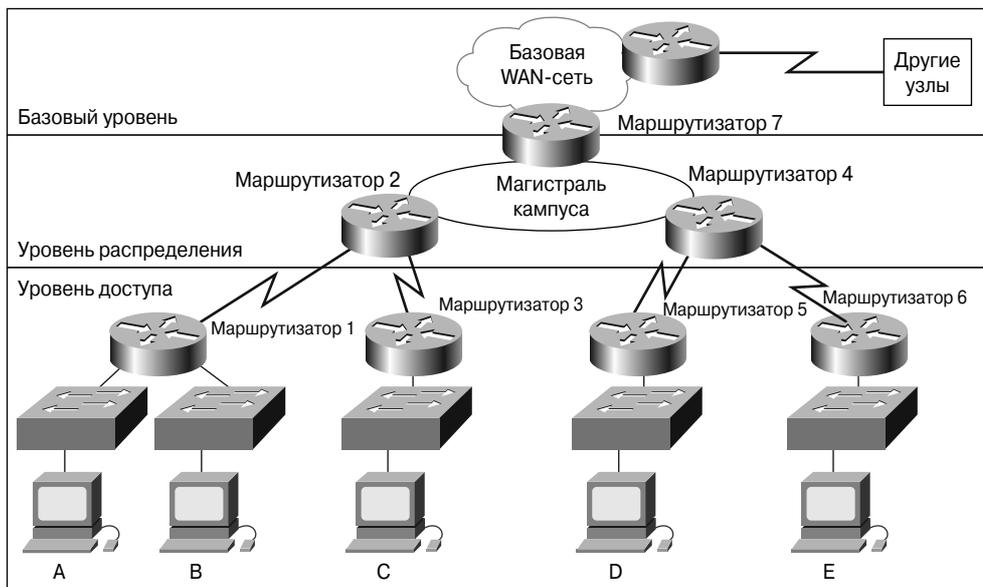


Рис. 12.31. Маршрутизаторы — точки, в которых принимаются решения о маршрутах

Если узлу А требуется установить соединение с узлом В, то потоки данных этого соединения будут передаваться маршрутизатору 1 и в обратном направлении узлу В. Следует обратить внимание на то, что на рис. 12.32 соединение не требует, чтобы все потоки данных помещались в канал между маршрутизаторами 1 и 2, что экономит полосу пропускания канала.

В иерархической структуре WAN-сети, состоящей из двух уровней, как показано на рис. 12.33, потоки данных перемещаются по ней только в восходящем направлении, как это требуется для достижения пункта назначения, что сохраняет полосу пропускания на других WAN-каналах.

Размещение серверов

Размещение серверов в соответствии с потребностями пользователей, имеющих к ним доступ, влияет на характер передачи данных по WAN-сети. Как показано на рис. 12.34, если разместить сервер предприятия на уровне доступа сетевого центра 1, то всем потокам данных, предназначенным этому серверу, придется проходить по каналам, находящимся между маршрутизаторами 1 и 2. Это приведет к потере значительной части полосы пропускания от центра 1.

Однако если разместить сервер предприятия на более высоком уровне иерархической структуры, как показано на рис. 12.35, то поток данных по каналу между маршрутизаторами 1 и 2 уменьшится и пользователи центра 1 смогут получить доступ к другим службам. На рис. 12.36 сервер рабочей группы размещен на уровне доступа центра, где имеется наибольшая плотность пользователей, и тем самым будет ограничено перемещение потоков данных, пересекающих WAN-канал для получения доступа к этому серверу. Таким образом, большая часть полосы пропускания станет доступной для получения доступа к ресурсам вне данного центра.

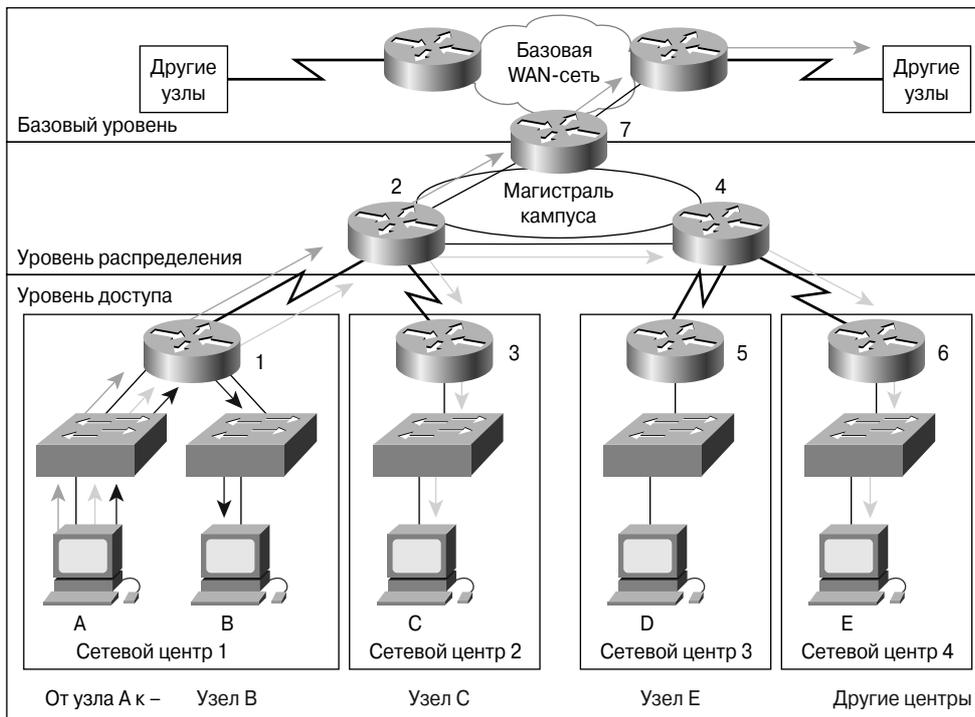


Рис. 12.32. Перемещение потоков данных, основанное на адресах источника и получателя

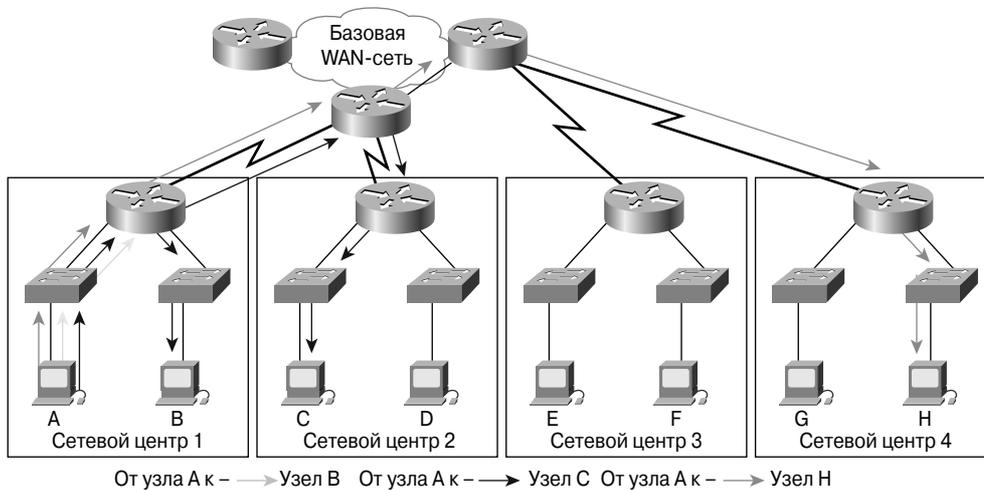


Рис. 12.33. Иерархическая структура WAN-сети, состоящая из двух уровней

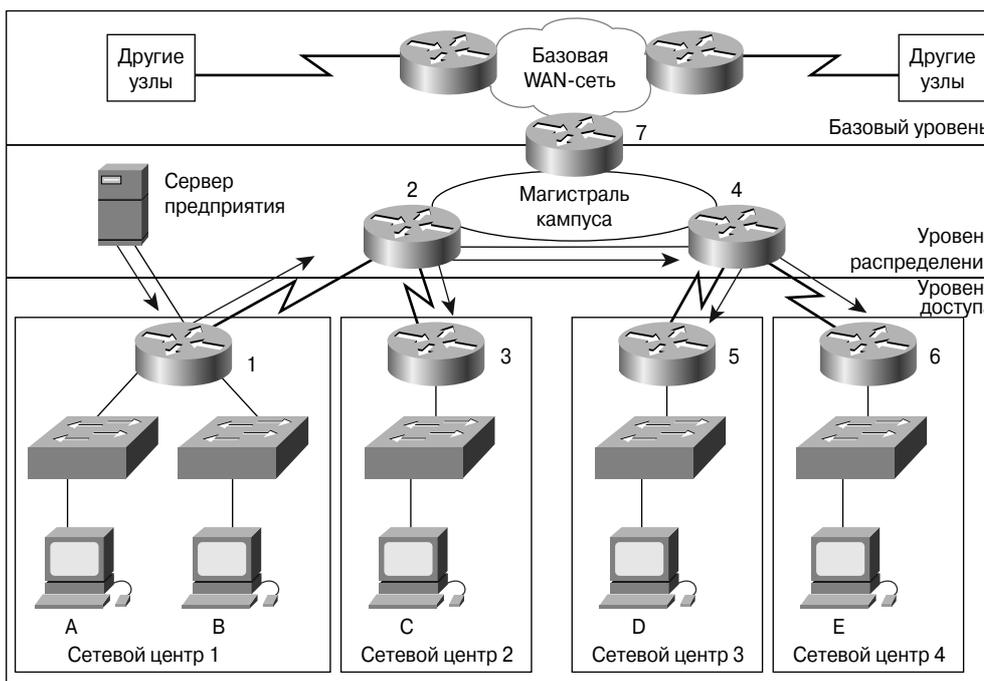


Рис. 12.34. Размещение сервера предприятия на уровне доступа

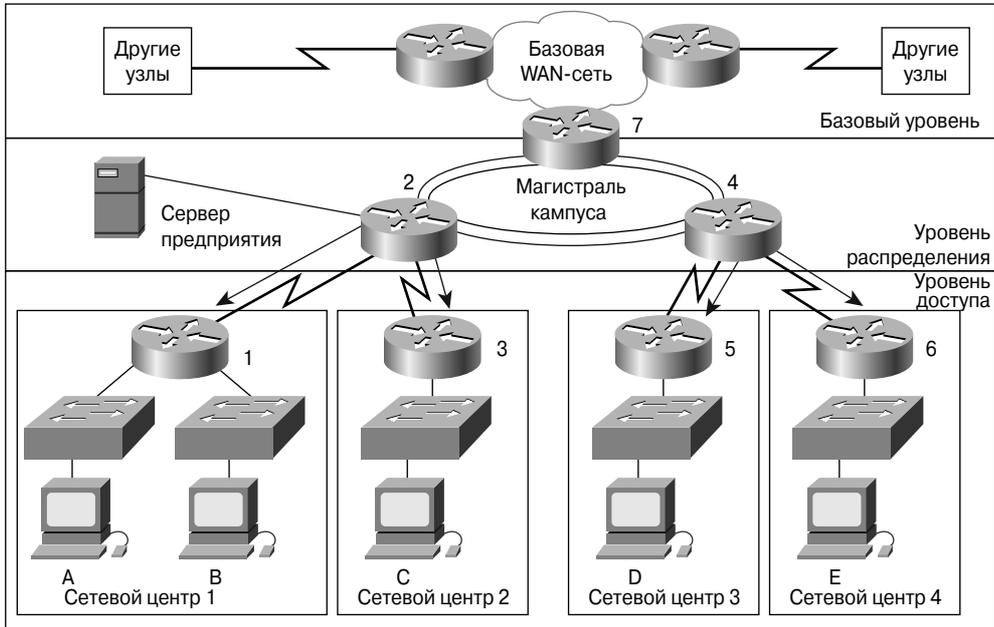


Рис. 12.35. Размещение сервера предприятия на более высоком уровне

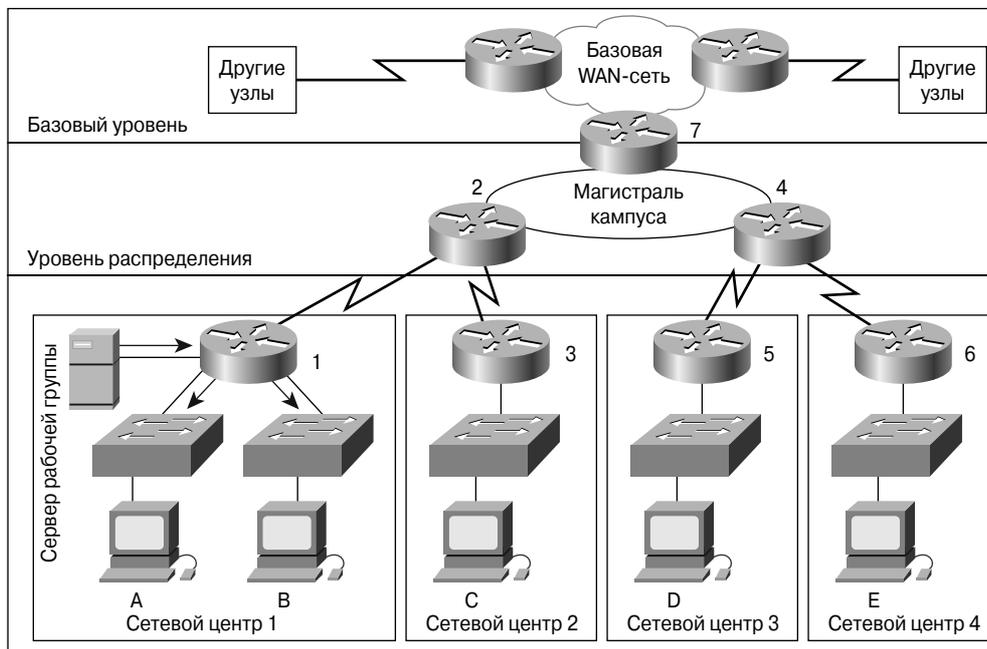


Рис. 12.36. Размещение сервера рабочей группы

Проектирование распределенных сетей WAN

Если передача данных происходит только между устройствами, находящимися в одном здании, то для нее достаточно создать локальную сеть LAN. Если некоторые данные требуется передавать между различными зданиями отдельного кампуса, то эти здания можно соединить между собой высокоскоростными каналами передачи данных и образовать LAN-сеть кампуса. Доступ отдельных индивидуальных пользователей к этой сети LAN и подключение этой сети к Internet являются отдельными темами и не являются предметом рассмотрения настоящей главы. Однако если требуется передача данных между географически удаленными друг от друга отдельными локальными сетями, то для ее реализации требуется использование распределенной сети WAN.

Большинству студентов вряд ли представится возможность проектировать новую WAN-сеть, однако многим придется принимать участие в проектировании расширений для уже существующих WAN-сетей или их модернизации и у них будет возможность применить на практике знания, полученные в результате изучения данной главы.

Этапы проектирования распределенной сети WAN

Проектирование WAN сети может оказаться нелегкой задачей. Систематический подход к проектированию сети позволяет добиться большей производительности сети и уменьшения расходов, связанных с ее созданием и обслуживанием. Многие WAN-сети были первоначально спроектированы без учета излагаемых ниже принципов и с течением времени эволюционировали. Однако каждый раз, когда рассматривается вопрос о модификации уже существующей WAN-сети, необходимо выполнить ряд действий, описанных ниже. Модификация сети может быть вызвана происшедшими изменениями, такими как расширение предприятия, которое данная сеть обслуживает или изменившиеся рабочие принципы или методы ведения бизнеса. Предприятия и корпорации устанавливают WAN-сети в тех случаях, когда им требуется регулярная и своевременная передача данных между различными подразделениями предприятия. Удовлетворение этих производственных требований требует расходов, которые в основном связаны с техническим обеспечением каналов передачи данных и с управлением сетью.

Для того чтобы оптимально спроектировать WAN-сеть, необходимо знать какие данные будут по ней передаваться, от каких источников и каким получателям. По сетям WAN передаются самые разные типы данных, которые предъявляют различные требования к полосе пропускания, задержке и уровню дребезжания. Для каждой пары конечных точек и каждого типа данных желательно знать характеристики передаваемых потоков данных. Их определение может потребовать обширных исследований и консультаций с пользователями сети. Проектирование часто включает в себя обновление, расширение или модификацию уже существующей WAN-сети. Многие требуемые данные можно получить из уже существующей статистики управления сетью.

Знание конечных пользователей позволяет выбрать топологию и расположение устройств для проектируемой сети. На выбор топологии оказывают влияние географические обстоятельства, а также такие требования, как доступность сети. Например, повышенные требования к доступности сети требуют создания дополнительных каналов для обеспечения альтернативных маршрутов передачи данных.

После того, как выбраны конечные точки и соединяющие их каналы, можно оценить для них требуемую пропускную способность с учетом того, что некоторые каналы передают только свои собственные данные, а другие также агрегированные потоки данных от нескольких источников.

К передаче данных по каналам WAN-сети могут предъявляться различные требования в отношении задержки и уровня дребезжания и эти требования, в совокупности с уже определенной потребностью в полосе пропускания, позволяют выбрать для каналов сети соответствующие технологии. После этого можно оценить расходы по установке и поддержке WAN-сети и сравнить их с производственными потребностями, которые вызывают необходимость в модернизации сети.

Последующее обсуждение должно выявить несколько ключевых областей, которые должны быть рассмотрены особенно тщательно при планировании и реализации WAN-сети. Выполнение описанных ниже действий позволит добиться эффективной работы сети с наименьшими затратами. Предприятия могут постоянно улучшать свои WAN-сети путем включения этих действий в планы предприятия.

Ниже рассмотрены два первичных фактора, который являются основными мотивами при проектировании и реализации WAN-сети.

- **Доступность приложений** — по сетям передается информация приложений от одного компьютера к другому. Если приложения оказываются недоступными пользователям сети, то она не выполняет требуемых от нее функций.
- **Общие затраты** — бюджеты соответствующих департаментов информационных систем (Information Systems — IS) часто достигают миллионов долларов. По мере того, как крупные коммерческие предприятия во всей большей степени полагаются на электронные средства для управления коммерческими операциями, связанная с этим стоимость использования компьютерных ресурсов продолжает, соответственно, возрастать. Рациональное проектирование WAN-сети помогает сбалансировать эти две цели — высокую эффективность и минимальную стоимость. При правильной реализации инфраструктура WAN-сети может оптимизировать доступность приложений и финансово эффективно использование уже существующих сетевых ресурсов.

В общем случае при проектировании WAN-сети необходимо принять во внимание описанные ниже три ключевых фактора.

- **Внешние физические условия** — эти условия включают в себя размещение узлов, серверов, терминалов и других конечных устройств, а также предполагаемый характер передачи данных в этой среде и предполагаемые затраты для достижения различных уровней предоставляемых служб.
- **Факторы, ограничивающие производительность сети** — эти факторы включают в себя надежность сети, пропускную способность и скорости передачи данных между клиентами и серверами (например, скорости сетевых адаптеров и скорости доступа к жестким дискам).
- **Сетевые факторы** — эти факторы связаны с параметрами сети и включают в себя сетевую топологию, пропускную способность каналов и тип передаваемых данных. Использование характеристик передаваемых по сети потоков данных критически важно для успешного планирования WAN-сети, однако немногие проектировщики выполняют этот этап, а часто и вообще его не осуществляют.

При проектировании WAN-сети нет более важного аспекта, чем получение и использование характеристик типов данных, которые будут передаваться по WAN-сети. Ниже приведены различные типы передаваемых данных.

- Голосовые и факсимильные данные.
- Данные транзакций (например, SNA).
- Данные сеансов связи “клиент-сервер”.
- Сообщения (например, электронная почта).
- Передача файлов.
- Пакетные данные.
- Данные управления сетью.
- Данные видеоконференций.

Анализ и отнесение к разным категориям сетевых данных является основой для принятия важнейших решений в процессе проектирования сети. Характер данных определяет требуемую пропускную способность, которая, в свою очередь, определяет требуемые затраты. Проверенные временем методы измерения и оценки характера передаваемых данных существуют для традиционных сетей, однако для WAN-сетей такие методы на данный момент отсутствуют.

Среди характеристик потоков данных можно выделить следующие:

- средние и пиковые нагрузки (объемы передачи);
- соединения и объемы потоков;
- ориентация соединений;
- допустимая задержка, включая ее длительность и вариацию;
- необходимый уровень доступа;
- допустимый уровень ошибок;
- приоритеты;
- тип протокола;
- средний размер пакета.

Поскольку многие сетевые планировщики не обладают необходимой техникой для работы со сложностями и неопределенностями, связанными с анализом характера потоков данных в WAN-сети, они обычно исходят из интуитивных представлений о требуемой пропускной способности, что приводит к созданию дорогостоящих, с излишней избыточностью сетей или малопродуктивных сетей с недостаточным техническим обеспечением.

Общей целью проектирования WAN-сети является минимизация ее стоимости на основе упомянутых выше принципов, обеспечивая вместе с тем уровень служб, соответствующий установленным требованиям доступности. При этом требуется решить две главных проблемы: доступность и минимальная стоимость. Решение какой-либо из этих проблем обычно не позволяет решать другую. Любое повышение уровня доступности обычно выражается в повышении стоимости. Поэтому необходимо тщательно взвесить относительную важность требований доступности ресурсов и минимизации стоимости.

Первым шагом в процессе проектирования является осознание и формулировка коммерческих производственных требований; этот процесс описан в последующих разделах. Требования к WAN-сети должны отражать цели, характеристики, коммерческие процессы и политику предприятия, на котором будет функционировать сеть.

Сбор требований

При проектировании WAN-сети в качестве первого этапа требуется собрать данные о структуре предприятия и его производственных процессах. После этого необходимо определить наиболее важных сотрудников предприятия, которые смогут помочь в процессе проектирования. Проектировщику следует обсудить с основными пользователями их потребности, узнать их географическое расположение и используемые приложения. Будущий проект сети должен учитывать требования пользователей.

Как правило, пользователям в первую очередь требуется доступность приложений. Главными компонентами этой доступности являются время отклика, пропускная способность и надежность.

- Под временем отклика понимается временной интервал между вводом команды или нажатием клавиши и выполнением системой узла этой команды или получение иного ответа. Приложениями, в которых короткое время отклика является ключевым фактором, являются интерактивные онлайн-сервисы, такие как автоответчики и кассовые терминалы.
- Работа приложений, требующих большой пропускной способности, обычно связана с передачей файлов. Однако часто такие приложения требуют также и короткого времени отклика. Часто удается организовать их работу в то время, когда объем передачи чувствительных ко времени данных невелик (например, после обычного рабочего дня).
- Хотя надежность передачи всегда является важным фактором, некоторые приложения предъявляют в этом вопросе особые требования, превышающие обычные. Организации, вся деятельность которых связана с онлайн-режимом или телефонной связью, требуют почти 100%-й активности сети. Примерами таких служб являются финансовые службы, рынок акций, службы чрезвычайных ситуаций, полиция и военные операции. В таких ситуациях требуется высокий уровень аппаратного обеспечения и избыточности. Определение убытков, возникающих в результате простоя сети является существенным фактором при определении требований к надежности проектируемой сети.

Выяснить требования пользователей можно различными способами. Чем больше пользователей вовлечено в процесс проектирования, тем более вероятно, что оценка окажется правильной. В общем для получения этой информации предлагается использовать описанные ниже методы.

- **Использование профилей сообщества пользователей.** Следует определить потребности различных групп пользователей. Хотя у многих обычных пользователей одинаковые потребности в отношении электронной почты, у них могут быть и свои индивидуальные требования, например, совместного использования локальных серверов печати в их зоне. Интервью, фокусные группы и обзоры образуют информационную базу для проектирования и реализации сети.

Возможно, что некоторым группам потребуется доступ к общим серверам. Другим, возможно, потребуется внешний доступ к конкретным внутренним вычислительным ресурсам.

Некоторым организациям может потребоваться особое управление системами поддержки IS в соответствии с каким-либо внешним стандартом.

Самым неформальным способом получения информации является проведение интервью с основными группами пользователей. Возможен также сбор фокусных групп для сбора информации и общей дискуссии между представителями различных организаций с аналогичными (или отличающимися) интересами.

Ко всему перечисленному выше стоит добавить использование формальных обзоров для получения статистической картины мнений пользователей, касающихся определенного уровня службы.

- **Тестирование человеческого фактора.** Наиболее затратным, требующим времени, но и, вероятно, наиболее эффективным способом оценки требований² пользователей является проведение тестов с представителями пользователей в лабораторной обстановке. Этот способ находит наибольшее применение в тех случаях, когда требуется оценить требования к времени отклика сети. Например, можно создать типовую рабочую обстановку и предложить пользователям осуществлять обычные действия удаленного доступа в лабораторной сети. Оценивая реакцию пользователей на изменения моделируемого времени отклика можно составить представление о граничных его значениях, обеспечивающих приемлемую производительность.

После сбора данных о структуре корпоративной сети необходимо определить маршруты перемещения информационных потоков в компании. Следует выяснить где находятся совместно используемые данные и кто ими пользуется.

Необходимо также узнать, требуется ли доступ к данным сети извне.

Перед проектированием сети необходимо составить себе четкое представление о проблемах, связанных с производительностью уже существующей сети. Если позволяет время, то следует проанализировать причины проблем с производительностью данной сети.

Анализ требований пользователей

Проектировщик должен проанализировать требования к сети, включая проблемы потребителей и технические задачи. Какие новые приложения будут реализованы в будущем? Есть ли приложения, работа которых требует выхода в Internet? К каким новым сетям потребуется обеспечить доступ? Каковы критерии успешного проектирования? (Как выяснить, был ли новый проект успешным?) Полезность сети определяется ее доступностью. На доступность влияют различные факторы, такие как пропускная способность, время отклика и доступ к ресурсам. У каждого потребителя имеется свое представление о доступности. Доступность может быть повышена путем увеличения ресурсов, однако дополнительные ресурсы требуют дополнительных затрат. Целью сетевого проекта является достижение максимальной доступности при минимальных затратах. Целью анализа требований является определение средних и пиковых скоростей передачи для каждого источника с течением времени. Следует попытаться охарактеризовать требуемую пропускную способность в течение обычного рабочего дня в отно-

шении передаваемых данных, уровня потоков, времени отклика узлов и времени, которое требуется для передачи файлов. В течение периода тестирования можно также оценить уровень использования существующего сетевого оборудования. В зависимости от типа передаваемых данных рекомендуется использовать один из приведенных ниже четырех методов анализа и измерения объема передаваемых данных.

- **Программное обеспечение управления сетью.** Для некоторых типов данных анализа статистики передачи данных может быть выполнен с помощью программного обеспечения управления сетью.
- **Уже существующие измерения.** На серверах может быть установлено специальное оборудование для анализа пакетных потоков на основе статистики маршрутизатора для имеющихся сетевых сегментов.
- **Оценка процесса.** В тех случаях, когда имеющиеся измерения недоступны (например, приложение еще не существует), могут быть использованы экспертные оценки. Для оценки скорости осуществления транзакций, длины пакетов и объема потоков рекомендуется работать в тесном контакте с разработчиками приложений и сетевыми администраторами.
- **Сравнительные источники.** Можно найти известные источники с аналогичными характеристиками и использовать имеющуюся для них статистику с соответствующими поправками.

Если характеристики тестируемой сети близки к характеристикам новой сети, то можно оценить требования новой сети на основе предполагаемого количества пользователей, характера приложений и топологии сети. В случае отсутствия средств точного измерения объемов и характера передаваемых данных этот метод является наилучшим способом оценки потоков данных в сети. В дополнение к мониторингу уже существующей сети можно замерить активность и объемы передачи, создаваемые известным количеством пользователей, подсоединенных к тестируемой сети, а затем использовать эти результаты для предсказания активности и объемов передачи предполагаемого количества пользователей.

При определении рабочей нагрузки возникает проблема, состоящая в том, что оказывается весьма трудно точно зарегистрировать нагрузку при передаче и производительность сетевых устройств как функцию количества пользователей, типа приложений и географического расположения. Это становится особенно трудным в том случае, когда реальной сети еще не существует.

Ниже приведены факторы, влияющие на динамические параметры сети.

- **Зависимость параметров доступа к сети от времени.** Периоды пиковых нагрузок могут приходиться на разное время суток, поэтому измерения должны включать в себя ряд измерений, включая периоды пиковых нагрузок.
- **Различия, связанные с типом передаваемых данных.** Потоки данных, управляемые на 3-м, сетевом уровне (маршрутизаторами) и на 2-м, канальном уровне (коммутаторами) предъявляют различные требования к сетевым устройствам и протоколам; некоторые протоколы чувствительны к отброшенным или утерянным пакетам, другие требуют большей полосы пропускания.
- **Случайный характер объема передаваемых потоков данных в сети.** Точное время поступления и конкретный тип потоков данных непредсказуемы.

Каждый источник данных имеет свою собственную метрику и все они должны быть преобразованы в единицу измерения “битов в секунду, бит/с”. Для получения и сравнения данных по отдельным пользователям необходимо стандартизировать единицу измерения объема передаваемых данных. В заключение отметим необходимость ввести коэффициент, учитывающий служебную нагрузку протокола, фрагментацию пакетов, возможное увеличение объема передачи и обеспечение безопасности. Варьируя этот коэффициент можно смоделировать различные возможные ситуации в сети. Например, можно запустить на сервере программу Microsoft Office и проанализировать объемы передачи данных, сгенерированных пользователями, совместно использующими это приложение. Полученное таким образом значение поможет определить требования к полосе пропускания и серверу при установке в сети приложения Microsoft Office.

Тестирование чувствительности сети

С практической точки зрения тестирование чувствительности сети включает в себя создание ситуации обрыва устойчивого канала и наблюдение возникающих последствий такого обрыва. При работе с тестовой сетью это сделать сравнительно легко. Можно внести изменение в работу сети удалив активный интерфейс и наблюдать реакцию сети на это событие. Можно также изменить уровень передачи данных посети для определения реакции сети на ситуацию когда объемы передачи данных приближаются к пределу возможностей передающей среды.

Топологии распределенных сетей

Под топологией сети понимается совокупность ее соединений и их взаимное расположение. Хотя возможны многие варианты топологий, все они основаны на нескольких основных типах.

При соединении непосредственном соединении двух LAN-сетей отдельным каналом образуется топология, принадлежащая к типу “точка-точка”, показанная на рис. 12.37. К такому соединению могут быть подсоединены дополнительные LAN-сети с сохранением топологии “точка-точка”. Такая топология легко реализуется, однако она имеет недостаток: на маршруте от отправителя к получателю все данные должны пройти через все промежуточные узлы. Ее преимуществом является то, что это, вероятно обеспечивает кратчайший маршрут, соединяющий все узлы, что является важным фактором в случае использования выделенных линий.

Для минимизации задержки при передаче данных из одной LAN-сети в другую соединения между узлами могут быть преобразованы таким образом, что они будут образовывать звезду. При этом количество каналов остается тем же самым, однако в такой топологии от одного узла до любого другого имеется только два перехода. Длина каналов, вероятно, увеличится и, соответственно, возрастут затраты. Маршрутизатору, находящемуся в центре звезды, потребуется по одному интерфейсу для каждого подсоединенного к нему узла, однако этим узлам потребуется только один WAN-интерфейс.

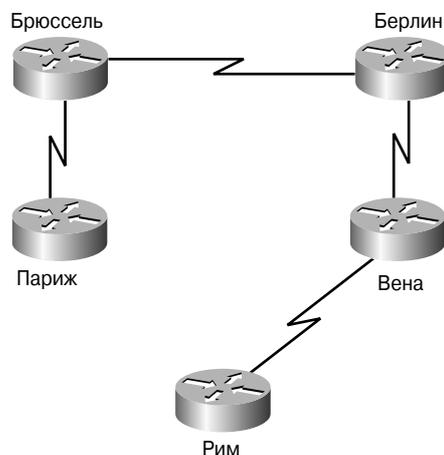


Рис. 12.37. Топология “точка-точка” в распределенной сети

Если требуется избыточность или минимальная задержка, то можно добавить дополнительные каналы, в результате чего образуется полностью связная топология, как показано на рис. 12.38. Теперь каждая LAN-сеть находится на расстоянии лишь одного перехода от любой другой сети и сеть становится более надежной и устойчивой, поскольку выход из строя любого отдельного узла не препятствует передаче данных другими узлами. Однако малая задержка и высокая надежность потребуют дополнительных затрат, поскольку потребуется значительно большее количество интерфейсов и каналов.

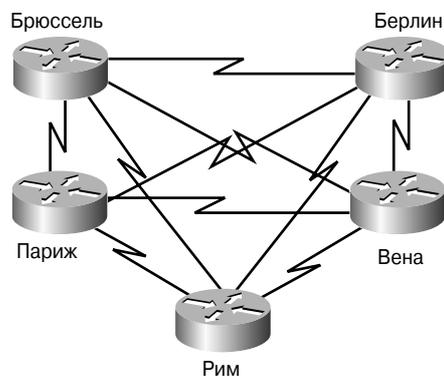


Рис. 12.38. WAN-сеть с полностью связной топологией

Количество каналов для топологии типа “точка-точка” или для звездообразной топологии на единицу меньше общего количества узлов, т.е. для N узлов потребуется $(N - 1)$ каналов. Для полностью связной топологии требуемое количество каналов вычисляется по формуле $N \times (N - 1) / 2$. Таким образом, сети с 50 узлами потребуется 49 каналов при звездообразной топологии и 1225 каналов для полностью связной. Полностью связная топология может быть экономичной лишь в очень небольших сетях.

Возможны также различные комбинации этих топологий. Часто базовая топология является звездообразной, однако некоторые вторичные узлы могут быть со-

единены между собой с образованием частично-связной топологии (рис. 12.39), которая обеспечивает определенную избыточность на случай сбоя. При росте сети эти базовые топологии с трудом поддаются масштабированию и в больших сетях требуется более структурированный подход. Иерархическая топология рассматривается в следующем разделе.

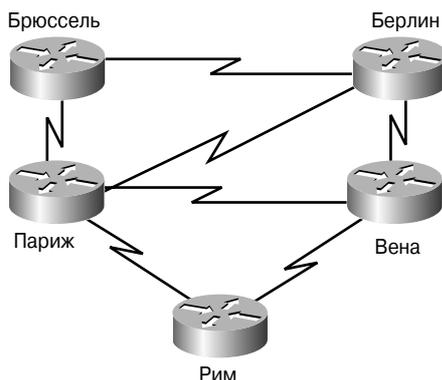


Рис. 12.39. WAN-сеть с частично-связной топологией

Идентификация сети и выбор сетевых возможностей

Проектирование WAN-сети состоит главным образом в выборе способа соединения между собой сетевых устройств и топологии каналов соединяющих географически удаленные друг от друга сети, а также в выборе для этих каналов технологий, удовлетворяющих потребности предприятия с приемлемыми затратами. Все технологии, за исключением использования телефонной сети, ISDN, DSL и кабельной сети, требуют использования выделенных линий. Выделенные линии могут непосредственно соединять отдельные подразделения предприятия или соединять их с ближайшей точкой присутствия (Point Of Presence — POP) сети совместного использования, такой как X.25, Frame Relay или ATM.

Непосредственные соединения как правило имеют гораздо большую протяженность и, соответственно, обходятся гораздо дороже, однако они доступны с практически любой полосой пропускания. Такие выделенные соединения обеспечивают очень маленькую задержку и низкий уровень дребезжания.

Сети ATM, Frame Relay и X.25 передают данные многих пользователей по одним и тем же внутренним каналам. Предприятие не имеет возможностей влиять на количество каналов или переходов, которые требуется пересечь данным в сети совместного использования или времени ожидания на каждом сетевом устройстве перед пересылкой их на следующий канал. Эта неопределенность задержки и дребезжания делает эти технологии неприемлемыми для некоторых типов передаваемых по сети данных. Однако эти недостатки совместно используемой сети часто перевешиваются меньшими затратами каждого отдельного пользователя, поскольку общие страты сети распределяются между многими пользователями.

Поскольку канал совместно используется несколькими пользователями, расходы каждого из них обычно существенно меньше тех, которые пришлось бы нести в случае использования выделенной линии с такой же пропускной способностью.

Хотя сети ATM являются сетями совместного использования, при их разработке ставилась цель обеспечить минимальную задержку и низкий уровень дребезжания, что достигается путем использования фреймов данных (ячеек) очень малой длины и высокоскоростных внутренних каналов. Такие сети часто используются для передачи чувствительных к задержке данных. Для передачи таких данных может быть также использована технология Frame Relay, в которой часто используются механизмы качества обслуживания QoS, которые предоставляют более высокий приоритет чувствительным к задержке данным.

Типичная WAN-сеть использует некоторую комбинацию технологий, которые обычно выбираются в зависимости от типа передаваемых данных и их объема. Для подсоединения отдельных подразделений предприятия к зоне используются технологии ISDN, Frame Relay или выделенные линии. Технологии Frame Relay, ATM и выделенные линии используются для подсоединения зон к магистрали; для создания WAN-магистрали используются ATM или выделенные линии.

Другие аспекты проектирования WAN-сети

Многим предприятиям требуются WAN-соединения с глобальной сетью Internet. Это создает проблемы обеспечения безопасности, однако предоставляет альтернативный вариант передачи данных между подразделениями предприятия. Часть данных, передача которых должна быть учтена в проекте, будет передаваться в сеть Internet или получаться из нее.

Поскольку доступ к Internet имеется, по-видимому, везде, где предприятие имеет локальную сеть LAN, эти данные и могут быть переданы двумя принципиально различными способами. Каждая локальная сеть может иметь соединение со своим локальным Internet-провайдером (ISP) или может существовать отдельное соединение между одним из базовых маршрутизаторов и Internet-провайдером. Преимущество первого подхода состоит в том, что потоки данных Internet передаются по сети Internet, а не по сети предприятия, что снижает требования к полосе пропускания. Однако недостаток использования нескольких каналов состоит в том, что вся WAN-сеть предприятия оказывается открытой для атак из Internet, а задача мониторинга и обеспечения безопасности многих точек соединений оказывается достаточно трудной. Для отдельной точки соединения легче применить соответствующую политику и обеспечить безопасность, несмотря на то, что WAN-сеть предприятия будет передавать данные, которые в противном случае были бы переданы по сети Internet.

Если каждая LAN-сеть предприятия имеет отдельное соединение с Internet, то для WAN-сети предприятия открывается другая возможность. В тех случаях, когда объем передаваемых данных относительно мал, сама сеть Internet может быть использована как WAN-сеть предприятия; при этом передача всех данных между подразделениями предприятия происходит через Internet. Обеспечение безопасности различных LAN-сетей может оказаться сложным вопросом, однако экономия на WAN-соединениях может скомпенсировать дополнительные расходы на обеспечение безопасности.

Насколько это возможно, серверы должны размещаться в тех точках сети, где они наиболее часто и интенсивно используются. Частое дублирование серверов, с использованием обновлений для серверов уменьшает требования к пропускной способности канала. Расположение доступных из Internet служб зависит от характера службы, предполагаемого объема передачи данных, от проблем с безопасностью и т.д. Эти задачи составляют особый предмет рассмотрения при проектировании сетей и в данной главе не рассматриваются.

Резюме

В данной главе были рассмотрены приведенные ниже ключевые вопросы.

- Существует много различных способов построения распределенных сетей.
- WAN-сети передают данные между географически удаленными друг от друга локальными сетями LAN.
- Обычно каналы передачи данных, используемые в WAN-сетях, принадлежат провайдерам служб или операторам связи и предоставляются предприятиям за соответствующую оплату.
- WAN-сети могут передавать данные различных типов, такие как голос, видео и обычные данные, поэтому при соответствующем проектировании WAN-сети она должна обеспечивать требуемые предприятию параметры связи, такие как пропускная способность и время транзитных переходов.
- Поскольку сеть WAN является просто совокупностью соединений между расположенными в LAN-сетях базовыми маршрутизаторами, технологии WAN-сетей функционируют на трех самых нижних уровнях эталонной модели OSI.
- Проектирование WAN-сети часто включает в себя модификацию, расширение или модернизацию уже существующей WAN-сети.
- В WAN-сетях возможно использование различных топологий, таких как “точка-точка”, звездообразная и сеточная.
- Типичная WAN-сеть использует сочетание таких технологий как обновление уже существующей ISDN, Frame Relay, ATM и выделенные линии.
- При проектировании крупных WAN-сетей трехуровневое иерархическое проектирование предоставляет значительные преимущества.
- Подсоединение WAN-сетей предприятия к Internet является альтернативным решением для передачи потоков данных между филиалами предприятия.
- Удаленный доступ отдельного сотрудника из домашнего офиса к корпоративной сети предприятия можно осуществить с помощью аналогового модема, ISDN, DSL или кабельного модема.
- Аналоговые соединения, а также соединения ISDN и DSL, используют существующие телефонные линии, в то время как кабельные модемы используют отдельную коаксиальную кабельную сеть.
- Аналоговые соединения и соединения ISDN требуют набора номера получателя и обеспечивают соединения только в том случае когда оно требуется. DSL-соединения и соединения через кабельный модем функционируют все время пока компьютер включен.
- Ширина полосы пропускания у различных технологий отличается; при этом скорости передачи DSL и кабельного модема значительно превосходят скорости аналоговых соединений и соединений ISDN.

В дополнение к материалу, изложенному в настоящей главе, рекомендуется ознакомиться с лабораторными работами (e-Lab Activities), видеоклипами (Videos) и фотографиями (PhotoZooms), которые находятся на прилагаемом к книге компакт-диске.

Глоссарий

Асинхронный режим передачи (Asynchronous Transfer Mode — ATM). Международный стандарт пересылки ячеек, в котором данные различных служб, таких как голос, видео и обычные данные, передаются в ячейках фиксированной длины (53 байта). Фиксированная длина ячеек позволяет обрабатывать их аппаратным обеспечением, тем самым сокращая транзитную задержку. Технология ATM позволяет воспользоваться преимуществам высокоскоростных передающих сред, таких как E3, SONET и T3.

Коммутация каналов (circuit switching). Способ коммутации, при использовании которого между отправителем и получателем на время “вызова” должен существовать выделенный физический маршрут. Этот тип коммутации широко используется в телефонных сетях.

Коммутация пакетов (packet switching). Способ коммутации, при использовании которого узлы сети совместно используют общую полосу пропускания, рассылая друг другу пакеты.

Коммутируемые виртуальные каналы (switched virtual circuits — SVCs). Такие виртуальные каналы устанавливаются по требованию и разрываются после окончания передачи. Каналы SVC используются когда передача данных имеет спорадический характер. В терминологии ATM называются коммутируемыми виртуальными соединениями.

Модуль DSU также несет ответственность за выполнение такой функции, как синхронизация сигнала. В ссылках часто упоминается вместе с модулем CSU как CSU/DSU.

Модуль канальной службы (channel service unit — CSU). Устройство цифрового интерфейса, соединяющее оборудование конечного пользователя с локальным ответвлением цифровой телефонной станции. Часто в ссылках объединяется с модулем DSU (CSU/DSU).

Модуль цифровой службы (digital service unit — DSU). Устройство, используемое при передаче цифровых данных, которое адаптирует физический интерфейс устройства DTE к среде передачи, такой как T1 или E1.

Мультиплексирование с разделением времени (time-division multiplexing — TDM). Способ мультиплексирования, при использовании которого информации из нескольких каналов может предоставляться полоса пропускания в одном кабеле на основе установленных заранее временных отрезков, называемых тайм-слотами (time slot). Соответствующая часть полосы пропускания выделяется каждому каналу, независимо от того, имеет ли он данные для передачи.

Оборудование пользователя (customer premises equipment — CPE). Оконечное оборудование, такое как терминалы, телефоны и модемы, предоставляемое телефонной компанией, устанавливаемое на узле пользователя и подсоединенное к сети телефонной компании.

Оборудование терминала данных (data terminal equipment — DTE). Устройство интерфейса “пользователь-сеть” со стороны пользователя, которое выступает в качестве источника данных, получателя или их обоих. Устройство DTE подсоединяется к сети данных через устройств DCE и обычно использует синхронизирующие сигналы, генерируемые устройством DCE. К оборудованию DTE относятся такие устройства, как компьютеры, трансляторы протоколов и мультиплексоры.

Постоянный виртуальный канал (permanent virtual circuits — PVCs). Виртуальный канал, который постоянно находится в установленном состоянии. Использование каналов PVC

позволяет экономить полосу пропускания, затрачиваемую на установку и разрыв соединения в ситуациях, когда некоторые виртуальные каналы должны существовать постоянно. В терминологии АТМ называются постоянными виртуальными соединениями.

Терминальное оборудование канала передачи данных (data circuit-terminating equipment, data communications equipment — DCE). Устройства и соединения коммуникационной сети, представляющие собой конечную сетевую часть интерфейса “пользователь-сеть”. Устройства DCE обеспечивают физическое соединение с сетью, пересылают потоки данных и обеспечивают подачу синхронизирующего сигнала, используемого для согласования процессов обмена данными между устройствами DCE и DTE. Примерами устройств DCE могут служить модемы и карты сетевого интерфейса (сетевые адаптеры).

Центральный офис телефонной компании или телефонная станция (central office — CO). Офис местной телефонной компании, к которому подсоединены все локальные ответвления данного района и в котором происходит коммутация каналов, соединяющих станцию с абонентами.

Контрольные вопросы

1. Для какого из перечисленных ниже типов данных аналоговые соединения удаленного доступа являются неподходящим решением?
 - A. Сообщения электронной почты (E-mail)
 - B. Передача файлов небольшого объема
 - C. Отчеты
 - D. Видео
2. Какое из приведенных ниже утверждений, относящихся к технологии ISDN, справедливо?
 - A. BRI ISDN предоставляет пользователю два В-канала и один D-канал
 - B. D-канал, работающий на скорости 16 Кбит/с, предназначен для передачи данных пользователя
 - C. BRI ISDN предоставляет пользователю два В-канала и один D-канал в Северной Америке
 - D. Общая битовая скорость BRI ISDN составляет 2,533 Мбит/с
3. Выделенная линия представляет собой канал типа _____, который обеспечивает отдельный ранее установленный маршрут коммуникации в распределенной сети WAN от пользователя к удаленной сети.
 - A. “точка-точка”
 - B. “точка-несколько точек”
 - C. аналоговое соединение
 - D. цифровое соединение
4. Какое из приведенных ниже утверждений о сетях X.25 не является истинным?
 - A. Скорость передачи является низкой
 - B. Пакеты данных не подвержены задержке
 - C. Широко используются в приложениях EDI
 - D. Оплата службы определяется объемом переданных и полученных данных

5. Каким образом Frame Relay одновременно обрабатывает несколько сеансов связи по одному физическому соединению?
 - A. Frame Relay мультиплексирует отдельные каналы
 - B. Несколько одновременных сеансов связи не допускаются
 - C. Frame Relay дуплексирует сеанс связи
 - D. Frame Relay преобразует их в ячейки ATM
6. Какое из приведенных ниже утверждений о технологии ATM не является истинным?
 - A. Она позволяет передавать голос, видео и обычные данные
 - B. ATM предоставляет большую полосу пропускания, чем технология Frame Relay.
 - C. Она в большей степени базируется на архитектуре ячеек, чем на архитектуре фреймов
 - D. Ячейки ATM имеют фиксированную длину в 35 байтов
7. Оборудование, расположенное в помещениях пользователя, подключаемое к центральному офису провайдера службы, называется:
 - A. DTE
 - B. DCE
 - C. CPE
 - D. Ничто из вышеперечисленного
8. Устройства, передающие данные в локальное ответвление, называются :
 - A. DTE
 - B. DCE
 - C. CPE
 - D. Ничто из вышеперечисленного
9. Устройства пользователя, передающие данные в DCE, называются:
 - A. DTE
 - B. DCE
 - C. CPE
 - D. Ничто из вышеперечисленного
10. Для передачи данных по цифровым каналам требуется _____ и _____.
 - A. CSU и DSU
 - B. DTE и DCE
 - C. T1 и E1
 - D. Ничто из вышеперечисленного
11. Для аналоговых WAN-служб требуется _____.
 - A. оборудование DCE
 - B. оборудование DTE
 - C. Модем
 - D. Адаптер NIC
12. Какая из перечисленных ниже технологий не использует коммутацию каналов?

- A. Общедоступная коммутируемая телефонная сеть (Public Switched Telephone Network — PSTN)
 - B. Интерфейс базовой скорости ISDN (ISDN Basic Rate Interface — BRI)
 - C. Интерфейс первичной скорости ISDN (ISDN Primary Rate Interface — PRI)
 - D. SONET
13. В сетях с коммутацией пакетов устанавливаемые при включении коммутаторов маршруты называются:
- A. Постоянными виртуальными каналами (Permanent virtual circuits — PVCs)
 - B. Коммутируемыми виртуальными каналами (Switched virtual circuits — SVC)
 - C. Постоянной виртуальной службой (Permanent virtual service — PVS)
 - D. Коммутируемой виртуальной службой (Switched virtual service — SVS)
14. В сетях с коммутацией пакетов маршруты, устанавливаемые по требованию называются:
- A. Постоянными виртуальными каналами (Permanent virtual circuits — PVCs)
 - B. Коммутируемыми виртуальными каналами (Switched virtual circuits — SVC)
 - C. Постоянной виртуальной службой (Permanent virtual service — PVS)
 - D. Коммутируемой виртуальной службой (Switched virtual service — SVS)
15. Какой из приведенных ниже типов службы характерен для соединений ISDN?
- A. Асинхронное соединение удаленного доступа
 - B. Асинхронная выделенная линия
 - C. Синхронное соединение удаленного доступа
 - D. Синхронная выделенная линия
16. Какое из приведенных ниже устройств относится к оборудованию DCE?
- A. Маршрутизатор
 - B. Модем
 - C. Коммутатор
 - D. Концентратор
17. На каком уровне эталонной модели OSI функционирует протокол PPP?
- A. На сетевом
 - B. На канальном
 - C. На уровне приложений
 - D. На транспортном уровне
18. На каком уровне эталонной модели OSI функционирует протокол Frame Relay?
- A. На 1-м уровне
 - B. На 2-м уровне
 - C. На 4-м уровне
 - D. На 3-м уровне
19. Интерфейс BRI ISDN состоит из:
- A. 2-х В-каналов и 2-х D-каналов
 - B. 2-х В-каналов и 1-го D-канала
 - C. 23 В-каналов и 1-го D-канала
 - D. 30 В-каналов и 1-го D-канала