

## Тема 17. Глобальные сети

### 17.1. Обобщенная структура и функции глобальной сети

*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.

Ввиду большой стоимости инфраструктуры глобальной сети

существует острая потребность передачи по одной сети всех типов трафика, которые возникают на предприятии, а не только компьютерного: голосового трафика внутренней телефонной сети, работающей на офисных АТС (PBX), трафика факс-аппаратов, видеокамер, кассовых аппаратов, банкоматов и другого производственного оборудования.

Для поддержки мультимедийных видов трафика создаются специальные технологии: ISDN, В-ISDN. Кроме того, технологии глобальных сетей, которые разрабатывались для передачи исключительно компьютерного трафика, в последнее время адаптируются для передачи голоса и изображения. Для этого пакеты, переносящие замеры голоса или данные изображения, приоритезируются, а в тех технологиях, которые это допускают, для их переноса создается соединение с заранее резервируемой пропускной способностью. Имеются специальные устройства доступа – мультиплексоры «голос-данные» или «видео-данные», которые упаковывают мультимедийную информацию в пакеты и отправляют ее по сети, а на приемном конце распаковывают и преобразуют в исходную форму – голос или видеоизображение.

Глобальные сети предоставляют в основном транспортные услуги, транзитом перенося данные между локальными сетями или компьютерами. Существует нарастающая тенденция поддержки служб прикладного уровня для абонентов глобальной сети: распространение публично-доступной аудио-, видео- и текстовой информации, а также организация интерактивного взаимодействия абонентов сети в реальном масштабе времени. Эти службы появились в Internet и успешно переносятся в корпоративные сети, что называется технологией intranet.

Все устройства, используемые для подключения абонентов к глобальной сети, делятся, на два класса: DTE, собственно вырабатывающие данные, и DCE, служащие для передачи данных в соответствии с требованиями интерфейса глобального канала и заверяющие канал.

Технологии глобальных сетей определяют два типа интерфейса:

«пользователь-сеть» (UNI) и «сеть-сеть» (NNI). Интерфейс UNI всегда глубоко детализирован для обеспечения подключения к сети оборудования доступа от разных производителей. Интерфейс NNI может быть детализирован не так подробно, так как взаимодействие крупных сетей может обеспечиваться на индивидуальной основе.

Глобальные компьютерные сети работают на основе технологии коммутации пакетов, кадров и ячеек. Чаще всего глобальная компьютерная сеть принадлежит телекоммуникационной компании, которая предоставляет службы своей сети в аренду. При отсутствии такой сети в нужном регионе предприятия самостоятельно создают глобальные сети, арендуя выделенные или коммутируемые каналы у телекоммуникационных или телефонных компаний.

На арендованных каналах можно построить сеть с промежуточной коммутацией на основе какой-либо технологии глобальной сети (X.25, frame relay, ATM) или же соединять арендованными каналами непосредственно маршрутизаторы или мосты локальных сетей. Выбор способа использования арендованных каналов зависит от количества и топологии связей между локальными сетями.

Глобальные сети делятся на магистральные сети и сети доступа.

## **17.2. Глобальные связи на основе выделенных линий**

Выделенные каналы широко используются для образования глобальных связей между удаленными локальными сетями.

Выделенные каналы делятся на аналоговые и цифровые в зависимости от аппаратуры длительной коммутации. В аналоговых каналах используются FDM-коммутаторы, а в цифровых – TDM. Ненагруженные каналы не проходят через мультиплексоры и коммутаторы и используются чаще всего как абонентские окончания для доступа к глобальным сетям.

Аналоговые каналы делятся на несколько типов: в зависимости от полосы пропускания – на каналы тональной частоты (3100 Гц) и

широкополосные каналы (48 кГц), в зависимости от типа окончания – на каналы с 4-проводным окончанием и каналы с 2-проводным окончанием.

Для передачи компьютерных данных по аналоговым каналам используются модемы – устройства, относящиеся к типу DCE. Модемы для работы на выделенных каналах бывают следующих типов:

- асинхронные, асинхронно-синхронные и синхронные модемы;
- модемы для 4- и 2-проводных окончаний;
- модемы, работающие только в полудуплексном режиме, и дуплексные модемы;
- модемы, поддерживающие протоколы коррекции ошибок;
- широкополосные модемы и модемы для канала тональной частоты.

Широкополосные модемы работают только по 4-проводным окончаниям в дуплексном синхронном режиме. Многие модели модемов для тонального канала могут работать в различных режимах, совмещая, например, поддержку асинхронного и синхронного режимов работы, 4- и 2-проводные окончания. Стандарт V.34+ является наиболее гибким и скоростным стандартом для модемов тонального канала, он поддерживает как выделенные, так и коммутируемые 2-проводные окончания.

Цифровые выделенные каналы образуются первичными сетями двух поколений технологии - PDH и SONET/SDH. Эти технологии существуют в двух вариантах – североамериканском и европейском. Последний является также международным, соответствующим рекомендациям ITU-T. Два варианта технологий PDH несовместимы.

В цифровых первичных сетях используется иерархия скоростей каналов, с помощью которой строятся магистральные каналы и каналы доступа. Технология PDH поддерживает следующие уровни иерархии каналов: абонентский канал 64 Кбит/с (DS-0), каналы T1/E1 (DS-1), каналы T2/E2 (DS-2) (редко сдаваемые в аренду) и каналы T3/E3 (DS-3). Скорость DS-4 определена в стандартах ITU-T, но на практике не используется.

Технология PDH разрабатывалась как асинхронная, поэтому кадры

различных скоростей разделяются специальными битами синхронизации. В этом причина основного недостатка каналов этой технологии – для получения доступа к данным одного низкоскоростного абонентского канала необходимо произвести полное демультиплексирование высокоскоростного канала, например, ЕЗ, а затем снова выполнить мультиплексирование 480 абонентских каналов в канал ЕЗ. Кроме того, технология PDH не обеспечивает автоматической реакции первичной сети на отказ канала или порта.

Технология SONET/SDH ориентируется на использование волоконно-оптических кабелей. Эта технология также включает два варианта – североамериканский (SONET) и европейско-международный (SDH), но в данном случае они являются совместимыми.

Технология SONET/SDH продолжает иерархию скоростей каналов PDH - до 10 Гбит/с. Технология основана на полной синхронизации между каналами и устройствами сети, которая обеспечивается наличием центрального пункта распределения синхронизирующих импульсов для всей сети.

Каналы иерархии PDH являются входными каналами для сетей технологии SONET/SDH, которая переносит ее по своим магистральным каналам.

Синхронная передача кадров различного уровня иерархии позволяет получить доступ к данным низкоскоростного пользовательского канала, не выполняя полного демультиплексирования высокоскоростного потока. Техника указателей позволяет определить начало пользовательских подкадров внутри синхронного кадра и считать их или добавить «на лету». Эта техника называется техникой «вставки и удаления» (add and drop) пользовательских данных.

Сети SONET/SDH обладают встроенной отказоустойчивостью за счет избыточности своих кадров и способности мультиплексоров выполнять реконфигурирование путей следования данных. Основной отказоустойчивой

конфигурацией является конфигурация двойных волоконно-оптических колец.

Внутренние протоколы SONET/SDH обеспечивают мониторинг и управление первичной сетью, в том числе удаленное создание постоянных соединений между абонентами сети.

Первичные сети SONET/SDH являются основой для большинства телекоммуникационных сетей: телефонных, компьютерных, телексных.

Для передачи компьютерных данных по выделенным каналам любой природы применяется несколько протоколов канального уровня: SLIP, HDLC и PPP. Протокол PPP в наибольшей степени подходит для современных выделенных каналов, аппаратура которых самостоятельно решает задачу надежной передачи данных. Протокол PPP обеспечивает согласование многих важных параметров канального и сетевого уровня при установлении соединения между узлами.

Для объединения локальных сетей с помощью выделенных каналов применяются такие DTE, как маршрутизаторы и удаленные мосты. В канале с низкой пропускной способностью маршрутизаторы и мосты используют спуфинг, компрессию и сегментацию данных.

### **17.3. Глобальные связи на основе сетей с коммутацией каналов**

Сети с коммутацией каналов используются в корпоративных сетях в основном для удаленного доступа многочисленных домашних пользователей и гораздо реже – для соединения локальных сетей.

Отличительными особенностями всех сетей с коммутацией каналов являются работа в режиме установления соединений, возможность блокировки вызова конечным абонентом или промежуточным коммутатором, необходимость использования на обоих концах сети устройств, поддерживающих одну и ту же скорость передачи данных, так как этот вид сетей не выполняет промежуточную буферизацию данных.

Сети с коммутацией каналов делятся на аналоговые и цифровые.

Аналоговые сети могут использовать аналоговую (FDM) и цифровую (TDM) коммутацию, но в них всегда абонент подключен по аналоговому 2-проводному окончанию. В цифровых сетях мультиплексирование и коммутация всегда выполняются по способу коммутации TDM, а абоненты всегда подключаются по цифровому абонентскому окончанию (DSL).

Аналоговые сети обеспечивают вызов посредством импульсного или тонового набора номера с частотой 10 Гц, причем тоновый набор примерно в 5 раз быстрее импульсного.

Аналоговые сети используют электромеханические коммутаторы, создающие большие помехи, и электронные программно-управляемые коммутаторы. При работе электронного коммутатора в режиме частотного уплотнения (FDM) создаются дополнительные помехи при демультиплексировании и мультиплексировании абонентских каналов.

Модемы для работы по коммутируемым аналоговым телефонным каналам должны поддерживать функцию автовызова удаленного абонента. При асинхронном интерфейсе модем использует для этого команды Hayes-совместимых модемов, а при синхронном интерфейсе – стандарт V.25 или V.25 bis.

Основные стандарты модемов для коммутируемых каналов тональной частоты – это стандарты V.34+, V.90, V.42 и V.42 bis. Стандарт V.34+ является общим стандартом для работы по выделенным и коммутируемым каналам при 2-проводном окончании. Стандарт V.42 определяет протокол коррекции ошибок LAP-M из семейства HDLC, а стандарт VC.42 bis – метод компрессии данных при асинхронном интерфейсе. В синхронном интерфейсе для коррекции ошибок используется протокол HDLC, а для компрессии – фирменный протокол SDC компании Motorola.

Стандарт V.90 полезен в том случае, когда между модемом пользователя и сервером удаленной доступа поставщика услуг все АТС обеспечивают цифровые методы коммутации, а сервер подключен по цифровому абонентскому окончанию. В этом случае скорость передачи

данных от сервера к пользователю повышается до 56 Кбит/с за счет отсутствия аналогово-цифрового преобразования на этом направлении.

Цифровые сети с коммутацией каналов представлены двумя технологиями: Switched 56 и ISDN.

Switched 56 – это переходная технология, которая основана на предоставлении пользователю 4-проводного цифрового абонентского окончания T1/E1, но со скоростью 56 Кбит/с. Коммутаторы такой сети работают с использованием цифровой коммутации. Технология Switched 56 обеспечивает соединение компьютеров и локальных сетей со скоростью 56 Кбит/с.

Цифровые сети с интегрированными услугами – ISDN – разработаны для объединения в одной сети различных транспортных и прикладных служб. ISDN предоставляет своим абонентам услуги выделенных каналов, коммутируемых каналов, а также коммутации пакетов и кадров (frame relay).

Интерфейс UNI предоставляется пользователям ISDN в двух видах – BRI и PRI. Интерфейс BRI предназначен для массового пользователя и построен по схеме 2B+D. Интерфейс PRI имеет две разновидности – североамериканскую 23B+D и европейскую 30B+D.

Каналы типа D образуют сеть с коммутацией пакетов, выполняющую двойную роль в сети ISDN: во-первых, передачу запроса на установление коммутируемого канала типа B с другим абонентом сети, во-вторых, обмен пакетами X.25 с абонентами сети ISDN или внешней сети X.25, соединенной с сетью ISDN.

Цифровое абонентское окончание DSL сети ISDN для интерфейса BRI представляет собой 2-проводной кабель с максимальной длиной 5,5 км.

Построение глобальных связей на основе сетей ISDN в корпоративной сети ограничено в основном организацией удаленного доступа и объединением небольших локальных сетей на основании службы коммутации каналов. Служба коммутации пакетов по каналу типа D реализуется редко - это связано с его невысокой скоростью, которая обычно

составляет не более 9600 бит/с. Поэтому сети ISDN используются так же, как и аналоговые телефонные сети, но только как более скоростные и надежные.

К технологиям глобальных сетей с коммутацией пакетов относятся сети X.25, frame relay, SMDS, ATM и TCP/IP. Все эти сети, кроме сетей TCP/IP, используют маршрутизацию пакетов, основанную на виртуальных каналах между конечными узлами сети.

Сети TCP/IP занимают особое положение среди технологий глобальных сетей, так как они выполняют роль технологии объединения сетей любых типов, в том числе и сетей всех остальных глобальных технологий. Таким образом, сети TCP/IP относятся к более высокоуровневым технологиям, чем технологии собственно глобальных сетей.

Техника виртуальных каналов заключается в разделении операций маршрутизации и коммутации пакетов. Первый пакет таких сетей содержит адрес вызываемого абонента и прокладывает виртуальный путь в сети, настраивая промежуточные коммутаторы. Остальные пакеты проходят по виртуальному каналу в режиме коммутации на основании номера виртуального канала, который является локальным адресом для каждого порта каждого коммутатора.

Техника виртуальных каналов имеет преимущества и недостатки по сравнению с техникой маршрутизации каждого пакета, характерной для сетей IP или IPX. Преимуществами являются ускоренная коммутация пакетов по номеру виртуального канала, а также сокращение адресной части пакета, а значит, и избыточности заголовка. К недостаткам следует отнести невозможность распараллеливания потока данных между двумя абонентами по параллельным путям, а также неэффективность установления виртуального пути для кратковременных потоков данных.

Сети X.25 относятся к одной из наиболее старых и отработанных технологий глобальных сетей. Трехуровневый стек протоколов сетей X.25 хорошо работает на ненадежных зашумленных каналах связи, исправляя

ошибки и управляя потоком данных на канальном и пакетном уровнях.

Сети X.25 поддерживают групповое подключение к сети простых алфавитно-цифровых терминалов за счет включения в сеть специальных устройств PAD, каждое из которых представляет собой особый вид терминального сервера.

На надежных волоконно-оптических каналах технология X.25 становится избыточной и неэффективной, так как значительная часть работы ее протоколов ведется «вхолостую».

Сети frame relay работают на основе весьма упрощенной, по сравнению с сетями X.25, технологией, которая передает кадры только по протоколу канального уровня – протоколу LAP-F. Кадры при передаче через коммутатор не подвергаются преобразованиям, из-за чего технология и получила свое название.

Важной особенностью технологии frame relay является концепция резервирования пропускной способности при прокладке в сети виртуального канала. Сети frame relay создавались специально для передачи пульсирующего компьютерного трафика, поэтому при резервировании пропускной способности указывается средняя скорость трафика CIR и согласованный объем пульсаций Bs.

Сеть frame relay гарантирует поддержку заказанных параметров качества обслуживания за счет предварительного расчета возможностей каждого коммутатора, а также отбрасывания кадров, которые нарушают соглашение о трафике, то есть посылаются в сеть слишком интенсивно.

Большинство первых сетей frame relay поддерживали только службу постоянных виртуальных каналов, а служба коммутируемых виртуальных каналов стала применяться на практике только недавно.

Технология ATM является дальнейшим развитием идей предварительного резервирования пропускной способности виртуального канала, реализованных в технологии frame relay.

Технология ATM поддерживает основные типы трафика,

существующие у абонентов разного типа: трафик с постоянной битовой скоростью CBR, характерный для телефонных сетей и сетей передачи изображения, трафик с переменной битовой скоростью VBR, характерный для компьютерных сетей, а также для передачи компрессированного голоса и изображения.

Для каждого типа трафика пользователь может заказать у сети значения нескольких параметров качества обслуживания – максимальной битовой скорости PCR, средней битовой скорости SCR, максимальной пульсации MBS, а также контроля временных соотношений между передатчиком и приемником, важных для трафика, чувствительного к задержкам.

Технология ATM сама не определяет новые стандарты для физического уровня, а пользуется существующими. Основным стандартом для ATM является физический уровень каналов технологий SONET/SDH и PDH.

Ввиду того что ATM поддерживает все основные существующие типы трафика, она выбрана в качестве транспортной основы широкополосных цифровых сетей с интеграцией услуг – сетей B-ISDN, которые должны заменить сети ISDN.

Удаленный доступ характеризуется использованием глобальных транспортных служб, несимметричностью взаимодействия и большим количеством удаленных пользователей.

При удаленном доступе в основном используются аналоговые телефонные сети и ISDN – ввиду их распространенности и невысокого уровня оплаты при соединениях небольшой длительности.

Удаленные пользователи подключаются к специальному устройству центральной сети - серверу удаленного доступа (RAS), которое работает в режиме маршрутизатора или шлюза в зависимости от протоколов, используемых удаленным пользователем.

Наиболее универсальным режимом удаленного доступа является режим удаленного узла, при котором компьютер пользователя является

узлом локальной сети предприятия со всеми его возможностями, но только подключенным к сети через низкоскоростной канал по протоколу PPP.

Связь с центральной локальной сетью по инициативе удаленного пользователя называется режимом dial-in (основной режим), а по инициативе пользователя центральной сети – dial-out.

Режимы терминального доступа и удаленного управления позволяют удаленному пользователю подключиться к компьютеру центральной сети в режиме, имитирующем работу локального терминала. Этот режим очень экономно расходует полосу пропускания глобального канала и рекомендуется для тех случаев, когда необходим низкоскоростной канал – 4800 или 9600 бит/с.

Для удаленного доступа может использоваться режим электронной почты, который автоматически поддерживается многими приложениями, в том числе СУБД, для получения запросов и отправки ответов.

Для экономичного удаленного доступа в последнее время часто используется двухступенчатая схема доступа, в которой на первом этапе удаленный пользователь подключается через местную телефонную сеть к местному поставщику услуг Internet, а через Internet выполняется второй этап подключения – к центральной сети, расположенной в другом городе или другой стране.

Для скоростного доступа к Internet через инфраструктуру абонентских окончаний телефонных аналоговых сетей или сетей кабельного телевидения разработаны новые технологии цифрового абонентского окончания – технологии ADSL, из которых наибольший интерес представляет технология асимметричного доступа ADSL.