Лекция 17.
Глобальные сети. Общая характеристика.

1. Вводные замечания.

Глобальные сети (Wide Area Networks, WAN), которые также называют территориальными компьютерными сетями, служат для того, чтобы предоставлять свои сервисы большому количеству конечных абонентов, разбросанных по большой территории — в пределах области, региона, страны, континента или всего земного шара. Ввиду большой протяженности каналов связи построение глобальной сети требует очень больших затрат, в которые входит стоимость кабелей и работ по их прокладке, затраты на коммутационное оборудование и промежуточную усилительную аппаратуру, обеспечивающую необходимую полосу пропускания канала, а также эксплуатационные затраты на постоянное поддержание в работоспособном состоянии разбросанной по большой территории аппаратуры сети.

Типичными абонентами глобальной компьютерной сети являются локальные сети предприятий, расположенные в разных городах и странах, которым нужно обмениваться данными между собой. Услугами глобальных сетей пользуются также и отдельные компьютеры. Крупные компьютеры класса мэйнфреймов обычно обеспечивают доступ к корпоративным данным, в то время как персональные компьютеры используются для доступа к корпоративным данным и публичным данным Internet.

Глобальные сети обычно создаются крупными телекоммуникационными компаниями для оказания платных услуг абонентам. Такие сети называют публичными или общественными. Существуют также такие понятия, как оператор сети и поставщик услуг сети. *Оператор сети (network operator)* — это та компания, которая поддерживает нормальную работу сети. *Поставщик услуг,* часто называемый также провайдером *(service provider),* — та компания, которая оказывает платные услуги абонентам сети. Владелец, оператор и поставщик услуг могут объединяться в одну компанию, а могут представлять и разные компании.

Гораздо реже глобальная сеть полностью создается какой-нибудь крупной корпорацией (такой, например, как Dow Jones или «Транснефть») для своих внутренних нужд. В этом случае сеть называется частной. Очень часто встречается и промежуточный вариант — корпоративная сеть пользуется услугами или оборудованием общественной глобальной сети, но дополняет эти услуги или оборудование своими собственными. Наиболее типичным примером здесь является аренда каналов связи, на основе которых создаются собственные территориальные сети.

Кроме вычислительных глобальных сетей существуют и другие виды территориальных сетей передачи информации. В первую очередь это телефонные и телеграфные сети, работающие на протяжении многих десятков лет, а также телексная сеть.

Ввиду большой стоимости глобальных сетей существует долговременная тенденция создания единой глобальной сети, которая может передавать данные любых типов: компьютерные данные, телефонные разговоры, факсы, телеграммы, телевизионное изображение, телетекс (передача данных между двумя терминалами), видеотекс (получение хранящихся в сети данных на свой терминал) и т. д., и т. п. На сегодня существенного прогресса в этой области не достигнуто, хотя технологии для создания таких сетей начали разрабатываться достаточно давно — первая технология для интеграции телекоммуникационных услуг ISDN стала развиваться с начала 70-х годов. Пока каждый тип сети существует отдельно и наибо-

лее тесная их интеграция достигнута в области использования общих первичных сетей — сетей PDH и SDH, с помощью которых сегодня создаются постоянные каналы в сетях с коммутацией абонентов. Тем не менее каждая из технологий, как компьютерных сетей, так и телефонных, старается сегодня передавать «чужой» для нее трафик с максимальной эффективностью, а попытки создать интегрированные сети на новом витке развития технологий продолжаются под преемственным названием Broadband ISDN (B-ISDN), то есть широкополосной (высокоскоростной) сети с интеграцией услуг. Сети B-ISDN будут основываться на технологии ATM, как универсальном транспорте, и поддерживать различные службы верхнего уровня для распространения конечным пользователям сети разнообразной информации — компьютерных данных, аудио- и видеоинформации, а также организации интерактивного взаимодействия пользователей.

В основе локальных и глобальных вычислительных сетей лежит один и тот же метод — метод коммутации пакетов, глобальные сети имеют достаточно много отличий от локальных сетей. Эти отличия касаются как принципов работы (например, принципы маршрутизации почти во всех типах глобальных сетей, кроме сетей TCP/IP, основаны на предварительном образовании виртуального канала), так и терминологии.

2. Функции и обобщенная структура глобальной сети

2.1. Транспортные функции глобальной сети

В идеале глобальная вычислительная сеть должна передавать данные абонентов любых типов, которые есть на предприятии и нуждаются в удаленном обмене информацией. Для этого глобальная сеть должна предоставлять комплекс услуг:

передачу пакетов локальных сетей, передачу пакетов мини-компьютеров и мейнфреймов, обмен факсами, передачу графика офисных АТС, выход в городские, междугородные и международные телефонные сети, обмен видеоизображениями для организации видеоконференций, передачу графика кассовых аппаратов, банкоматов и т. д. и т. п. Основные типы потенциальных потребителей услуг глобальной компьютерной сети изображены на рис. 1. Нужно подчеркнуть, что когда идет речь о передаче трафика офисных АТС, **то** имеется в виду обеспечение разговоров только между сотрудниками различных филиалов одного предприятия, а не замена городской, национальной или международной телефонной сети. Трафик внутренних телефонных разговоров имеет невысокую интенсивность и невысокие требования к качеству передачи голоса, поэтому многие компьютерные технологии глобальных сетей, например frame relay, справляются с такой упрощенной задачей.

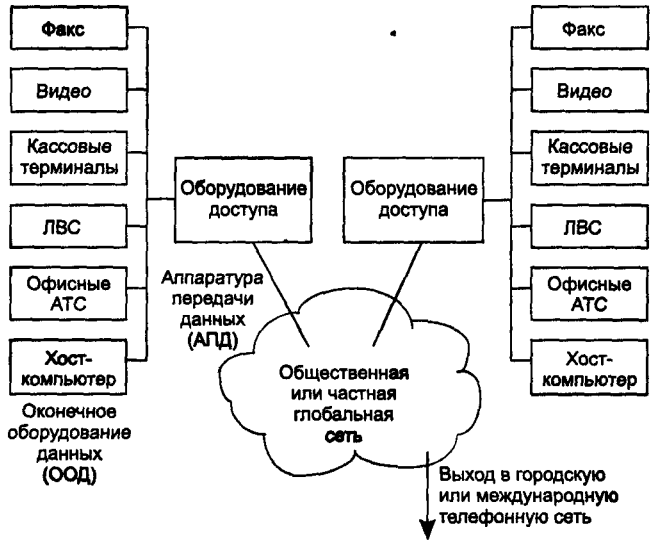

Рис. 1. Абоненты глобальной сети

Большинство территориальных компьютерных сетей в настоящее время обеспечивают только передачу компьютерных данных, но количество сетей, которые могут передавать остальные типы данных, постоянно растет.

ПРИМЕЧАНИЕ Отметим, что термин «передача данных» в территориальных сетях используется в узком смысле и означает передачу только компьютерных данных, а передачу речи и изображения обычно к передаче данных не относят.

2.2. Высокоуровневые услуги глобальных сетей

Из рассмотренного списка услуг, которые глобальная сеть предоставляет конечным пользователям, видно, что в основном она используется как транзитный транспортный механизм, предоставляющий только услуги трех нижних уровней модели OSI. Действительно, при построении корпоративной сети сами данные хранятся и вырабатываются в компьютерах, принадлежащих локальным сетям этого предприятия, а глобальная сеть их только переносит из одной локальной сети в другую. Поэтому в локальной сети реализуются все семь уровней модели OSI, включая прикладной, которые предоставляют доступ к данным, преобразуют их форму, организуют защиту информации от несанкционированного доступа.

Однако в последнее время функции глобальной сети, относящиеся к верхним уровням стека протоколов, стали играть заметную роль в вычислительных сетях. Это связано в первую очередь с популярностью информации, предоставляемой публично сетью Internet. Список высокоуровневых услуг, который предоставляет Internet, достаточно широк. Кроме доступа к гипертекстовой информации Web-узлов с большим количеством перекрестных ссылок, которые делают источником данных не отдельные компьютеры, а действительно всю глобальную сеть, здесь нужно отметить и широковещательное распространение звукозаписей, составляющее конкуренцию радиовещанию, организацию интерактивных «бесед» — chat, организацию конференций по интересам (служба News), поиск информации и ее доставку по индивидуальным заказам и многое другое.

Эти информационные (а не транспортные) услуги оказывают большое влияние не только на домашних пользователей, но и на работу сотрудников предприятий, которые пользуются профессиональной информацией, публикуемой другими пред-

приятиями в Internet, в своей повседневной деятельности, общаются с коллегами с помощью конференций и chat, часто таким образом достаточно быстро выясняя наболевшие нерешенные вопросы.

Информационные услуги Internet оказали влияние на традиционные способы доступа к разделяемым ресурсам, на протяжении многих лет применявшиеся в локальных сетях. Все больше корпоративной информации «для служебного пользования» распространяется среди сотрудников предприятия с помощью Web-службы, заменив многочисленные индивидуальные программные надстройки над базами данных, в больших количествах разрабатываемые на предприятиях. Появился специальный термин — *intranet,* который применяется в тех случаях, когда технологии Internet переносятся в корпоративную сеть. К технологиям intranet относят не только службу Web, но и использование Internet как глобальной транспортной сети, соединяющей локальные сети предприятия, а также все информационные технологии верхних уровней, появившиеся первоначально в Internet и поставленные на службу корпоративной сети.

В результате глобальные и локальные сети постепенно сближаются за счет взаимопроникновения технологий разных уровней — от транспортных до прикладных.

В данной лекции основное внимание уделяется транспортным технологиям глобальных сетей, как основе любой высокоуровневой службы верхнего уровня. Кроме того, глобальные сети при построении корпоративных сетей в основном пока используются именно в этом качестве.

2.3. Структура глобальной сети

Типичный пример структуры глобальной компьютерной сети приведен на рис.2 Здесь используются следующие обозначения: S (switch) — коммутаторы, К — компьютеры, R (router) — маршрутизаторы, MUX (multiplexor) — мультиплексор, UNI (User-Network Interface) — интерфейс пользователь - сеть и NNI (Network-Network Interface) — интерфейс сеть - сеть. Кроме того, офисная АТС обозначена аббревиатурой PBX, а маленькими черными квадратиками — устройства DCE, о которых будет рассказано ниже.

Сеть строится на основе некоммутируемых (выделенных) каналов связи, которые соединяют коммутаторы глобальной сети между собой. Коммутаторы называют также *центрами коммутации пакетов (ЦКП),* то есть они являются коммутаторами пакетов, которые в разных технологиях глобальных сетей могут иметь и другие названия — кадры, ячейки (cell). Как и в технологиях локальных сетей принципиальной разницы между этими единицами данных нет, однако в некоторых технологиях есть традиционные названия, которые к тому же часто отражают специфику обработки пакетов. Например, кадр технологии frame relay редко называют пакетом, поскольку он не инкапсулируется в кадр или пакет более низкого уровня и обрабатывается протоколом канального уровня.

Коммутаторы устанавливаются в тех географических пунктах, в которых требуется ответвление или слияние потоков данных конечных абонентов или магистральных каналов, переносящих данные многих абонентов. Естественно, выбор мест расположения коммутаторов определяется многими соображениями, в которые включается также возможность обслуживания коммутаторов квалифицированным персоналом, наличие выделенных каналов связи в данном пункте, надежность сети, определяемая избыточными связями между коммутаторами.

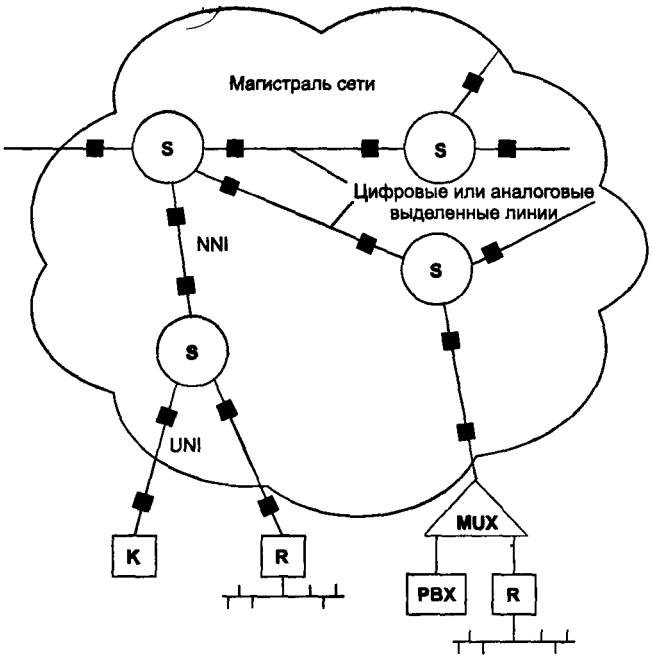

Рис. 2. Пример структуры глобальной сети

Абоненты сети подключаются к коммутаторам в общем случае также с помощью выделенных каналов связи. Эти каналы связи имеют более низкую пропускную способность, чем магистральные каналы, объединяющие коммутаторы, иначе сеть бы не справилась с потоками данных своих многочисленных пользователей. Для подключения конечных пользователей допускается использование коммутируемых каналов, то есть каналов телефонных сетей, хотя в таком случае качество транспортных услуг обычно ухудшается. Принципиально замена выделенного канала на коммутируемый ничего не меняет, но вносятся дополнительные задержки, отказы и разрывы канала по вине сети с коммутацией каналов, которая в таком случае становится промежуточным звеном между пользователем и сетью с коммутацией пакетов. Кроме того, в аналоговых телефонных сетях канал обычно имеет низкое качество из-за высокого уровня шумов. Применение коммутируемых каналов на магистральных связях коммутатор—коммутатор также возможно, но по тем же причинам весьма нежелательно.

В глобальной сети наличие большого количества абонентов с невысоким средним уровнем графика весьма желательно — именно в этом случае начинают в наибольшей степени проявляться выгоды метода коммутации пакетов. Если же абонентов мало и каждый из них создает трафик большой интенсивности (по сравнению с возможностями каналов и коммутаторов сети), то равномерное распределение во времени пульсаций трафика становится маловероятным и для качественного обслуживания абонентов необходимо использовать сеть с низким коэффициентом нагрузки.

Конечные узлы глобальной сети более разнообразны, чем конечные узлы локальной сети. На рис. 2. показаны основные типы конечных узлов глобальной сети: отдельные компьютеры К, локальные сети, маршрутизаторы R и мультиплексоры MUX, которые используются для одновременной передачи по компьютерной сети данных и голоса (или изображения). Все эти устройства вырабатывают данные для передачи в глобальной сети, поэтому являются для нее устройствами типа DTE (Data Terminal Equipment). Локальная сеть отделена от глобальной маршрутизатором или удаленным мостом (который на рисунке не показан), поэтому для

глобальной сети она представлена единым устройством DTE — портом маршрутизатора или моста.

При передаче данных через глобальную сеть *мосты* и *маршрутизаторы* работают в соответствии с той же логикой, что и при соединении локальных сетей. Мосты, которые в этом случае называются *удаленными мостами (remote bridges),* строят таблицу MAC-адресов на основании проходящего через них трафика, и по данным этой таблицы принимают решение — передавать кадры в удаленную сеть или нет. В отличие от своих локальных собратьев, удаленные мосты выпускаются и сегодня, привлекая сетевых интеграторов тем, что их не нужно конфигурировать, а в удаленных офисах, где нет квалифицированного обслуживающего персонала, это свойство оказывается очень полезным. Маршрутизаторы принимают решение на основании номера сети пакета какого-либо протокола сетевого уровня (например, IP или IPX) и, если пакет нужно переправить следующему маршрутизатору по глобальной сети, например frame relay, упаковывают его в кадр этой сети, снабжают соответствующим аппаратным адресом следующего маршрутизатора и отправляют в глобальную сеть.

Мультиплексоры «голос-данные» предназначены для совмещения в рамках одной территориальной сети компьютерного и голосового графиков. Так как рассматриваемая глобальная сеть передает данные в виде пакетов, то мультиплексоры «голос-данные», работающие на сети данного типа, упаковывают голосовую информацию в кадры или пакеты территориальной сети и передают их ближайшему коммутатору точно так же, как и любой конечный узел глобальной сети, то есть мост или маршрутизатор. Если глобальная сеть поддерживает приоритезацию трафика, то кадрам голосового трафика мультиплексор присваивает наивысший приоритет, чтобы коммутаторы обрабатывали и продвигали их в первую очередь. Приемный узел на другом конце глобальной сети также должен быть мультиплексором «голос-данные», который должен понять, что за тип данных находится в пакете — замеры голоса или пакеты компьютерных данных, — и отсортировать эти данные по своим выходам. Голосовые данные направляются офисной АТС, а компьютерные данные поступают через маршрутизатор в локальную сеть. Часто модуль мультиплексора «голос-данные» встраивается в маршрутизатор. Для передачи голоса в наибольшей степени подходят технологии, работающие с предварительным резервированием полосы пропускания для соединения абонентов, — frame relay, ATM.

Так как конечные узлы глобальной сети должны передавать данные по каналу связи определенного стандарта, то каждое устройство типа DTE требуется оснастить устройством типа DCE (Data Circuit terminating Equipment), которое обеспечивает необходимый протокол физического уровня данного канала. В зависимости от типа канала для связи с каналами глобальных сетей используются ВСЕ трех основных типов: модемы для работы по выделенным и коммутируемым аналоговым каналам, устройства DSU/CSU для работы по цифровым выделенным каналам сетей технологии TDM и терминальные адаптеры (TA) для работы по цифровым каналам сетей ISDN. Устройства DTE и DCE обобщенно называют оборудованием, размещаемым на территории абонента глобальной сети — Customer Premises Equipment, CPE.

Если предприятие не строит свою территориальную сеть, а пользуется услугами общественной, то внутренняя структура этой сети его не интересует. Для абонента общественной сети главное — это предоставляемые сетью услуги и четкое определение интерфейса взаимодействия с сетью, чтобы его оконечное оборудование и программное обеспечение корректно сопрягались с соответствующим оборудованием и программным обеспечением общественной сети.

Поэтому в глобальной сети обычно строго описан и стандартизован *интерфейс "пользователь-сеть" (User-to-Network Interface, UNI).* Это необходимо для того, чтобы пользователи могли без проблем подключаться к сети с помощью коммуникационного оборудования любого производителя, который соблюдает стандарт UNI данной технологии (например, X.25).

Протоколы взаимодействия коммутаторов внутри глобальной сети, называемые *интерфейсом "сеть-сеть" (Network-to-Network Interface, NNI),* стандартизуются не всегда. Считается, что организация, создающая глобальную сеть, должна иметь свободу действий, чтобы самостоятельно решать, как должны взаимодействовать внутренние узлы сети между собой. В связи с этим внутренний интерфейс, в случае его стандартизации, носит название «сеть-сеть», а не «коммутатор-коммутатор», подчеркивая тот факт, что он должен использоваться в основном при взаимодействии двух территориальных сетей различных операторов. Тем не менее если стандарт NNI принимается, то в соответствии с ним обычно организуется взаимодействие всех коммутаторов сети, а не только пограничных.

2.4. Интерфейсы DTE-DCE

Для подключения устройств DCE к аппаратуре, вырабатывающей данные для глобальной сети, то есть к устройствам DTE, существует несколько стандартных интерфейсов, которые представляют собой стандарты физического уровня. К этим стандартам относятся стандарты серии V CCITT, а также стандарты EIA серии RS (Recomended Standards). Две линии стандартов во многом дублируют одни и те же спецификации, но с некоторыми вариациями. Данные интерфейсы позволяют передавать данные со скоростями от 300 бит/с до нескольких мегабит в секунду на небольшие расстояния (15-20 м), достаточные для удобного размещения, например, маршрутизатора и модема.

Интерфейс RS-232C/V.24 является наиболее популярным низкоскоростным интерфейсом. Первоначально он был разработан для передачи данных между компьютером и модемом со скоростью не выше 9600 бит/с на расстояние до 15 метров. Позднее практические реализации этого интерфейса стали работать и на более высоких скоростях — до 115 200 бит/с. Интерфейс поддерживает как асинхронный, так и синхронный режим работы. Особую популярность этот интерфейс получил после его реализации в персональных компьютерах (его поддерживают COM-порты), где он работает, как правило, только в асинхронном режиме и позволяет подключить к компьютеру не только коммуникационное устройство (такое, как модем), но и многие другие периферийные устройства — мышь, графопостроитель и т. д.

Интерфейс использует 25-контактный разъем или в упрощенном варианте — 9-контактный разъем (рис. 3).

DTE				DCE
Номер контакта	Назначение	Обозначение CCITT		
22	Индикатор вызова — RI	125	←	RI
20	Готовность терминала — DTR	108	→	DTR
16	Синхронизация передаваемых данных — TxClk (источник — DTE)	111	→	TxClk
15	Синхронизация передаваемых данных — TxClk (источник — DCE)	114	←	TxClk
17	Синхронизация принимаемых данных — RxClk	115	←	RxClk
8	Обнаружение несущей — CD	109	←	CD
7	Земля сигнала — SIG	102	—	SIG
6	Готовность DCE — DSR	107	←	
5	Готовность к передаче — CTS	106	←	CTS
4	Запрос передачи — RTS	105	→	RTS
3	Принимаемые данные DTE — RxD	104	←	RxD
2	Передаваемые данные DTE — TxD	103	→	TxD
1	Земля экрана — SHG	101	—	SHG

Рис. 3. Сигналы интерфейсе RS-232C/V24

Для обозначения сигнальных цепей используется нумерация CCITT, которая получила название «серия 100». Существуют также двухбуквенные обозначения EIA, которые на рисунке не показаны.

В интерфейсе реализован биполярный потенциальный код (+V, -V) на линиях между DTE и DCE. Обычно используется довольно высокий уровень сигнала:
12 или 15 В, чтобы более надежно распознавать сигнал на фоне шума.

При асинхронной передаче данных синхронизирующая информация содержится в самих кодах данных, поэтому сигналы синхронизации TxClk и RxClk отсутствуют. При синхронной передаче данных модем (DCE) передает на компьютер (DTE) сигналы синхронизации, без которых компьютер не может правильно интерпретировать потенциальный код, поступающий от модема по линии RxD. В случае когда используется код с несколькими состояниями (например, QAM), то один тактовый сигнал соответствует нескольким битам информации.

Нуль-модемный интерфейс характерен для прямой связи компьютеров на небольшом расстоянии с помощью интерфейса RS-232C/V 24. В этом случае необходимо применить специальный нуль-модемный кабель, так как каждый компьютер будет ожидать приема данных по линии RxD, что в случае применения модема будет корректно, но в случае прямого соединения компьютеров — нет. Кроме того, нуль-модемный кабель должен имитировать процесс соединения и разрыва через модемы, в котором используется несколько линий (RI, CB и т. д.). Поэтому для нормальной работы двух непосредственно соединенных компьютеров нуль-модемный кабель должен выполнять следующие соединения:

• RI-1+DSR-1 - DTR-2;

• DTR-1 - RI-2+DSR-2;

• CD-1 - CTS-2+RTS-2;

• CTS-1+RTS-1 - CD-2;

• RxD-1 - TxD-2; .

• TxD-1 - RxD-2;

• SIG-l-SIG-1;

• SHG-l-SHG-2.

Знак «+» обозначает соединение соответствующих контактов на одной стороне кабеля.

Иногда при изготовлении нуль-модемного кабеля ограничиваются только перекрестным соединением линий приемника RxD и передатчика TxD, что для некоторого программного обеспечения бывает достаточно, но в общем случае может привести к некорректной работе программ, рассчитанных на реальные модемы.

Интерфейс RS-449/V. 10/V. 11 поддерживает более высокую скорость обмена данными и большую удаленность DCE от DTE. Этот интерфейс имеет две отдельные спецификации электрических сигналов. Спецификация RS-423/V.10 (аналогичные параметры имеет спецификация X.26) поддерживает скорость обмена до 100 000 бит/с на расстоянии до 10 ми скорость до 10 000 бит/с на расстоянии до 100 м. Спецификация RS-422/V.11(X.27) поддерживает скорость до 10 Мбит/с на расстоянии до 10 м и скорость до 1 Мбит/с на расстоянии до 100 м. Как и RS-232C, интерфейс RS-449 поддерживает асинхронный и синхронный режимы обмена между DTE и DCE. Для соединения используется 37-контактный разъем.

Интерфейс V.35 был разработан для подключения синхронных модемов. Он обеспечивает только синхронный режим обмена между DTE и DCE на скорости до 168 Кбит/с. Для синхронизации обмена используются специальные тактирующие линии. Максимальное расстояние между DTE и DCE не превышает 15м, как и в интерфейсе RS-232C.

Интерфейс X.21 разработан для синхронного обмена данными между DTE и DCE в сетях с коммутацией пакетов X.25. Это достаточно сложный интерфейс, который поддерживает процедуры установления соединения в сетях с коммутацией пакетов и каналов. Интерфейс был рассчитан на цифровые DCE. Для поддержки синхронных модемов была разработана версия интерфейса X.21 bis, которая имеет несколько вариантов спецификации электрических сигналов: RS-232C, V.10, V. Ни V.35.

Интерфейс «токовая петля 20 мА» используется для увеличения расстояния между DTE и DCE. Сигналом является не потенциал, а ток величиной 20 мА, протекающий в замкнутом контуре передатчика и приемника. Дуплексный обмен реализован на двух токовых петлях. Интерфейс работает только в асинхронном режиме. Расстояние между DTE и DCE может составлять несколько километров, а скорость передачи — до 20 Кбит/с.

Интерфейс HSSI (high-Speed SerialInterface) разработан для подключения к устройствам DCE, работающим на высокоскоростные каналы, такие как каналы ТЗ (45 Мбит/с), SONET OC-1 (52 Мбит/с). Интерфейс работает в синхронном режиме и поддерживает передачу данных в диапазоне скоростей от 300 Кбит/с до 52 Мбит/с.

3. Типы глобальных сетей

Приведенная на рис. 2 глобальная вычислительная сеть работает в наиболее подходящем для компьютерного графика режиме — режиме коммутации пакетов. Оптимальность этого режима для связи локальных сетей доказывают не только данные о суммарном графике, передаваемом сетью в единицу времени, но и стоимость услуг такой территориальной сети. Обычно при равенстве предоставляемой скорости доступа сеть с коммутацией пакетов оказывается в 2-3 раза дешевле, чем сеть с коммутацией каналов, то есть публичная телефонная сеть.

Поэтому при создании корпоративной сети необходимо стремиться к построению или использованию услуг территориальной сети со структурой, подобной струк-

туре, приведенной на рис. 2, то есть сети с территориально распределенными коммутаторами пакетов.

Однако часто такая вычислительная глобальная сеть по разным причинам оказывается недоступной в том или ином географическом пункте. В то же время гораздо более распространены и доступны услуги, предоставляемые телефонными сетями или первичными сетями, поддерживающими услуги выделенных каналов. Поэтому при построении корпоративной сети можно дополнить недостающие компоненты услугами и оборудованием, арендуемыми у владельцев первичной или телефонной сети.

В зависимости от того, какие компоненты приходится брать в аренду, принято различать корпоративные сети, построенные с использованием:

• выделенных каналов;

• коммутации каналов;

• коммутации пакетов.

Последний случай соответствует наиболее благоприятному случаю, когда сеть с коммутацией пакетов доступна во всех географических точках, которые нужно объединить в общую корпоративную сеть. Первые два случая требуют проведения дополнительных работ, чтобы на основании взятых в аренду средств построить сеть с коммутацией пакетов.

3.1. Выделенные каналы

Выделенные (или арендуемые — leased) каналы можно получить у телекоммуникационных компаний, которые владеют каналами дальней связи (таких, например, как «РОСТЕЛЕКОМ»), или от телефонных компаний, которые обычно сдают в аренду каналы в пределах города или региона.

Использовать выделенные линии можно двумя способами. Первый состоит в построении с их помощью территориальной сети определенной технологии, например frame relay, в которой арендуемые выделенные линии служат для соединения промежуточных, территориально распределенных коммутаторов пакетов, как в случае, приведенном на рис. 2.

Второй вариант — соединение выделенными линиями только объединяемых локальных сетей или конечных абонентов другого типа, например мэйнфреймов, без установки транзитных коммутаторов пакетов, работающих по технологии глобальной сети (рис. 4). Второй вариант является наиболее простым с технической точки зрения, так как основан на использовании маршрутизаторов или удаленных мостов в объединяемых локальных сетях и отсутствии протоколов глобальных технологий, таких как X.25 или frame relay. По глобальным каналам передаются те же пакеты сетевого или канального уровня, что и в локальных сетях.

Именно второй способ использования глобальных каналов получил специальное название «услуги выделенных каналов», так как в нем действительно больше ничего из технологий собственно глобальных сетей с коммутацией пакетов не используется.

Выделенные каналы очень активно применялись совсем в недалеком прошлом и применяются сегодня, особенно при построении ответственных магистральных связей между крупными локальными сетями, так как эта услуга гарантирует пропускную способность арендуемого канала. Однако при большом количестве географически удаленных точек и интенсивном смешанном графике между ними использование этой службы приводит к высоким затратам за счет большого количества арендуемых каналов.

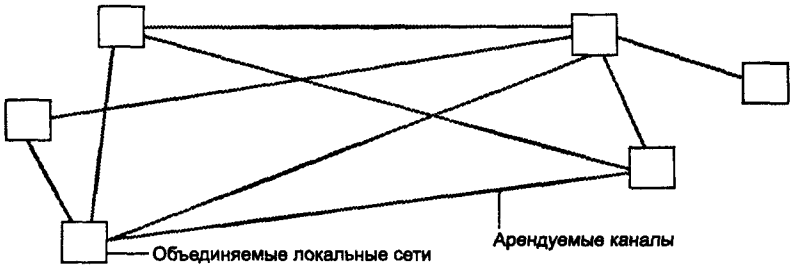

Рис. 4. Использование выделенных каналов

Сегодня существует большой выбор выделенных каналов — от аналоговых каналов тональной частоты с полосой пропускания 3,1 кГц до цифровых каналов технологии SDH с пропускной способностью 155 и 622 Мбит/с.

3.2. Глобальные сети с коммутацией каналов

Сегодня для построения глобальных связей в корпоративной сети доступны сети с коммутацией каналов двух типов — традиционные аналоговые телефонные сети и цифровые сети с интеграцией услуг ISDN. Достоинством сетей с коммутацией каналов является их распространенность, что характерно особенно для аналоговых телефонных сетей. В последнее время сети ISDN во многих странах также стали вполне доступны корпоративному пользователю, а в России это утверждение относится пока только к крупным городам.

Известным недостатком аналоговых телефонных сетей является низкое качество составного канала, которое объясняется использованием телефонных коммутаторов устаревших моделей, работающих по принципу частотного уплотнения каналов (FDM-технологии). На такие коммутаторы сильно воздействуют внешние помехи (например, грозовые разряды или работающие электродвигатели), которые трудно отличить от полезного сигнала. Правда, в аналоговых телефонных сетях все чаще используются цифровые АТС, которые между собой передают голос в цифровой форме. Аналоговым в таких сетях остается только абонентское окончание. Чем больше цифровых АТС в телефонной сети, тем выше качество канала, однако до полного вытеснения АТС, работающих по принципу FDM-коммутации, в нашей стране еще далеко. Кроме качества каналов, аналоговые телефонные сети также обладают таким недостатком, как большое время установления соединения, особенно при импульсном способе набора номера, характерного для нашей страны.

Телефонные сети, полностью построенные на цифровых коммутаторах, и сети ISDN свободны от многих недостатков традиционных аналоговых телефонных сетей. Они предоставляют пользователям высококачественные линии связи, а время установления соединения в сетях ISDN существенно сокращено.

Однако даже при качественных каналах связи, которые могут обеспечить сети с коммутацией каналов, для построения корпоративных глобальных связей эти сети могут оказаться экономически неэффективными Так как в таких сетях пользователи платят не за объем переданного графика, а за время соединения, то при графике с большими пульсациями и, соответственно, большими паузами между пакетами оплата идет во многом не за передачу, а за ее отсутствие. Это прямое следствие плохой приспособленности метода коммутации каналов для соединения компьютеров.

Тем не менее при подключении массовых абонентов к корпоративной сети, например сотрудников предприятия, работающих дома, телефонная сеть оказывается единственным подходящим видом глобальной службы из соображений доступности и стоимости (при небольшом времени связи удаленного сотрудника с

корпоративной сетью).

3.3. Глобальные сети с коммутацией пакетов

В 80-е годы для надежного объединения локальных сетей и крупных компьютеров в корпоративную сеть использовалась практически одна технология глобальных сетей с коммутацией пакетов — X.25 Сегодня выбор стал гораздо шире, помимо сетей X.25 он включает такие технологии, как frame relay, SMDS и ATM. Кроме этих технологий, разработанных специально для глобальных компьютерных сетей, можно воспользоваться услугами территориальных сетей TCP/IP, которые доступны сегодня как в виде недорогой и очень распространенной сети Internet, качество транспортных услуг которой пока практически не регламентируется и оставляет желать лучшего, так и в виде коммерческих глобальных сетей TCP/IP, изолированных от Internet и предоставляемых в аренду телекоммуникационными компаниями.

В табл. 1 приводятся характеристики этих сетей, причем в графе «Трафик» указывается тип графика, который наиболее подходит для данного типа сетей, а в графе «Скорость доступа» — наиболее типичный диапазон скоростей, предоставляемых поставщиками услуг этих сетей.

Таблица 1. Характеристики сетей с коммутацией пакетов

Тип сети	Скорость доступа	Трафик	Примечания
X.25	1,2–64 Кбит/с	Терминальный	Большая избыточность протоколов, хорошо работают на каналах низкого качества

Тип сети	Скорость доступа	Трафик	Примечания
Frame Relay	от 64 Кбит/с до 2 Мбит/с	Компьютерный	Сравнительно новые сети, хорошо передают пульсации трафика, в основном поддерживают службу постоянных виртуальных каналов
SMDS	1,544–45 Мбит/с	Компьютерный, графика, голос, видео	Сравнительно новые сети, распространены в крупных городах Америки, вытесняются сетями ATM
ATM	1,544–155 Мбит/с	Компьютерный, графика, голос, видео	Новые сети, коммерческая эксплуатация началась с 1996 года, пока используются в основном для передачи компьютерного трафика
TCP/IP	1,2–2,048 Кбит/с	Терминальный, компьютерный	Широко распространены в некоммерческом варианте — сети Internet, коммерческие услуги пока слабые

Принципы работы сетей TCP/IP остаются неизменными и при включении в состав этих сетей глобальных сетей различных технологий. Для остальных технологий, кроме SMDS, принципы доставки пакетов, пользовательский интерфейс и типы оборудования доступа к сетям данных технологий будут рассмотрены в следующей лекции.

Технология SMDS (Switched Multi-megabit Data Service) была разработана в США для объединения локальных сетей в масштабах мегаполиса, а также предоставления высокоскоростного выхода в глобальные сети. Эта технология поддерживает скорости доступа до 45 Мбит/с и сегментирует кадры MAC-уровня в ячейки

фиксированного размера 53 байт, имеющие, как и ячейки технологии ATM, поле данных в 48 байт. Технология SMDS основана на стандарте IEEE 802 6, который описывает несколько более широкий набор функций, чем SMDS Стандарты SMDS приняты компанией Bellcore, но международного статуса не имеют Сети SMDS были реализованы во многих крупных городах США, однако в других странах эта технология распространения не получила. Сегодня сети SMDS вытесняются сетями ATM, имеющими более широкие функциональные возможности, поэтому технология SMDS подробно не рассматривается.

3.4. Магистральные сети и сети доступа

Целесообразно делить территориальные сети, используемые для построения корпоративной сети, на две большие категории:

- магистральные сети;
- сети доступа

Магистральные территориальные сети (backbone wide-area networks) используются для образования одноранговых связей между крупными локальными сетями, принадлежащими большим подразделениям предприятия. Магистральные территориальные сети должны обеспечивать высокую пропускную способность, так как на магистрали объединяются потоки большого количества подсетей. Кроме того, магистральные сети должны быть постоянно доступны, то есть обеспечивать очень высокий коэффициентом готовности, так как по ним передается график многих критически важных для успешной работы предприятия приложений (business-critical applications). Ввиду особой важности магистральных средств им может «прощаться» высокая стоимость. Так как у предприятия обычно имеется не так уж много крупных сетей, то к магистральным сетям не предъявляются требования поддержания разветвленной инфраструктуры доступа.

Обычно в качестве магистральных сетей используются цифровые выделенные каналы со скоростями от 2 до 622 Мбит/с, по которым передается трафик IP, IPX или протоколов архитектуры SNA компании IBM, сети с коммутацией пакетов frame relay, ATM, X.25 или TCP/IP. При наличии выделенных каналов для обеспечения высокой готовности магистрали используется смешанная избыточная топология связей, как это показано на рис. 5.

Под *сетями доступа* понимаются территориальные сети, необходимые для связи небольших локальных сетей и отдельных удаленных компьютеров с центральной локальной сетью предприятия. Если организации магистральных связей при создании корпоративной сети всегда уделялось большое внимание, то организация удаленного доступа сотрудников предприятия перешла в разряд стратегически важных вопросов только в последнее время. Быстрый доступ к корпоративной информации из любой географической точки определяет для многих видов деятельности предприятия качество принятия решений его сотрудниками. Важность этого фактора растет с увеличением числа сотрудников, работающих на дому (telecommuters — телекоммьютеров), часто находящихся в командировках, и с ростом количества небольших филиалов предприятий, находящихся в различных городах и, может быть, разных странах.

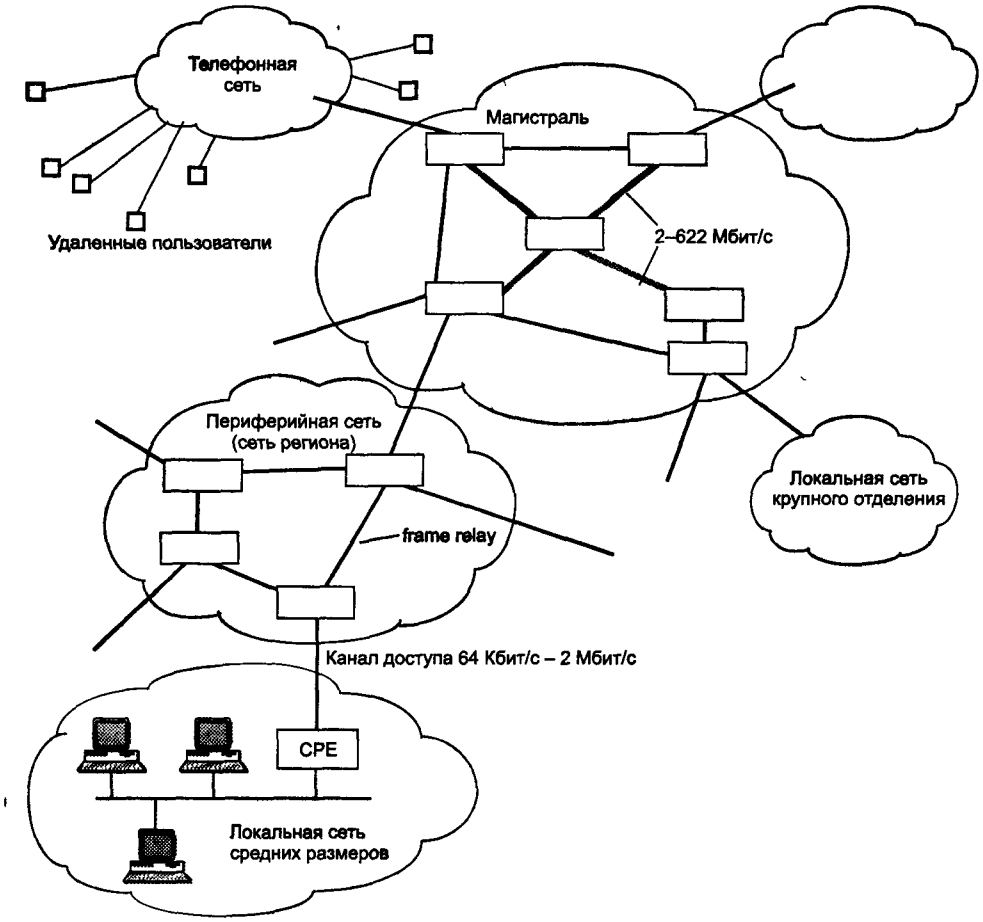

Рис. 5. Структуре глобальной сети предприятия

В качестве отдельных удаленных узлов могут также выступать банкоматы или кассовые аппараты, требующие доступа к центральной базе данных для получения информации о легальных клиентах банка, пластиковые карточки которых необходимо авторизовать на месте. Банкоматы или кассовые аппараты обычно рассчитаны на взаимодействие с центральным компьютером по сети X.25, которая в свое время специально разрабатывалась как сеть для удаленного доступа неинтеллектуального терминального оборудования к центральному компьютеру.

К сетям доступа предъявляются требования, существенно отличающиеся от требований к магистральным сетям. Так как точек удаленного доступа у предприятия может быть очень много, одним из основных требований является наличие разветвленной инфраструктуры доступа, которая может использоваться сотрудниками предприятия как при работе дома, так и в командировках. Кроме того, стоимость удаленного доступа должна быть умеренной, чтобы экономически оправдать затраты на подключение десятков или сотен удаленных абонентов. При этом требования к пропускной способности у отдельного компьютера или локальной сети, состоящей из двух-трех клиентов, обычно укладываются в диапазон нескольких десятков килобит в секунду (если такая скорость и не вполне удовлетворяет удаленного клиента, / то обычно удобствами его работы жертвуют ради экономии средств предприятия).

В качестве сетей доступа обычно применяются телефонные аналоговые сети, сети ISDN и реже — сети frame relay. При подключении локальных сетей филиалов

также используются выделенные каналы со скоростями от 19,2 до 64 Кбит/с. Качественный скачок в расширении возможностей удаленного доступа произошел в связи со стремительным ростом популярности и распространенности Internet. Транспортные услуги Internet дешевле, чем услуги междугородных и международных телефонных сетей, а их качество быстро улучшается.

Программные и аппаратные средства, которые обеспечивают подключение компьютеров или локальных сетей удаленных пользователей к корпоративной сети, называются *средствами удаленного доступа.* Обычно на клиентской стороне эти средства представлены модемом и соответствующим программным обеспечением.

Организацию массового удаленного доступа со стороны центральной локальной сети обеспечивает *сервер удаленного доступа (Remote* Access *Server, RAS).* Сервер удаленного доступа представляет собой программно-аппаратный комплекс, который совмещает функции маршрутизатора, моста и шлюза. Сервер выполняет ту или иную функцию в зависимости от типа протокола, по которому работает удаленный пользователь или удаленная сеть. Серверы удаленного доступа обычно имеют достаточно много низкоскоростных портов для подключения пользователей через аналоговые телефонные сети или ISDN.

Показанная на рис. 5. структура глобальной сети, используемой для объединения в корпоративную сеть отдельных локальных сетей и удаленных пользователей, достаточно типична. Она имеет ярко выраженную иерархию территориальных транспортных средств, включающую высокоскоростную магистраль (например, каналы SDH 155-622 Мбит/с), более медленные территориальные сети доступа для подключения локальных сетей средних размеров (например, frame relay) и телефонную сеть общего назначения для удаленного доступа сотрудников.