Лекция 17а.
ГЛОБАЛЬНЫЕ СЕТИ. Типы и сравнительная характеристика.

***Глобальные сети* - Wide Area Networks (WAN) - объединяют территориально рассредоточенные компьютеры, которые могут находиться в различных городах и странах.** Так как прокладка высококачественных линий связи на большие расстояния обходится очень дорого, то в глобальных сетях часто используются существующие линии связи, изначально предназначенные совсем для других целей. Например, многие глобальные сети используют телефонные и телеграфные каналы общего назначения. Из-за низких скоростей таких линий связи в глобальных сетях набор предоставляемых услуг обычно ограничивается передачей файлов преимущественно не в оперативном, а в фоновом режиме, в форме электронной почты. Для устойчивой передачи дискретных данных по некачественным линиям связи применяются методы и оборудование, существенно отличающиеся от методов и оборудования, которые применяются в локальных сетях. В то же время сейчас наблюдается явная тенденция сближения локальных и глобальных сетей, одной из причин которого является улучшение качества линий связи. В глобальных сетях начали появляться и оперативные сервисы, например, доступ к информационным серверам сети Internet.

Исторически **глобальные вычислительные сети появились первыми**. Казалось очевидным, что соединять надо компьютеры, разнесенные на большие расстояния, а не находящиеся рядом, так как для них можно организовать обмен данными "вручную", например, через сменные магнитные носители. Да и не так часто в одном месте концентрировалось несколько машин, гораздо чаще предприятие приобретало одну мощную машину, которую и связывать-то было не с чем. Терминалы такой универсальной ЭВМ покрывали всю территорию предприятия и представляли собой функциональный эквивалент современной локальной сети, предоставляя всем сотрудникам доступ к централизованным данным с помощью простых алфавитно-цифровых терминалов. Главным стимулом создания глобальных сетей явилась потребность в совместном использовании информации, локализующейся в разных, географически удаленных точках. Такая потребность могла быть удовлетворена только при наличии эффективных методов передачи данных на большие расстояния. С этой целью и были разработаны специальные методы передачи и аппаратура, которые позволили связать между собой компьютеры, находящиеся на расстоянии многих километров друг от друга.

Гораздо позже, когда были осознаны преимущества распределенной обработки данных и разделения ресурсов, **началось развитие локальных вычислительных сетей.** Это развитие приобрело подлинно взрывной характер после того, как в сети были объединены персональные компьютеры. Такие системы оказались очень эффективными: они легко допускали наращивание вычислительной мощности, обеспечивали высокую надежность, обладали удобным пользовательским интерфейсом, то есть несли в себе большие потенциальные возможности создания полностью распределенной вычислительной среды.

17.1. Сравнение глобальных и локальных сетей.

Локальные сети сразу заняли свою особую нишу, отличную от ниши, занимаемой глобальными сетями. В то время как глобальные сети тяготели к области телекоммуникаций, локальные сети рассматривались в тесной связи с вопросами использования компьютеров. Это объяснялось существенными отличиями этих двух типов сетей, выражающимися в основном в различиях аппаратуры и методов передачи данных по каналам связи. Но все эти годы исследования в областях и локальных, и глобальных сетей не стояли на месте, и

ситуация постепенно начала изменяться: если десяток лет назад локальные и глобальные сети представляли собой "два мира - две системы", то к настоящему времени явно просматривается тенденция к сближению этих "миров".

Рассмотрим отличия глобальных от локальных сетей, не принимая пока во внимание тех тенденций, которые появились в сетевых технологиях за последнее время. Эти тенденции мы обсудим, когда обратимся к вопросу сближения локальных и глобальных сетей.

17.1.1. Протяженность, качество и способ прокладки линий связи.

Итак, класс локальных вычислительных сетей по определению отличается от класса глобальных сетей небольшим расстоянием между узлами сети. Это в принципе делает возможным использование в локальных сетях качественных линий связи: коаксиального кабеля, витой пары, оптоволоконного кабеля. В то же время они не могут быть использованы на больших расстояниях, свойственных глобальным сетям, из-за экономических ограничений. В глобальных сетях в основном используются уже существующие линий связи (телеграфные или телефонные), а в локальных сетях они прокладываются заново.

17.1.2. Сложность методов передачи и оборудования.

В условиях низкой надежности физических каналов в глобальных сетях требуется использовать более сложные методы передачи данных, чем в локальных сетях. Так, в глобальных сетях широко применяются модуляция, асинхронные методы обмена с использованием скользящего окна, сложные методы контрольного суммирования, квитирование и повторные передачи. С другой стороны, качественные линии связи в локальных сетях позволили упростить используемые здесь процедуры передачи данных за счет применения немодулированных сигналов, синхронных методов передачи, простейших методов контроля данных по четности и отказа от обязательного подтверждения получения пакета, во всяком случае на нижних уровнях стека протоколов.

Так как в локальных сетях использовались простые методы передачи данных, то более простым по сравнению с глобальными сетями оказалось и используемое здесь оборудование передачи данных, к которому до недавнего времени можно было отнести только сетевые адаптеры и пассивные концентраторы. В качестве узлов локальной сети в основном выступают персональные компьютеры, серверы и суперсерверы. В глобальных сетях широко используется более сложное и разнообразное оборудование передачи данных -модемы, мультиплексоры, коммутаторы, усилители, преобразователи сигналов, а в качестве узлов глобальной сети чаще используются большие машины класса мейнфреймов.

17.1.3. Скорость обмена данными.

Одним из главных отличий локальных сетей от глобальных является наличие высокоскоростных каналов обмена данными между компьютерами, скорость которых (10, 16 и 100 Мб/с) сравнима со скоростями работы периферийных устройств компьютера - дисков, мониторов и т.п. За счет этого у пользователя локальной сети, подключенного к удаленному разделяемому ресурсу (например, диску сервера), складывается впечатление, что он пользуется этим диском, как "своим". Для глобальных сетей типичны гораздо более низкие скорости передачи данных - 2400, 9600, 14400 и 28800 б/с, в последнее время - 56 и 64 Кб/с.

17.1.4. Топологии.

В то время как для локальных сетей характерно использование типовых топологий, таких как общая шина, звезда, кольцо, в глобальных сетях чаще используются топологии типа иерархическая звезда или произвольные смешанные топологии, причем географическое размещение пунктов, в которых сосредоточены компьютеры или коммутаторы, оказывает на топологию связей

основное влияние.

17.1.5. Разделение каналов.

В локальных сетях каналы связи используются, как правило, совместно сразу несколькими узлами сети, а в глобальных сетях пары соседних коммутаторов индивидуально используют отрезок кабеля, их соединяющего. Наличие общей среды передачи данных (во всяком случае в их базовых топологиях, таких как общая шина или кольцо) избавляет локальные сети от необходимости управления потоком данных для устранения перегрузок сети и потерь пакетов. В глобальных сетях такие процедуры необходимы, так как индивидуальные каналы всегда находятся в распоряжении конечных узлов или коммутаторов, и переполнение сети может наступить в случае слишком интенсивной генерации данных одновременно большим количеством узлов.

17.1.6. Уровень реализуемых функций модели ISO

В локальных сетях с типовой топологией оказывается достаточным использование только простых транспортных процедур (первых двух уровней семиуровневой модели), так как нет необходимости в маршрутизации. В глобальных сетях обязательно наличие еще, как минимум, функций сетевого уровня. Однако различие между глобальными и локальными сетями в модели OSI проявляется только на нижних уровнях. Во многих случаях протоколы на верхних уровнях одинаковы для обоих типов сетей.

17.1.7. Оперативность выполнения запросов.

Низкая скорость передачи данных в глобальных сетях затрудняет реализацию сервисов в режиме on-line (оперативный доступ), которые являются обычными для локальных сетей.

17.1.8. Масштабируемость.

"Классические" локальные сети обладают плохой масштабируемостью из-за жесткости базовой топологии, которая определяет способ подключения станций, например, общую шину и длину линии. При такой топологии характеристики сети резко ухудшаются при достижении определенного предела по количеству узлов. Глобальным же сетям присуща хорошая масштабируемость из-за допустимости произвольной топологии и алгоритмов управления потоками данных.

17.1.9. Набор сервисов.

Локальные сети предоставляют, как правило, широкий набор услуг: различные виды файлового сервиса, принт-сервис, факс-сервис, сервис баз данных, электронная почта и другие, в то время как глобальные сети в основном предоставляют почтовые услуги, а иногда и ограничиваются только одним транспортным сервисом - передачей произвольных пакетов данных от узла отправителя к узлу получателя.

17.1.10. Активность транспортной сети.

В глобальных сетях транспортная сети, функцией которой является доставка пакета одного абонента другому, строится с использованием активных элементов - узлов коммутации, построенных на базе компьютеров, специально выделенных для этих целей. Именно коммутационные компьютеры управляют приемом и передачей данных, в частности, выполняют маршрутизацию. В локальных сетях транспортная подсистема пассивна и представляет собой просто физическую среду передачи электрических сигналов, а все функции по передаче пакетов выполняют обычные станции сети.

17.1.11. Отношение собственности.

Обычно локальные сети устанавливаются и эксплуатируются одной организацией, следовательно, они относятся к частным сетям передачи данных, а глобальные сети бывают и частными, когда они создаются одной большой

частной фирмой (например, сеть компании Digital Equipment), и общественными (например, большая часть российских территориальных сетей).

17.2. Тенденция к сближению локальных и глобальных сетей

Если принять во внимание все выше перечисленные различия локальных и глобальных сетей, то становится понятно, почему так долго могли существовать раздельно два сообщества специалистов, занимающиеся этими двумя видами сетей. Но за последние годы ситуация резко изменилась.

Специалисты по локальным сетям, перед которыми встали задачи объединения нескольких локальных сетей, расположенных в разных географически удаленных друг от друга филиалах одного большого предприятия, были просто вынуждены обратить свои взоры к чуждому для них миру глобальных сетей и телекоммуникаций. Тесная интеграция удаленных локальных сетей не позволяет рассматривать глобальные сети как "черный ящик", представляющий собой только инструмент транспортировки сообщений на большие расстояния. Поэтому все, что связано с глобальными связями и удаленным доступом, стало предметом живейшего интереса для специалистов по локальным сетям.

С другой стороны, стремление повысить пропускную способность, скорость передачи данных, расширить набор и оперативность сервисов, другими словами, стремление , улучшить качество предоставляемых услуг - все это заставило специалистов по глобальным сетям обратить пристальное внимание на технологии, используемые в локальных сетях. Таким образом, в мире локальных и глобальных сетей явно наметилось движение навстречу друг другу, которое уже сегодня привело к значительному взаимопроникновению этих двух сетевых технологий.

0дним из проявлений этого „сближения, является появление сетей масштаба большого города (MAN), занимающих промежуточное положение между локальными и глобальными сетями. При достаточно больших расстояниях между узлами они обладают качественными линиями связи и высокими скоростями обмена, даже более высокими, чем в классических локальных сетях. Как и в случае локальных сетей, при построении MAN уже существующие линии связи не используются, а прокладываются заново.

Метод коммутации пакетов всегда был основным методом для локальных сетей, теперь с распространением сетей метрополий и технологии ATM он становится основным и для глобальных сетей, причем не только глобальных компьютерных сетей, но и цифровых телефонных сетей, передающих одновременно голос, видеоинформацию и компьютерные данные (сети с интеграцией услуг).

Сближение в используемых методах передачи данных происходит и на платформе оптической цифровой (немодулированной) передачи данных по оптоволоконным линиям связи. Технология ATM претендует на то, чтобы стать единым методом передачи данных как в локальных, так и в глобальных сетях. Из-за резкого улучшения качества каналов связи в глобальных сетях начали отказываться от сложных и избыточных процедур обеспечения корректности передачи данных. Примером могут служить сети *frame relay.* В этих сетях предполагается, что искажение битов происходит настолько редко, что ошибочный пакет можно просто уничтожить, а все проблемы, связанные с его потерей, решить с помощью программ прикладного уровня, которые непосредственно не входят в состав сети frame relay.

За счет новых сетевых технологий и, соответственно, нового оборудования рассчитанной го на использование более качественных линий связи, скорости передачи данных в уже существующих коммерческих глобальных сетях нового поколения приближаются к скоростям локальных сетей (в сетях frame relay сейчас доступны скорости 2 Мб/с), а в экспериментальных глобальных сетях ATM и превосходят их, достигая сотен

мегабит в секунду.

Локальные сети, в свою очередь, перенимают некоторые родовые черты глобальных сетей. Почти все новые скоростные технологии используют специальные устройства - коммутаторы или концентраторы, которые передают пакеты между компьютерами, подключенными к этим устройствам, с помощью индивидуальных, а не разделяемых линий связи. В этих технологиях коммутаторы соединяют между собой по иерархической схеме. подобно тому, как это делается в телефонных сетях: имеются коммутаторы нижнего уровня, к которым непосредственно подключаются компьютеры сети, и имеются коммутаторы следующего уровня, которые соединяют между собой коммутаторы нижнего уровня и т.д. Коммутаторы более высоких уровней обладают, как правило, большей производительностью и работают с более скоростными каналами, уплотняя данные нижних уровней. Описанными чертами глобальных сетей (не всегда всеми одновременно) обладают новые технологии Fast Ethernet и 100VG-AnyLAN, а также технология ATM.

Претерпевают изменения и классические технологии локальных сетей, такие как Ethernet и Token Ring. Появился новый класс концентраторов, так называемые коммутирующие концентраторы, которые используют технологию, близкую к технологии цифровой телефонной коммутации, для передачи данных между традиционными разделяемыми каналами локальных сетей. Такие концентраторы имеют в своих названиях родовую приставку switching, то есть коммутирующие, а технология коммутации традиционных протоколов локальных сетей называется LAN switching. С учетом изменений в технологии передачи пакетов по линиям связи основной топологией локальных сетей становится иерархическая звезда, характерная и для многих глобальных сетей, особенно общественных.

Сервисы on-line, оперативного доступа, становятся обычными и в глобальных сетях. Пример - гипертекстовые информационные службы World Wide Web.

В локальных сетях в последнее время уделяется такое же большое внимание методам обеспечения защиты информации от несанкционированного доступа, как и в глобальных сетях. Такое внимание обусловлено тем, что локальные сети перестали быть изолированными, чаще всего они имеют выход в "большой мир" через глобальные связи. При этом часто используются одни и те же методы – шифрация
данных, аутентификация пользователей, возведение защитных барьеров, предохраняющих от проникновения в сеть извне.

Высокая степень стандартизации, модульности и, вследствие этого - легкая расширяемость и масштабируемость теперь характерны не только для локальных, но и для глобальных сетей нового поколения. Все стандарты этих сетей предусматривают наращивание числа узлов и возможность объединения нескольких сетей в единую сеть. Появляются новые технологии, изначально предназначенные для обоих видов сетей. Если одна из таких технологий - ATM - завоюет мир, то она станет общим стандартом для большинства локальных и глобальных сетей.

17.3. Типы глобальных сетей

Глобальные сети удобно грубо классифицировать по используемым в них методам коммутации. По этому признаку глобальные сети передачи данных делятся на сети с некоммутируемыми каналами, сети с коммутацией каналов и сети с коммутацией пакетов.

Выделенные каналы представляют собой постоянные частные каналы связи, которые арендуются у телекоммуникационной фирмы. У вас должны быть высокие требования к пропускной способности глобальных связей для обоснования необходимости аренды выделенных линий, хотя потребность в комбинированной передаче речи, факсов и цифровых данных часто являются

достаточным основанием для использования частных сетей и аренды линий. Примерами выделенных линий являются цифровые каналы 56/64 Кб/с. T1/E1 и каналы технологий SONET/SDH.

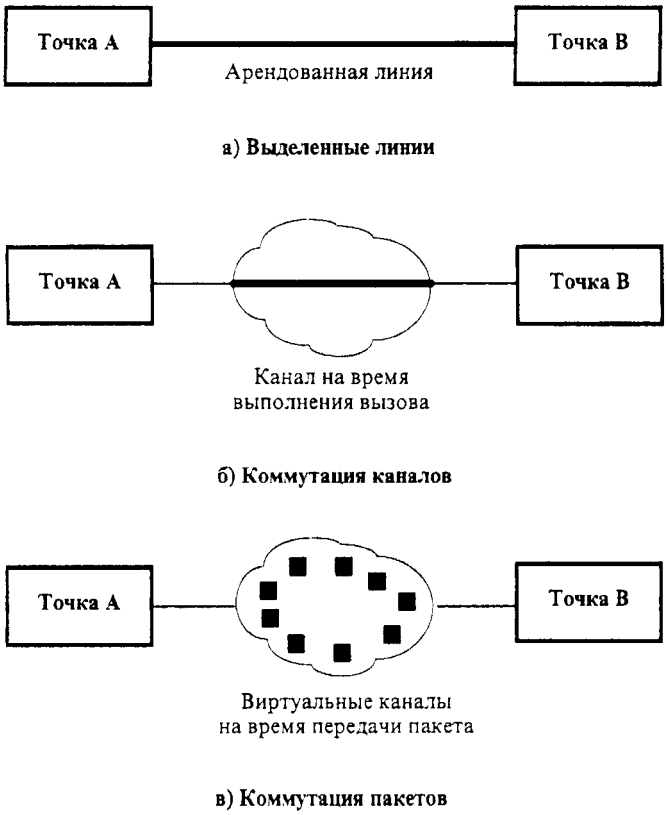

Рисунок 17.1. Способы коммутации в сетях

а) выделенные каналы, б) сети с коммутацией каналов, в) сети с коммутацией пакетов

В сетях *с коммутацией каналов* между двумя конечными пользователями устанавливается временный выделенный канал, который существует в течение всего периода передачи данных. Канал образуется с помощью мультиплексирования с разделением времени или путем выделения каждому каналу определенной части имеющейся пропускной способности. Пользователи обладают этим каналом монопольно - то есть не разделяют его ни с кем другим, пока не разорвут соединение. По сетям с коммутацией каналов могут пересылаться речь, данные и изображения, хотя чувствительные ко времени сигналы в наибольшей степени соответствуют этому типу сетей. Примером коммерчески доступных сетей с коммутацией каналов являются сети ISDN (рисунок 17.16).

В сетях с *коммутацией пакетов* данные разделяются на пакеты и пересылаются по каналам, разделяемым множеством пользователей. Каждый пакет снабжается адресами источника и приемника, а также другой служебной информацией. По мере того, как пакет перемещается по сети, коммутирующее устройство читает эти адреса и перемещает пакет по нужному маршруту к адресу назначения. Эти сети часто называют сетями с виртуальными каналами. Сети с коммутацией пакетов наилучшим образом соответствуют трафику локальных сетей, который является асинхронным и неравномерным во времени. Примерами таких сетей являются сети frame relay и X.25 (рисунок 17.1в).

Пропускная способность по требованию - это новая концепция, в

соответствии с которой пользователю предоставляется возможность затребовать такую пропускную способность канала, какая требуется его приложению. Такие услуги также позволяют платить только за ту пропускную способность, которая была использована, вместо того, чтобы оплачивать канал независимо от того, используется он полностью или нет. Сервисы "пропускная способность по требованию" появились в 90-е годы и могут поддерживаться различными сетями, такими как frame relay, ISDN, switched 56 и другими.

17.4. Выбор типа глобальных связей.

17.4.1. Измерение глобального трафика.

Одним из главных критериев при выборе типа глобальной связи является необходимая пропускная способность канала. Точная оценка необходимой пропускной способности для глобальных связей в общем случае требует привлечения математических методов, среди которых наиболее популярными для такого рода задач являются методы теории массового обслуживания. Необходимость таких точных оценок связана с тем, что интенсивность локального трафика не связана непосредственно с затрачиваемыми средствами. в то время как завышенные требования к пропускной способности глобального канала приводят к весьма значительным дополнительным затратам, например, к увеличению арендной платы за выделенный канал.

При оценке глобального трафика нужно учитывать следующие достаточно общие соображения.

• По глобальным связям передается только часть локального трафика. Очевидно, что за счет мостов, маршрутизаторов или шлюзов в глобальную связь передаются только те пакеты, адреса которых соответствуют удаленным локальным сетям. Для сокращения нагрузки на глобальную связь широковещательные локальные пакеты (пакеты протоколов RIP, SAP или пакеты watchdog) должны подвергаются фильтрации (технология *стаффинга).*

• Необходимо выяснить максимально допустимое с точки зрения пользователя время реакции системы, то есть время с момента возникновения удаленного запроса до момента поступления ответа на него.

• Следует максимально опираться на результаты измерения реального трафика в уже существующих локальных сетях или глобальных связях, которые могут быть использованы в качестве исходных данных для математических моделей вновь создаваемой сети. Используйте анализаторы протоколов для того, чтобы выяснить интенсивность пакетов каждого типа, их средний размер. Используйте генераторы пакетов для того, чтобы оценить предельный трафик, допустимый для имеющихся у вас мостов и маршрутизаторов, а также для того, чтобы определить средние времена фильтрации пакетов.

Итак. *задача выбора глобальной связи сводится к выбору глобального канала, обладающего пропускной способностью, которая с тем или иным запасом обеспечивала бы требуемое время реакции для всех пользователей сети.*

17.4.2. Этапы выполнения запроса

Процедура обслуживания удаленного запроса может быть представлена в виде последовательности этапов его обработки различными (программными и аппаратными) элементами сети. Рассмотрим, например, запрос на поиск записей в удаленной базе данных. Пусть сеть представляет собой два сегмента Ethernet, связанных между собой выделенной линией, и для связи локальных сегментов с глобальной линией используются маршрутизаторы. В этом случае можно выделить такие этапы обработки запроса:

• Подготовка запроса на клиентской станции.

• Передача запроса по сегменту Ethernet от клиентской станции к маршрутизатору

(при этом запрос в общем случае разбивается на несколько пакетов).

• Обработка запроса маршрутизатором сети-источника запроса.

- Передача запроса по глобальной связи.
- Обработка запроса маршрутизатором сети назначения.
- Передача запроса по сегменту Ethernet от маршрутизатора к серверу базы данных.
- Обработка запроса сервером и формирование ответа.

Время выполнения запроса равно удвоенной сумме этих времен. Учитывая, что время передачи запроса по глобальной сети, как правило, значительно превышает время выполнения остальных этапов, можно принять его в качестве грубой оценки времени выполнения запроса.

Поэтому прежде всего целесообразно оценить минимально возможное время передачи типичного пакета по глобальной связи в предположении, что эта связь является идеальной и передает полезные данные с номинальной скоростью. Чтобы представить порядок времен передачи для каналов с разной пропускной способностью, приведем результаты простейших расчетов для примера передачи пакета в 64 Кб.

Таблица 17.1

Номинальная пропускная способность	Время передачи
9.6 Кб/с	0.91 мин
38.4 Кб/с	0.23 мин
56.0 Кб/с	0.16 мин
112.0 Кб/с	4.7 сек
1.544 Мб/с	0.35 сек
6.312 Мб/с	0.08 сек
10 Мб/с	0.05 сек

Сравнивая эти цифры с типичными временами выполнения запросов приложениями (десятки миллисекунд), можно сделать вывод о том, что более тщательный анализ имеет смысл проводить, начиная со скоростей передачи выше 1 Мб/с.

Производители мостов и маршрутизаторов обычно приводят данные о том, сколько пакетов в секунду могут обработать их продукты. Этот показатель может оказаться и невостребованным, так как обычно узким местом является не производительность моста или маршрутизатора, а пропускная способность глобальной связи. Но уж если принимать во внимание производительность мостов и маршрутизаторов, то надо учитывать следующие соображения. Размер пакета, используемого при измерении производительности. часто меняется от производителя к производителю.

В таблице 17.2 приведены типичные значения скоростей обмена пакетами двух локальных сегментов Ethernet через глобальные каналы. Эта таблица дает возможность сопоставить типичные значения пропускной способности глобальных каналов связи с основной характеристикой производительности маршрутизаторов - числом пакетов, передаваемых в секунду. Данные в таблице вычислены для пакетов Ethernet минимальной длины 64 байта.

17.4.3. Компрессия.

Наряду с фильтрацией локальных пакетов для уменьшения нагрузки на глобальные связи применяется *компрессия* данных. Стандартом для мостов и маршрутизаторов является коэффициент компрессии 2:1, хотя имеются и коммерческие устройства с коэффициентом 6:1 и 8:1.

Компрессия дает хороший эффект для пакетов средних размеров и линий

связи с низкой и средней пропускными способностями. Обычно компрессия используется на линиях со скоростями до 56 Кб/с.

Таблица 17.2

Номинальная пропускная способность	*Пакеты в секунду*
9.6 Кб/с	18
19.2 Кб/с	36
56.0 Кб/с	106
1.544 Мб/с	2909
10 Мб/с	14880

Многие приложения, например, графические пакеты, сами компрессируют данные в файлах, естественно, для таких данных компрессия не нужна. Для нескомпрессированных файлов, например, файлов баз данных, компрессия дает уменьшения объема данных на 13-20%. Текстовые файлы уменьшаются при компрессии в среднем на 25%, выполняемые файлы и другие объектные модули могут быть скомпрессированы до половины своей длины. Уже скомпрессированные файлы не могут вторично компрессироваться.

Недостатком компрессии являются дополнительные издержки времени. Мост или другое устройство должно затратить время на выбор наилучшего коэффициента компрессии, а затем сжать файл. Обычно чем выше коэффициент компрессии, тем больше времени нужно для сжатия файла. Мосты, как правило, осуществляют компрессию, но будьте осторожны - алгоритмы компрессии зависят от производителя. Файл, скомпрессированный мостом одного производителя, не может быть декомпрессирован мостом другого производителя. Следует отдавать предпочтение аппаратной компрессии, так как она гораздо быстрее.

17.4.4. Способы коммутации

Для соединения локальных сетей через глобальные в настоящее время используются три принципиально различных три типа глобальных сетей: с коммутацией каналов, выделенные линии и с коммутацией пакетов.

Выделенные линии и сети с коммутацией каналов наиболее подходят для сетей с централизованной топологией, а сети с коммутацией пакетов - для сетей с топологией "каждый-с-каждым" и смешанной топологией. С использованием выделенных линий можно также строить позвоночник частной корпоративной сети, к которому подсоединяются подсети. Если у вас имеется более четырех мест расположения филиалов, и вы хотите реализовать взаимодействие "каждый-с-каждым", то соединения типа "точка-точка" будут слишком дорогими, так как их потребуется 2" , где п - количество мест расположения филиалов.

Тип глобальной сети, который наилучшим образом подходит для вашей корпоративной сети, определяют несколько факторов:

• Требуемая топология глобальных связей вашей сети: централизованная топология, топология типа "каждый-с-каждым" или смешанная топология.

• Требуемые сервисы - передача только речи и данных, передача также и видеоинформации и т.п.

• Требуемая пропускная способность *для* обеспечения нормальной работы требуемых сервисов.

• Географическое расположение соединяемых мест определяет доступные там виды глобальных сервисов.

• Финансовые средства, отведенные для глобальных сервисов.

При построении корпоративной сети можно воспользоваться услугами общественной глобальной сети. можно создать свою частную глобальную сеть и можно создать комбинацию общественной и частной глобальных сетей. Большинство предприятий используют общественные глобальные сети для передачи данных между локальными сетями. Свои собственные глобальные сети предприятие создает тогда, когда по ним должны передаваться очень важные, ответственные данные, или же когда соответствующий сервис общественных сетей недоступен. При использовании общественных глобальных сетей все заботы о передаче данных между удаленными филиалами вашей организации берет на себя фирма, предоставившая вам глобальную связь. Она решает все вопросы, связанные с выбором промежуточного маршрута и обеспечением его надежности.

Если же глобальные связи представляют для вас особую важность, и вы хотите контролировать сами каждый этап передачи данных, то вам следует рассмотреть вариант построения собственной глобальной сети или вариант, в котором предусматривается комбинация частных и общественных глобальных связей.

Например, вы можете создать собственную сеть типа Т-1, затратив сравнительно небольшие средства. Даже для создания собственной глобальной сети предприятия обычно арендуют линии связи у фирм, специализирующихся в области телекоммуникационных связей. Если вы решили строить собственную глобальную сеть, то вам следует научиться поддерживать большое количество оборудования, которое телекоммуникационные компании уже имеют.

Итак, существует три варианта связи локальных корпоративных сетей через глобальные:

• использование общественных глобальных сетей; в этом случае необходимо приобрести и обслуживать своими силами только оборудование связи локальной сети с глобальной - например, мост, маршрутизатор, модем;

• создание полностью собственной глобальной сети, включая прокладку линий связи и установку коммутационного оборудования в центрах коммутации линий и того же оборудования связи локальной сети с глобальной;

• создание собственной глобальной сети, но на основе арендуемых линий связи, в этом случае по сравнению с предыдущим отпадает необходимость прокладывать и поддерживать линии связи.

17.5. Использование аналоговых и цифровых (56/64, Т1/Е1, Т3/Е3, SONET/SDH) выделенных каналов.

Выделенный канал - это канал фиксированной пропускной способности, постоянно (реже в течение определенного времени суток) соединяющий двух абонентов. Абонентами могут быть как отдельные устройства (компьютеры или терминалы), так и целые локальные сети. Выделенные каналы обычно арендуются у компаний - операторов территориальных сетей, хотя крупные корпорации могут прокладывать свои собственные выделенные каналы. Выделенные каналы делятся на аналоговые и цифровые в зависимости от того, какого типа коммутационная аппаратура применена для постоянной коммутации абонентов.

17.5.1. Аналоговые выделенные линии

Выделенные аналоговые каналы предоставляются пользователю с 4-х проводным или с 2-х проводным окончанием. Выделенные линии могут быть разделены на две группы. Первая - это нагруженные линии (каналы тональной частоты), проходящие через оборудование частотного уплотнения, расположенное, например, на АТС. По своей физической природе эти линии аналогичны коммутируемым телефонным линиям, но обеспечивают лучшее качество прохождение сигналов.

Вторая группа выделенных линий - ненагруженные физические проводные линии. Они могут кроссироваться на АТС, но не проходят через аппаратуру частотного уплотнения. Часто такие линии используются для связи внутри одного города. Разветвленные сети каналов, представляющих собой ненагруженные линии, используются, например, муниципальными службами (энергонадзора, водопровода и др.) для передачи технологической информации.

Аналоговые выделенные линии предоставляют для связи локальных сетей наиболее простой сервис - сервис "голого" провода, на котором не определен даже протокол физического уровня, то есть способ представления битов информации в виде электрических сигналов. Поэтому на выделенной аналоговой линии можно использовать любые протоколы, начиная с физического уровня, которые устраивают пару взаимодействующих вычислительных устройств, называемых на языке глобальных сетей "Оконечным Оборудованием Данных" (ООД) или в англоязычной литературе - Data Terminal Equipment (DTE). Эти устройства взаимодействуют через "Аппаратуру Передачи Данных" (АПД) или Data Circuit Terminating Equipment (DCE). Аппаратура передачи данных использует на выделенной линии свой протокол физического уровня, а оконечное оборудование данных, которое при связи двух локальных сетей представлено обычно мостом или маршрутизатором, выбирает какой-либо протокол канального уровня.

Для передачи данных по выделенным нагруженным аналоговым линиям используются модемы, использующие методы аналоговой модуляции сигнала. Протоколы физического уровня модемов определены в рекомендациях CC1TT серии V. На выделенных ненагруженных линиях предпочтительно использовать модемы "базовой полосы пропускания" ("base-band modems"), которые, на самом деле, не модулируют сигнал, так как работают на сравнительно коротких расстояниях и на линиях с более широкой полосой пропускания.

17.5.2. Цифровые выделенные линии

Цифровые выделенные линии образуются путем постоянной коммутации в сетях, построенных на базе коммутационной аппаратуры, поддерживающей передачу голоса или видеоизображений в цифровой форме.

Поскольку для качественной передачи голоса необходима передача оцифрованных замеров амлитуды звуковых колебаний с частотой 8000 Гц, а каждый замер представляется в виде числа, состоящего из 7 или 8 битов, то вся цифровая телефония работает на скоростях, кратных 56 Кб/с или 64 Кб/с. Скорость 56 Кб/с в настоящее время уже представляет собой устаревший стандарт, поэтому современные стандарты скоростей кратны величине 64 Кб/с.

Как и в аналоговой телефонии, первичные каналы конечных абонентов уплотняются в более скоростные каналы, существующие между АТС. Но если в аналоговых АТС используется частотное уплотнение, когда различные каналы используют различные несущие частоты, то в цифровой телефонии используется уплотнение с разделением времени, так называемое мультиплексирование с разделением времени (Time Division Multiplexing. TDM).

Пример уплотненного канала, несущего данные от 24 первичных каналов скорости 64 Кб/с, показан на рисунке 17.2. Кадр уплотненного канала несет очень мало служебной информации - это 1 бит типа F, который разделяет уплотненные кадры.

Независимо от того, сколько каналов содержит уплотненный кадр, он должен быть передан за время 125 микросекунд, так, чтобы частота передачи замеров каждого первичного канала была равна 8000 Гц.

Существует две основных технологии уплотнения и коммутации цифровых каналов -плезиохронная цифровая иерархия (Plesiochronic Digital Hierarchy, PDH) и более поздний стандарт - синхронная цифровая иерархия (Synchronous Digital Hierarchy, SDH). В Америке технологии SDH соответствует

стандарт SONET.

Технология PDH использует по сравнению с технологией SDH более узкий диапазон скоростей в уплотненных каналах - от 64 Кб/с до 34 Мб/с (в Америке - до 45 Мб/с). Кроме того, кадры PDH несут крайне мало служебной информации, поэтому оперативное наблюдение и управление потоками кадров в сетях PDH весьма затруднено.

Имеется три основных типа каналов сетей PDH:

• первичные каналы 64 Кб/с,

• каналы E1 со скоростью 2.048 Мб/с, состоящие из 32 первичных каналов по 64 Кб/с, из которых два канала отводятся для передачи синхронизирующей и управляющей информации.

• каналы E3 со скоростью 34 Мб/с, состоящие из 16 каналов E1.

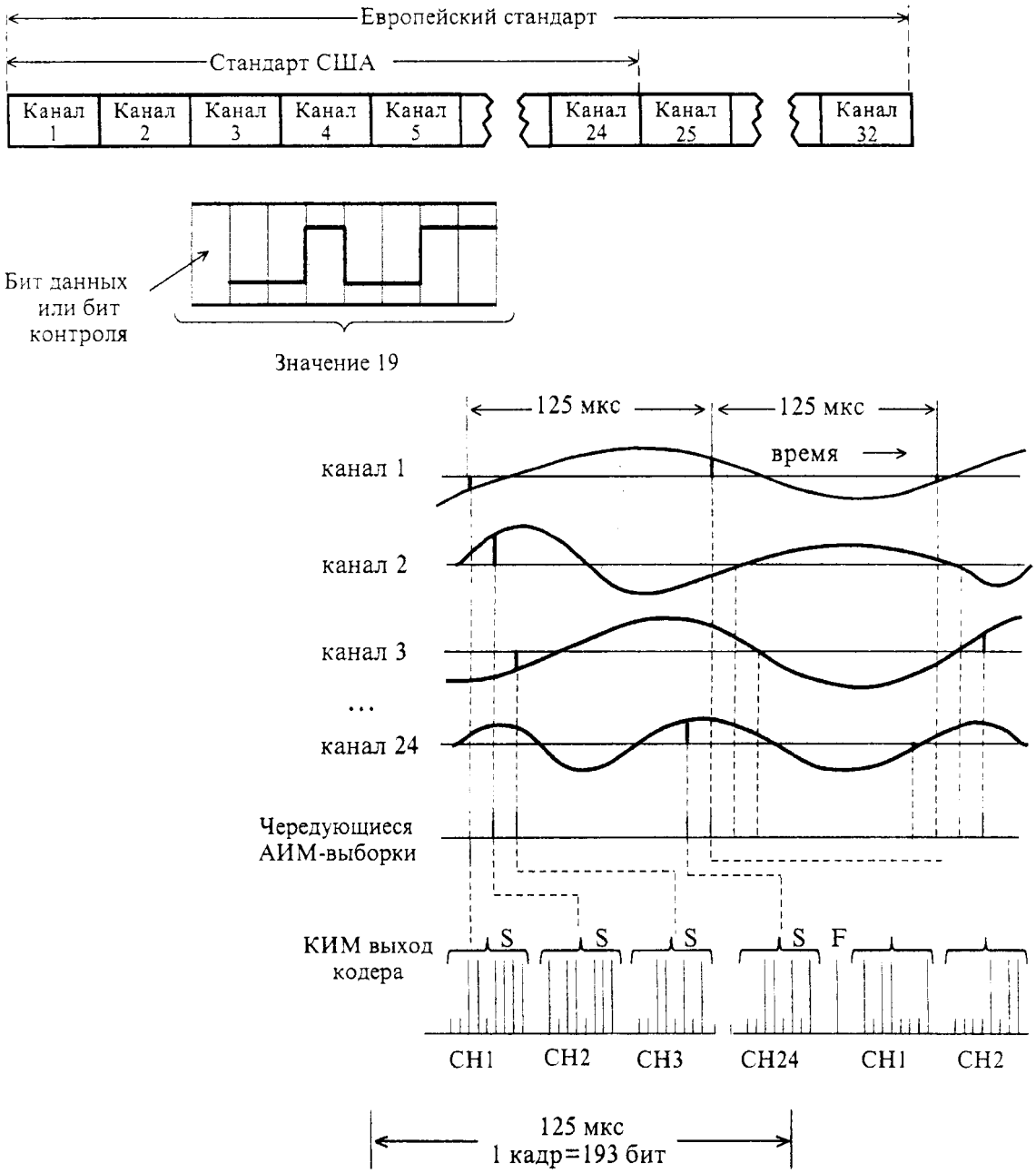

Рис. 17.2. Пример уплотненного канала с дискретной модуляцией.

В Америке вместо каналов E1 используются каналы T1 со скоростью 1.544 Мб/с, состоящие из 24 первичных каналов, а каналам E3 соответствуют каналы T3 со скоростью 45 Мб/с. состоящие из 28 каналов T1.

Существует такой сервис, как дробные каналы E1 или T1. Этот сервис позволяет покупать у поставщика услуг пропускную способность частями по 64 Кб/с.

К сетям PDH определен интерфейс G.703, который разработан CC1TT. Этот интерфейс определяет физический протокол взаимодействия аппаратуры пользователя с оборудованием PDH - скорость передачи данных, тип кода или алгоритм его формирования, форму импульсов, тип кабелей и т.п. Применяется несколько схем кодирования, основанных на непосредственной передаче импульсов без модуляции.

Технология SDH представляет собой развитие технологии PDH. Стандарт SDH определяет иерархию скоростей, кратных скорости 155 Мб/с (SONET - 55 Мб/с): от 155 Мб/с до 10 Гб/с. Кадр данных SDH несет значительную долю служебной информации - так в кадре STM-1 (называемом синхронным транспортным модулем первого уровня), соответствующем скорости в 155 Мб/с, на каждые 270 байтов пользовательских данных приходится 9 байтов служебной информации. Служебная информация позволяет повысить степень контроля и управляемости сетей, построенных на аппаратуре SDH - мультиплексорах и коммутаторах. Эта аппаратура использует два основных способа соединения - радиальный и кольцевой.

При использовании кольцевого способа аппаратура всегда соединяется двумя кольцами. Кольцевой способ соединения позволяет повысить надежность сетей SDH. Это достигается одним из двух способов. В первом данные всегда передаются одновременно по двум кольцам в противоположных направлениях. Если в момент приема кадра данных происходит сбой в одном из колец, то система управления автоматически выбирает этот же кадр из другого кольца. Во втором способе одно из колец является основным, а второе - резервным. При отказе основного кольца, как и в технологии FDDI, происходит замыкание основного и резервного колец и образование из двух колец одного.

При построение сетей SDH на больших территориях применяется последовательное соединение нескольких колец, а при создании сети масштаба города может использоваться и однокольцевая сеть. Известным примером сети, предоставляющей сервис выделенных цифровых каналов на основе аппаратуры SDH, является сеть МАКОМНЕТ, работающая в пределах Москвы.

Аппаратура SDH может использовать каналы PDH в качестве входных каналов. Для доступа к аппаратуре SDH используется интерфейс G.703.

Связь компьютера или маршрутизатора с цифровой выделенной линией осуществляется с помощью пары устройств, обычно выполненных в одном корпусе или же совмещенных с маршрутизатором. Этими устройствами являются: *устройство обслуживания данных* (УОД) и *устройство обслуживания канала* (УОК). В англоязычной литературе эти устройства называются Data Service Unit (DSU) и Channel Service Unit (CSU). УОД преобразует сигналы, поступающие от ООД (обычно по интерфейсу RS-232 или HSSI), в биполярные импульсы интерфейса G.703. УОД также выполняет все временные отсчеты, регенерацию сигнала и выравнивание загрузки канала. УОК выполняет более узкие функции, в основном оно занимается созданием оптимальных условий передачи в линии (выравнивание). Эти устройства, как и модуляторы-демодуляторы, часто обозначаются одним словом DSU/CSU (рисунок 17.3).

17.5.3. Протоколы "точка-точка".

На выделенных линиях, поддерживающих в лучшем случае только протоколы физического уровня, необходимо использовать какие-нибудь протоколы канального уровня, обеспечивающие передачу пакетов локальных

сетей с нужной степенью надежности и управляющие потоком кадров для предотвращения переполнения соседних узлов.

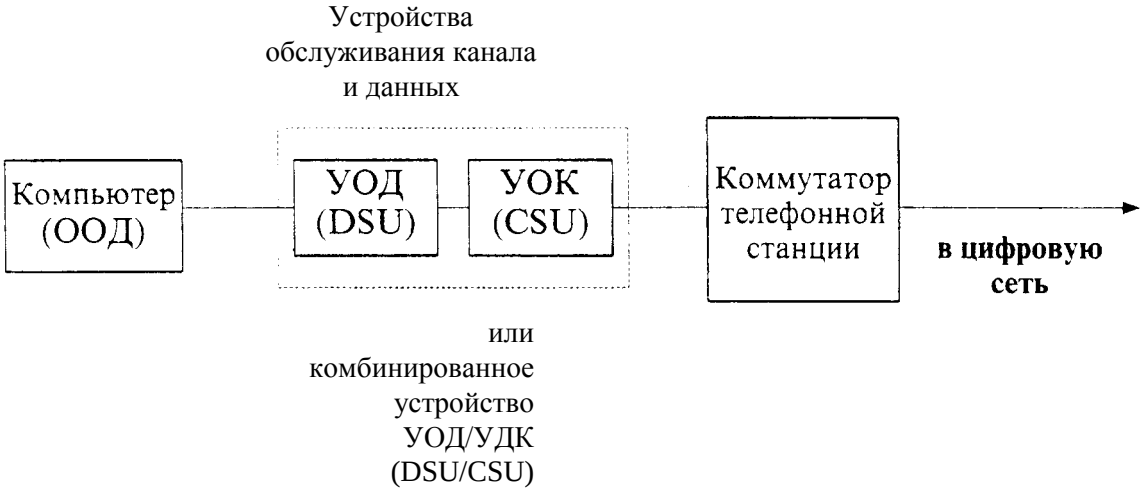

Рис. 17.3. Связь компьютера с цифровой линией

В сетях TCP/IP долгое время использовался достаточно простой протокол SLIP (Serial Line IP), переносящий только IP-пакеты по глобальным каналам связи. В настоящее время основным протоколом выделенных линий является протокол HDLC (High-level Data Link Control), имеющий статус стандарта ISO. Протокол HDLC на самом деле представляет собой семейство протоколов, в которое входят известные протоколы LAP-B, LAP-D и LAP-M, используемые в сетях X.25, ISDN и в модемах соответственно. На базе протокола HDLC построен протокол PPP (Point-to-Point Protocol), который расширяет функции HDLC для применения в сетях с несколькими протоколами сетевого уровня.

Протокол HDLC является весьма сложным протоколом, работающим на основе алгоритмов установления соединения и скользящего окна. Он использует 12 различных типов кадров и обеспечивает снижение вероятности искажения бита с 10^{-3} до 10^{-9}. Также обеспечивается управление потоком данных за счет механизма окна и специальных кадров, приостанавливающих на время передачу данных от источника. Протокол рассчитан на полнодуплексные соединения.

Протокол PPP разработан группой Internet Engineering Task Forse как часть стека TCP/IP для передачи кадров информации по последовательным глобальным каналам связи взамен устаревшего протокола SLIP (Serial Line IP). Этот протокол стал также фактическим стандартом для глобальных линий связи при соединении удаленных клиентов с серверами и для образования соединений между маршрутизаторами в корпоративной сети. Протокол PPP использовал изначально формат кадров HDLC и дополнил их собственными полями. Поля протокола PPP вложены в поле данных кадра HDLC. Позже были разработаны стандарты, использующее вложение кадра PPP в кадры frame relay и других протоколов глобальных сетей.

Основное отличие PPP от других протоколов канального уровня состоит в том, что он добивается согласованной работы различных устройств с помощью переговорной процедуры, во время которой принимаются различные параметры, такие как качество линии, протокол аутентификации и

инкапсулируемые протоколы сетевого уровня.

Хотя PPP часто рассматривается как единое целое, на самом деле он представляет собой группу протоколов, которые в совокупности обеспечивают обширный список сервисов установления соединений. Стек PPP основан на четырех принципах: переговорное принятие параметров конфигурации, многопротокольная поддержка, расширяемость протокола, независимость от глобальных сервисов,

Переговорное принятие параметров конфигурации. Этим термином обозначают способность PPP устанавливать требования к пропускной способности между двумя непосредственно связанными конечными системами. В корпоративной сети конечные системы часто отличаются размерами буферов *для* временного хранения пакетов, ограничениями на размер пакета, списком поддерживаемых протоколов сетевого уровня. Физическая линия, связывающая конечные устройства, может варьироваться от низкоскоростной аналоговой линии до высокоскоростной цифровой линии с различными уровнями качества сервиса.

Для того, чтобы справиться со всеми возможными ситуациями, в протоколе PPP имеется набор стандартных установок, действующих по умолчанию, учитывающих все стандартные конфигурации. При установлении соединения два взаимодействующих устройства пытаются сначала использовать эти установки для нахождения взаимопонимания. Каждый конечный узел описывает свои возможности и требования. Затем на основании этой информации принимаются параметры соединения, устраивающие обе стороны, в которые входят форматы инкапсуляции данных, размеры пакетов, качество линии и процедура аутентификации.

Протокол, в соответствии с которым принимаются параметры соединения, называется *протокол управления связью (Link Control Protocol, LCP).* Протокол, который позволяет конечным узлам договориться о том, какие сетевые протоколы будут мультиплексироваться в установленном соединении, называется *протокол управления сетевым уровнем (Network Control Protocol, NCP).* Внутри одного PPP-соединения могут циркулировать потоки данных различных сетевых протоколов. Хотя при выборе параметров PPP-соединения конечные узлы могут выбрать режим одноранговой аутентификации (функцию защиты данных), сам по себе протокол PPP не навязывает алгоритм, который будет использоваться для аутентификации и компрессии данных. Для целей аутентификации PPP предлагает использовать в качестве стандартных возможностей, которые могут выбрать конечные узлы, протокол PAP (Password Authentication Protocol) и протокол CHAP (Challenge Handshake Authentication Protocol), но пользователям также разрешается добавлять и новые алгоритмы аутентификации. Тот же прием используется и для алгоритмов компрессии.

Многопротокольная поддержка - это свойство протокола PPP поддерживать несколько протоколов сетевого уровня стало главной причиной распространения протокола PPP как стандарта де-факто. В отличие от протокола SLIP, который может переносить только пакеты IP, или LAP-B, который может переносить только пакеты X.25, PPP работает со многими протоколами сетевого уровня, включая IP, Novell IPX, AppleTalk, DECnet, XNS, Banyan VINES и OSI. Каждый протокол сетевого уровня конфигурируется отдельно с помощью соответствующего протокола NCP.

Расширяемость протокола. На протяжении ряда лет группа IETF расширяла набор протоколов PPP введением новых RFC, которые определили такие свойства, как общие сервисы аутентификации данных, возможности шифрации данных и их компрессирования. Наличие таких стандартных средств уменьшает избыточность некоторых операций в сети. Например, многие технологии глобальных сетей выбирают подходящие алгоритмы компрессии в зависимости от качества линии. Различные технологии используют различные схемы компрессии, что приводит к осуществлению операций компрессии и декомпрессии на разных уровнях сети. Использование компрессии протокола

PPP исключает подобную избыточность и уменьшает загрузку системных ресурсов.

Независимость от глобальных сервисов. Начальная версия PPP работала только через сети с фреймами HDLC, Теперь в стек PPP добавлены спецификации, позволяющие использовать PPP с любым популярным глобальным сервисом, например, с ISDN, frame relay, X.25, Sonet и сети HDLC.

17.6. Аналоговые телефонные сети и сети ISDN.

Наиболее популярными коммутируемыми каналами являются обычные аналоговые телефонные линии, но они малопригодны для построения корпоративных сетей. С пропускной способностью 9600 б/с эти линии подходят только для пользователя с минимальными требованиями к времени реакции системы. Чаще всего такие линии используются для индивидуального удаленного доступа к сети. Тем, кому нужна большая производительность на таких линиях, необходимы модемы с компрессией.

Телефонная сеть использует технологию коммутации цепей для подключения к устройствам ООД.

Основные характеристики технологии коммутации цепей:

• При вызове пользователи получают прямое соединение через коммутаторы в сети. Прямое соединение эквивалентно паре проводов, соединяющих пользователей.

• Коммутаторы не обладают возможностями промежуточного хранения данных.

• Поскольку запоминающие устройства к коммутаторах отсутствуют, возможна блокировка данных при коммутации цепей при занятости абонента.

• Коммутация цепей обеспечивает ограниченный сервис, который трудно расширить.

Современные системы телефонной коммутации подразделяются на электромеханические и программно-управляемые. Электромеханические системы управляются по проводным цепям и приводятся в действие электродвигателями, то есть электромеханически, либо шаговыми искателями, путем подачи электрических импульсов. В электромеханических системах логика маршрутизации встроена в аппаратуру. Программно-управляемые коммутаторы для представления логики коммутации используют программные средства. В системах с программным управлением может быть использована цифровая система коммутации, которая работает в 4 раза быстрее, чем самая быстрая из электромеханических систем - матричная.

При использовании коммутируемых телефонных линий модем должен иметь устройство автовызова, работающее на частоте 20 Гц, Использование такой скорости замедляет установление связи на существенную для компьютерных систем величину.

ISDN (Integrated Services Digital Network) - цифровые сети с интегральными услугами) -относятся к сетям с коммутацией каналов. Первичной целью разработки ISDN было намерение объединить отдельные инфраструктуры для передачи речи и цифровых данных в единую сеть.

Хотя сети ISDN известны уже давно, они не получили пока широкого распространения по нескольким причинам. Долгое время оставалась нерешенной проблема стандартизации. Хотя стандарт на сети ISDN и был принят комитетом CC1TT в 1988 году, он допускал несколько различных реализаций этих сетей. Поэтому оборудование различных производителей часто оказывается несовместимым. Другой причиной стала необходимость больших инвестиций для замены коммутационного оборудования в центральных АТС. Из-за слишком долгого периода созревания эти сети уже не обеспечивают ту пропускную способность, которая нужна наиболее требовательным сегодняшним и завтрашним приложениям. Поэтому область использования сетей ISDN меняется в сторону обеспечения связи небольших офисов,

удаленных пользователей, работающих дома.

Как правило сети ISDN не используются в качестве основной магистрали корпоративных сетей. В Европе сети ISDN получили большее распространение, чем в США, так как телекоммуникационные сети там были развиты в гораздо меньшей степени. Поэтому внедрение новых сетей не потребовало решения проблем совместимости с уже существующим оборудованием в таких масштабах. Западно-европейские пользователи отдают предпочтение ISDN, так как стоимость передачи данных через высококачественную сеть ISDN значительно ниже, чем через телефонную сеть. В Германии же развитие сетей ISDN переживает настоящий бум. Отсюда следует, что в России существует еще более благоприятная ситуация для создания сетей ISDN.

С недавних пор сети ISDN стали называть *узкополосными* (narrowband) сетями ISDN. чтобы отличать их от нового типа цифровых сетей - *широкополосных* (broadband) сетей ISDN, которые способны обеспечивать еще более высокую производительность.

Архитектура сети ISDN предусматривает несколько видов сервисов (рисунок 17.4):

- некоммутируемые средства,
- коммутируемая телефонная сеть общего пользования,
- сеть передачи данных с коммутацией каналов,
- сеть передачи данных с коммутацией пакетов.

Сеть ISDN предоставляет два вида интерфейса пользователя с сетью - начальный (BRI) и основной (PRI). *Начальный интерфейс BRI* предоставляет два канала, несущих пользовательские данные (каналы типа B), по 64 Кб/с и канал для передачи управляющей информации (типа D) с пропускной способностью 16 Кб/с. *Основной сервис PRI* представляет собой канал T1, в котором 23 канала выделены для передачи данных, то есть являются каналами типа B, а один канал является каналом типа D, поэтому этот вид сервиса обычно обозначается 23B+D.

На каналах типа B большинством операторов сетей ISDN реализуются только некоммутируемые сервисы и сервисы коммутируемой телефонной сети, передающие голосовой трафик в цифровой форме. Канал D используется для передачи информации об адресе абонента, используемой для коммутации каналов B. Для передачи адресной информации определены протоколы физического (1,430/1), канального (1.440/1) и сетевого (1.450/1) уровней, с помощью которых адресная информация в форме пакетов передается по каналам D, образующим сигнальную сеть (рисунок 17.5).

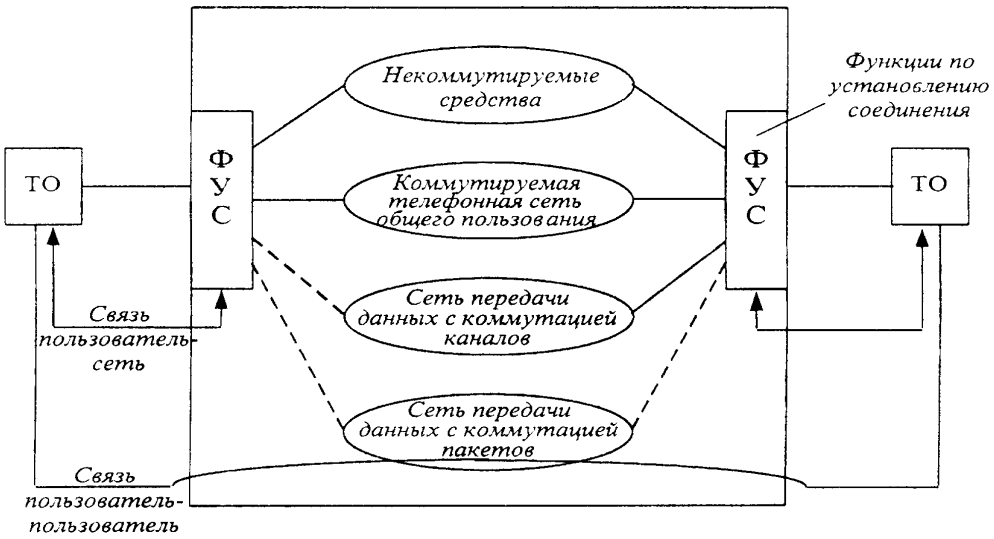

Рис. 17.4. Базовая модель архитектуры ISDN

Так как после передачи адресной информации канал D остается свободным, то его можно использовать для передачи компьютерных пакетов, однако невысокая скорость этого канала - 16 Кб/с - не может удовлетворительно поддерживать трафик современных вычислительных сетей. Поэтому сети ISDN в настоящее время используются при соединении локальных сетей как высокоскоростные коммутируемые сервисы физического уровня подобно аналоговым телефонным каналам, но лучшего качества.

Оконечное оборудование данных пользователя локальной сети - соответствующий адаптер компьютера, порт моста или маршрутизатора - обычно соединяется с сетью ISDN через терминальный адаптер TA, который преобразует стандартный для ООД интерфейс, такой как RS-232C или X.21, в стандартный интерфейс ISDN физического уровня 1.430. Стандарты ISDN определяет различные типы интерфейсов для подключения оборудования пользователя различного типа (рисунок 17.6).

Стоимость услуг ISDN первой волны была слишком высокой для отдельных конечных пользователей. Вторая жизнь ISDN началась тогда, когда многочисленным корпорациям и учреждениям понадобилось соединить свои разбросанные сети в корпоративную сеть, а общий трафик между филиалом и штаб-квартирой был слишком мал, чтобы арендовать выделенную линию. Кроме того, бизнес начал серьезно эксплуатировать дистанционный доступ и работу с мобильным персоналом. Это привело к стратегии виртуальных офисов, когда сотрудники могут подключаться к локальной сети корпорации из

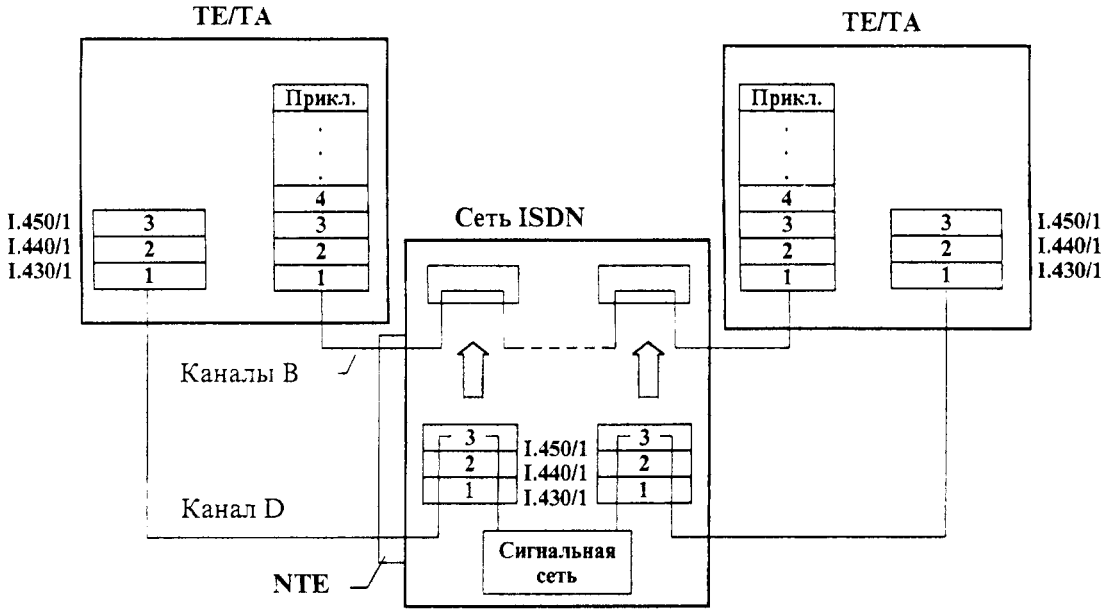

Рис. 17.5. Коммутация каналов в сетях ISDN.

удаленных мест (как правило, из дома) в произвольное время. Такие пользователи желают применять свои обычные приложения локальной сети дистанционно с производительностью, сравнимой с той, какую они имели, когда были непосредственно подсоединены к ЛВС. Поэтому им нужна высокая скорость соединения, иногда значительно превышающая скорость, обеспечиваемую самыми быстродействующими модемами.

Узким местом действительно высокоскоростных телекоммуникационных технологий. таких, как, например, ATM или Frame Relay, всегда становится точка подсоединения к локальной сети, где скорость по-прежнему остается недостаточной. При существующих ценах тянуть ATM до конечного

пользователя и устройств локальной сети разорительно. С другой стороны,

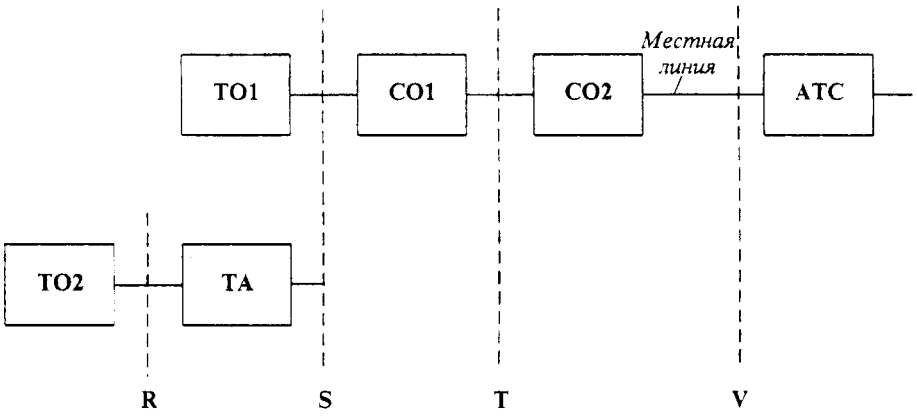

Рис. 17.6. Подключение пользовательского оборудования (ООД) к ISDN

T02 - терминальное оборудование 2, имеющее интерфейсы серии V или X МККТТ (например, V. 24, X.21),

TA - терминальный адаптер, преобразовывающий интерфейсы серии V или X в интерфейсы I.430,

T01 - терминальное оборудование 1 – имеет стандарт 1.430 (например, цифровой телефон),

C02 - сетевое окончание 2 - реализует функции 2-го и 3-го уровней OSI (PBX, маршрутизатор),

C01 - сетевое окончание 1 -реализует функции CSU (уровень 1 модели OSI).

ISDN можно довести до столов пользователей, обеспечив все настольные устройства в масштабе города линиями связи с полосой пропускания 128 Кб/с, что обойдется относительно недорого. Даже если в районной АТС нет цифрового коммутирующего оборудования, то альтернативные службы позволяют получать доступ к ISDN через подобную аппаратуру, имеющуюся где-либо в ином месте сети. Как правило, трафик ISDN направляется тогда через АТС другого района. В большинстве крупных городов Европы и США нет проблем с доступом к ISDN.

Корпорация Microsoft использует ISDN с 1988 года, когда она начала сотрудничать со своими местными телефонными компаниями. В настоящее время 220 служащих корпорации используют BRI для дистанционного доступа из дома, а в корпорации эксплуатируется общенациональная сеть на основе PRI, к которой подсоединено более 30 филиалов в США. Важным стимулом к использованию ISDN является возможность доступа к Internet. В США ряд поставщиков услуг по доступу к Internet работает над тем, чтобы к ним можно было подсоединиться по каналам ISDN.

Для ориентира приведем некоторые цены на услуги и оборудование ISDN в США.

Линия BRI:

- 22 доллара в месяц за предоставление услуг связи,
- 70 долларов - единовременная плата за подключение,
- 125 долларов - единовременная плата за установку.

Оборудование:

- Адаптер терминала Motorola UTA - 220 (для предприятия) - 995 долларов,
- Модем Motorola Hybrid Modem (для конечного пользователя, включает факс-модем 14.4 V.32bis и соединитель NTI для мультиплексирования голоса и данных) -895 долларов,

• Мосты для подсоединения локальной сети к ISDN - от 500 до 1000 долларов.

17.7. Сети с коммутацией пакетов X.25 и frame relay.

Сети X.25 являются на сегодняшний день самыми популярными сетями с коммутацией пакетов в основном из-за того, что долгое время они были единственными доступными сетями такого типа, а также из-за того, что они хорошо работают на ненадежных линиях. Стандарт X.25 "Интерфейс между оконечным оборудованием данных и аппаратурой передачи данных для терминалов, работающих в пакетном режиме в сетях передачи данных общего пользования" был разработан комитетом МККТТ для предоставления терминалам доступа к многочисленным удаленным мейнфреймам через сеть коммутации пакетов. Поэтому этот стандарт наилучшим образом подходит для передачи трафика низкой интенсивности, характерного для терминалов, и в меньшей степени соответствует более высоким требованиям трафика локальных сетей.

Сеть коммутации пакетов состоит из *центров коммутации пакетов* (ЦКП), расположенных в различных географических точках и соединенных высокоскоростными каналами обмена (рисунок 17.7).

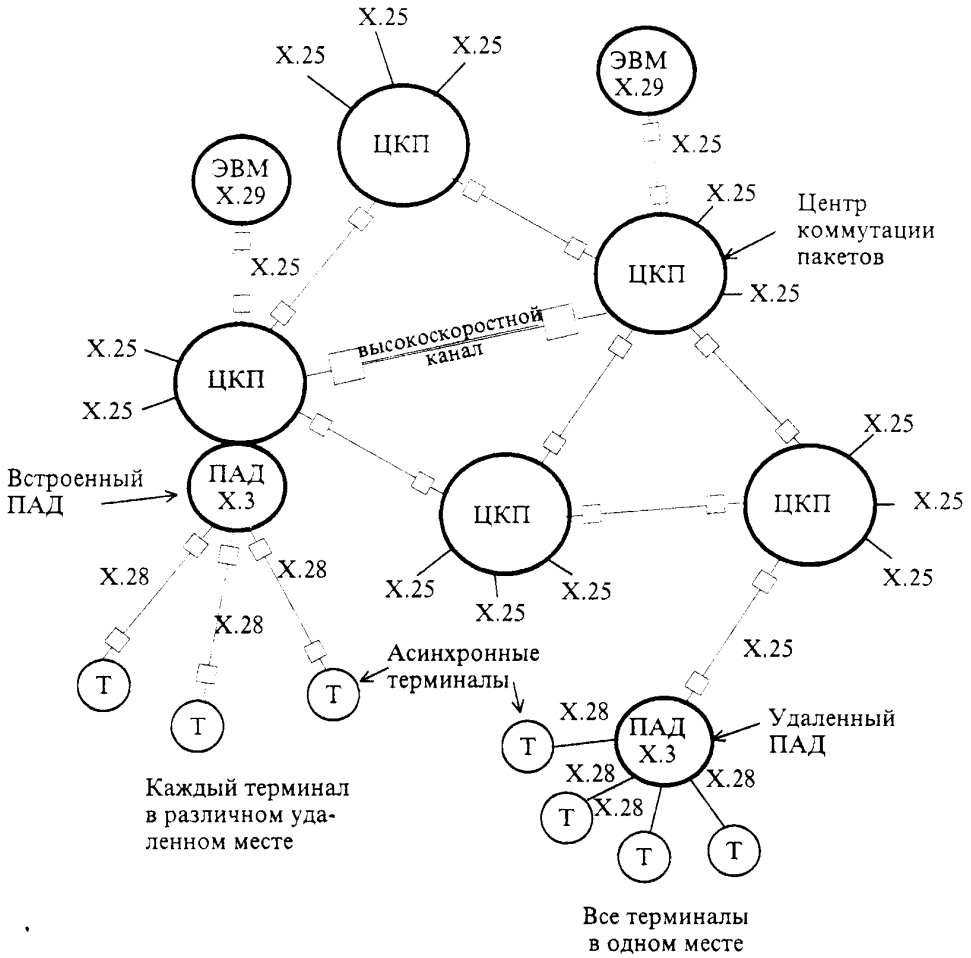

Рис. 17.7. Сеть коммутации пакетов X. 25

В сети предусмотрено преодоление отказов каналов связи между ЦКП путем обхода поврежденного участка сети. Сеть обычно формируется, функционирует и контролируется системой управления сетью, расположенной в

одном из центров коммутации пакетов.

Этот стандарт основан на синхронной передаче данных. Асинхронные старт-стопные терминалы подключаются к сети через так называемые *пакетные адаптеры данных* (ПАД). Они могут быть встроенными или удаленными. Встроенный ПАД обычно расположен в стойке ЦКП. Удаленный ПАД представляет собой небольшое автономное устройство, подключенное к ЦКП через один канал связи X.25. Один ПАД обычно обеспечивает доступ для 8, 16 или 24 асинхронных терминалов.

К основным функциям ПАД относятся:

• сборка символов, полученных от асинхронных терминалов, в пакеты,

• разборка полей данных в пакетах и вывод данных на асинхронные терминалы,

• управление процедурами установления соединения и разъединения, сброса и прерывания,

• передача символов, включающих стартстопные сигналы и биты проверки на четность. по требованию асинхронного терминала,

• продвижение пакетов при наличии соответствующих условий, таких как заполнение пакета, истечение времени ожидания и др.

Рекомендации Международного Консультативного Комитета по Телефонии и Телеграфии X.25 включают в себя протоколы трех нижних уровней модели ISO/OSI:

• На физическом уровне определены протоколы *X.21 и X.21bis.* Протокол физического уровня X.21 определяет интерфейс между компьютером и цифровым каналом связи, а X.21bis - между компьютером и аналоговым каналом (с использованием модемов).

• На канальном уровне используется подмножество протокола *HDLC.* обеспечивающее возможность автоматической передачи в случае возникновения ошибок в линии. Предусмотрена возможность выбора из двух процедур доступа к каналу: LAP или LAPB.

• На сетевом уровне определен протокол *X.25/3* обмена пакетами между оконечным оборудованием и сетью передачи данных.

Сетевой уровень реализуется с использованием 14 различных типов пакетов. Так как надежную передачу данных обеспечивает уже упомянутый протокол LAP-B, то протокол X.25/3 выполняет функции маршрутизации пакетов и управления потоком пакетов.

Прежде, чем пакет будет передан через сеть, необходимо установить *соединение* между исходными ООД - терминалами и компьютерами. Существует два типа соединений - *коммутируемый виртуальный канал* (SVC - Switched Virtual Channel) и *постоянный виртуальный канал* (PVC - Permament Virual Channel). SVC можно сравнить с коммутируемым каналом телефонной сети общего пользования. Для установления соединения необходимо знать сетевой номер - адрес пользователя. Рекомендация X. 121 МККТТ определяет международную систему нумерации адресов для сетей передачи данных общего пользования.

Постоянный виртуальный канал подобен выделенному каналу в том, что не требуется устанавливать соединение или разъединение. Обмен пакетами по PVC может происходить в любой момент времени. PVC формируется системой управления сетью. Отличие PVC от выделенной линии типа 64 Кб/с в том, что пользователь не имеет никаких гарантий относительно действительной пропускной способности PVC. Поэтому использование PVC обычно намного дешевле, чем аренда выделенной линии.

Маршрутизация на основе виртуальных каналов - это обычный прием, используемый в глобальных сетях. Кроме сетей X.25, такая техника применяется в сетях frame relay и ATM. Суть такой маршрутизации показана на рисунке 17.8. При установлении соединения между конечными узлами используется специальный тип пакета - запрос на установление соединения - который содержит длинный адрес узла-адресата, а также номер виртуального

соединения, присвоенного данному виртуальному соединению в узле-отправителе, например, 15. Адрес назначения используется для маршрутизации пакета на основании таблиц маршрутизации, аналогичных тем, которые использовались при описании протоколов RIP или OSPF. В приведенном примере оказалось необходимым передать пакет с порта 1 на порт 0. Одновременно с передачей пакета маршрутизатор изменяет у пакета номер виртуального соединения - он присваивает пакету первый неиспользованный номер виртуального канала для данного коммутатора. Каждый конечный узел и каждый коммутатор ведет свой список использованных и свободных номеров виртуальных соединений. В таблице коммутации входного порта маршрутизатор отмечает, что в дальнейшем пакеты, прибывшие на этот порт с номером 15, должны передаваться на порт 0, причем номер виртуального канала должен быть изменен на 10, Одновременно делается и соответствующая запись в таблице коммутации порта 0 - пакеты с номером 10 нужно передавать на порт с номером 1, меняя номер виртуального канала на 15.

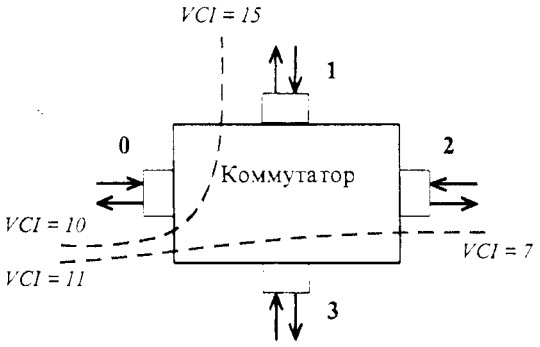

Таблица маршрутизации сети

Адрес назначения	Выходной порт
12 357 681 334	1
⋮	
61 212 356 771	2
⋮	

Таблица коммутации порта 1

VCI - in	VCI - out	Порт
15	10	0

Таблица коммутации порта 2

VCI - in	VCI - out	Порт
7	10, 11	0

Таблица коммутации порта 0

VCI - in	VCI - out	Порт
10	15	1
11	7	2

Рис. 17.8. Коммутация в сетях с виртуальными соединениями.

В результате действия такой схемы пакеты данных уже не несут длинные адреса конечных узлов, а имеют в служебном поле только номер виртуального канала, на основании которого и производится маршрутизация всех пакетов, кроме пакета запроса на установление соединения. В сети прокладывается виртуальный канал, который не изменяется в течение всего времени существования соединения. Пакеты в виртуальном канале циркулируют в двух направлениях, причем конечные узлы не замечают изменений номеров виртуальных каналов при прохождении пакетов через сеть.

За уменьшение служебного заголовка приходится платить невозможностью баланса трафика внутри виртуального соединения. При отказе какого-либо канала соединение приходится также устанавливать заново.

Протокол X.25 допускает использование следующих максимальных

значений длины поля данных: 16, 32, 64, 128, 256, 512 и 1024 байта. Предпочтительной является длина 128 байтов. Пакеты данных циклически нумеруются от 0 до 7 или от 0 до 127. В заголовке пакета помещаются два номера: порядковый номер передачи и порядковый номер приема. Порядковый номер передачи необходим для обеспечения последовательной транспортировки данных по виртуальному каналу, обнаружения потерь пакетов и для управления интенсивностью поступления пакетов в сеть передачи данных.

Услуги по стандарту X.25 предоставляются многими общественными сетями передачи данных - в США Sprint/Telenet, BT/Tymnet, Infonet и другими, в России - "Исток-К". "Спринт Сеть", ИАСНЕТ, РОСПАК, ИНФОТЕЛ, Релком и другими. Сети X.25 часто являются единственной возможностью для создания международной сети, так как почти во всех странах имеются сети данного типа. Можно построить и свою собственную сеть X.25, купив коммутационное оборудование X.25 и арендовав выделенные линии.

Сети frame relay - сравнительно новые сети, которые гораздо лучше подходят для передачи трафика локальных сетей по сравнению с сетями X.25. Преимущество сетей frame relay заключается в их низкой избыточности, высокой емкости при низких задержках и надежности передачи данных по существующим общественным сетям. Они специально разработаны как общественные сети для соединения частных локальных сетей. Сети frame relay стандартизованы подкомитетом CC1TT 1.122. Они обеспечивают скорость передачи данных до 2 Мб/с и позволяют потребителю наращивать требуемую пропускную способность частями по 56 Кб/с.

Сети frame relay обеспечивают высокую пропускную способность и низкие задержки за счет исключения избыточных операций по коррекции ошибок, так как они рассчитаны на использование надежных цифровых и волоконно-оптических линий связи. Протокол frame relay занимается обнаружением ошибок только на первых двух уровнях модели OSI. в то время как в протоколе X.25 этим занимаются три уровня. Протокол frame relay, так как он работает только на первых двух уровнях модели OSI, является независимым от верхних уровней стека протокола, из-за чего его легко встраивать в сети. Существует спецификация RFC 1490, определяющая методы инкапсуляции в трафик frame relay трафика SNA и локальных сетей.

Протокол frame relay подразумевает, что коммуникационное оборудование конечных пользователей (а, точнее, протоколы сетевого и транспортного уровней, подобные IP и TCP) будут обнаруживать и корректировать ошибки за счет повторной передачи пакетов сетевого или более высоких уровней. Это требует некоторой степени интеллектуальности от конечного оборудования, что по большей части справедливо для современных локальных сетей.

Frame relay предлагает независимую адресацию пакетов. Сети frame relay, как и сети X.25, позволяют устанавливать частные виртуальные каналы между локальными сетями без добавления задержки между узлами. После установления виртуального соединения кадры frame relay маршрутизируются (транслируются, передаются, если более точно следовать переводу глагола relay) через коммутаторы сети. Стандарт frame relay определяет как постоянные виртуальные каналы (PVC), так и коммутируемые (SVC), но в большинстве коммерческих сетей frame relay реализованы в основном сервисы постоянных коммутируемых каналов.

Поле номера виртуального соединения (DLCI) состоит из 11 битов и называется идентификатором связи данных. Это поле содержит номер виртуального канала, соответствующий определенному порту сетевого моста или маршрутизатора. Посылающее устройство помещает этот адрес в кадр (фрейм) и передает кадр в сеть для перемещения к приемному устройству.

Поле данных может иметь размер до 4056 байтов.

В сетях frame relay предусмотрена процедура заказа качества обслуживания, отсутствующая в сетях X.25. Для каждого виртуального соединения определяются несколько параметров, Два параметра определяют

среднюю скорость соединения:

CIR (Committed Information Rate) - средняя скорость, с которой сеть согласна передавать данные пользователя,

CBS (Committed Burst Size) - максимальное количество битов, которое сеть согласна передать от этого пользователя за интервал времени T.

Если эти величины определены, то время T определяется формулой

$$T = CBS/CIR.$$

На рисунке 17.9 приведен пример использования сети frame relay пятью удаленными региональными отделениями корпорации. Обычно доступ к сети осуществляется каналами с большей пропускной способностью, чем CIR - пропускная способность канала должна быть равна по крайней мере величине CBS/T. Но при этом пользователь платит не за пропускную способность канала, а за заказанные величины CIR и CBS.

Для управления потоком кадров в сетях frame relay используются механизмы оповещения конечных пользователей о том, что в коммутаторах сети возникли перегрузки (переполнение необработанными кадрами). Бит FECN

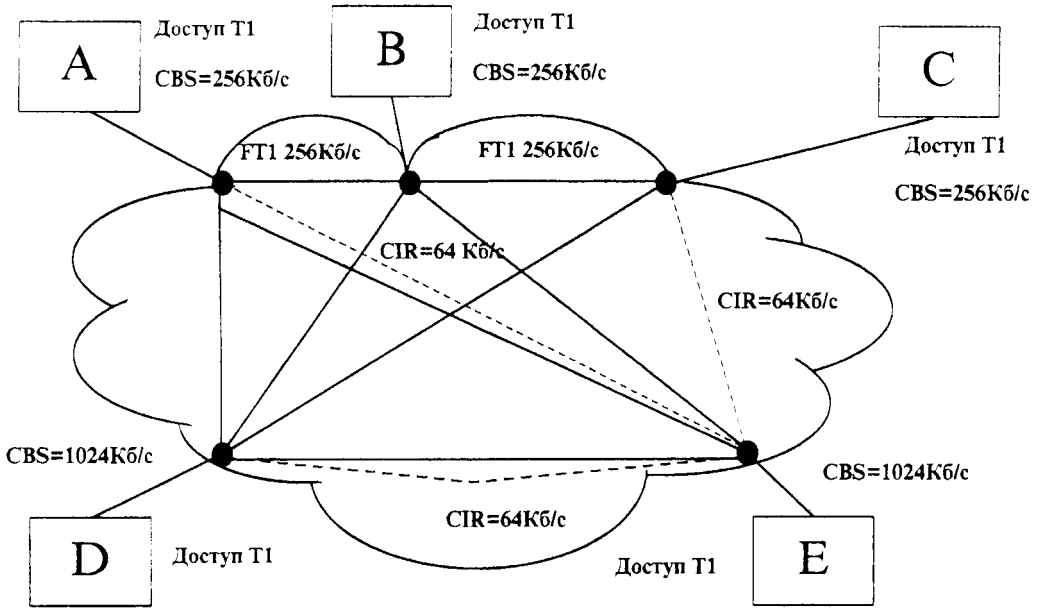

Рис. 17.9. Пример использования сети frame relay

(Forward Explicit Congestion Bit) кадра извещает об этом принимающую сторону. На основании значения этого бита принимающая сторона должна с помощью протоколов более высоких уровней (TCP/IP. SPX и т.п.) известить передающую сторону о том, что та должна снизить интенсивность отправки пакетов в сеть.

Бит BECN (Backward Explicit Congestion Bit) извещает о переполнении в сети передающую сторону и является рекомендацией немедленно снизить темп передачи. Бит BECN обычно отрабатывается на уровне устройств доступа к сети frame relay - маршрутизаторов, мультиплексоров и устройств CSU/DSU.

В общем случае биты FECN и BECN могут игнорироваться. Но если конечный пользователь нарушает условия, определяемые параметрами его соединения CIR и CBS, то сеть может просто отбрасывать (не передавать) "избыточные кадры" пользователя, выходящие за рамки договоренностей. Для этого в кадре имеется бит DE (Discard Eligible) -"удаление желательно", который устанавливается при превышения конечным узлом максимальной интенсивности трафика. И если в коммутаторе сети возникает перегрузка, то он может отбрасывать кадры с установленным битом DE.

Сервис frame relay обычно предоставляют те же операторы, которые эксплуатируют сети X.25. Большая часть производителей выпускает сейчас

коммутаторы, которые могут работать как по протоколам X.25, так и по протоколам frame relay.

17.8. Оборудование для доступа к глобальным сетям

Многие мосты и маршрутизаторы, особенно выполненные как отдельные устройства, имеют порты для выхода в глобальные сети, а также поддерживают один или несколько типов глобальных сетей. Разнообразие поддерживаемых глобальных протоколов является важной характеристикой удаленных мостов/маршрутизаторов.

Наиболее часто поддерживаемый тип глобальных связей - это выделенные и коммутируемые аналоговые телефонные линии. Мост или маршрутизатор в этом случае использует для выхода на длинную линию модем, который подключается к глобальному интерфейсу моста/маршрутизатора. В качестве глобальных интерфейсов в мостах/маршрутизаторах используются интерфейсы RS-232C/V.24, V.35, RS-422A/V.II/X.27, RS-530, X.21, Обычно удаленный мост/маршрутизатор использует как минимум два глобальных порта, один из которых связан с выделенной линией, а второй - с коммутируемой линией, которая используется как резервный канал. При использовании маршрутизаторов с несколькими портами можно построить глобальные связи с ячеистой топологией.

Большинство мостов/маршрутизаторов поддерживают выделенные цифровые каналы T1/E1, цифровые сети ISDN, сети с коммутацией пакетов X.25 и frame relay. Для подключения к этим каналам и сетям мост/маршрутизатор должен через соответствующий интерфейс подключаться к необходимой аппаратуре канала данных - DSU/CSU с интерфейсом G.703 для каналов T1/E1 (которые могут использоваться и для подключения к сетям frame relay), TA для сетей ISDN и аппаратуре с интерфейсом X.21 (чаще всего - модемом) для сетей X.25.

Различия между возможностями и применением мостов и маршрутизаторов для связи локальных сетей через глобальные те же, что и в случае локальных сетей. Мосты являются по большей части устройствами plug-and-play, поэтому в филиалах, где нет специалистов для конфигурирования и обслуживания маршрутизатора, стремятся установить мост, оставляя маршрутизаторы для центральных и крупных подразделений. Маршрутизаторы поддерживают топологию связей с петлевыми маршрутами, а при использовании их для связи с сетями коммутации пакетов они могут участвовать в маршрутизации пакетов и внутри корпорации, образуя частную сеть коммутации пакетов, связанную с общественной. Кроме того, маршрутизаторы обеспечивают более полное управление трафиком по сравнению с мостами,

Как и для локальных устройств, важной характеристикой удаленных мостов/маршрутизаторов является скорость фильтрации и скорость маршрутизации пакетов, которые часто ограничиваются не внутренними возможностями устройства, а скоростью передачи данных по линии.

Для преодоления ограничений скорости линии, а также для уменьшения части локального трафика, передаваемого по глобальной линии, в мостах/маршрутизаторах используются специальные приемы, отсутствующие в локальных устройствах.

К таким приемам относятся технологии сжатия пакетов, спуфинга и сегментации пакетов.

Сжатие пакетов - некоторые компании-производители обеспечивают коэффициент сжатия до 8:1 за счет компрессии данных, которая часто выполняется по собственным алгоритмам, несовместимым с алгоритмами других фирм.

Спуфинг (spoofing) - эта технология позволяет значительно повысить пропускную способность линий, используемых для связи двух локальных сетей

NetWare. При разработке этой ОС вопросы "экономного расходования" полосы пропускания стояли далеко не на первом месте. Как результат, семейство протоколов IPX/SPX оказывается крайне неэффективным при организации удаленного доступа по медленным каналам связи, К источникам неэффективности относится то, что серверы, маршрутизаторы, сетевые принтеры и другие объекты сети постоянно "сообщают" о своем присутствии в сети, генерируя пакеты протоколов SAP (Service Advertising Protocol -протокол объявления сервисов) и RIP (Routing Informational Protocol - обмен данными маршрутизаторов). Кроме того, сервер NetWare, желая определить, работает ли все еще в сети тот или иной пользователь, генерирует в сеть специальные запросы (watchdogs). Если сервер не получает ответа от рабочей станции на свой запрос, то сеанс работы с ней прекращается. При большой пропускной способности этот трафик не оказывает большого влияния, но при использовании низкоскоростных линий практически вся доступная полоса пропускания оказывается по существу занятой передачей пакетов служебных протоколов. Это резко снижает производительность работы удаленных пользователей. Технология spoofing, реализованная в некоторых интеллектуальных мостах, позволяет существенно уменьшить влияние служебных пакетов на производительность за счет простого исключения передач по каналу некоторых из этих пакетов.

Например, пакеты SAP и RIP могут передаваться мостом по низкоскоростному каналу только один раз - при установлении связи между центральным офисом и филиалом. В дальнейшем эти пакеты генерируются самим мостом в локальной сети филиала, имитируя сообщения, которые должны были бы исходить от реальных устройств центрального офиса. Отсюда и название "spoof" - мистифицировать. При изменениях в сетевой структуре в сеть передается обновленный пакет SAP/RIP, который снова начинает генерироваться мостом.

Сегментация пакетов - позволяет разделять большие передаваемые пакеты и использовать для их передачи сразу две телефонные линии. Хотя это и не делает использование телефонных каналов более эффективным, но все же увеличивает скорость обмена данными почти вдвое.

Архитектура пограничной маршрутизации Boundary Routing существенно уменьшает стоимость администрирования удаленных мостов/маршрутизаторов сетей Ethernet и Token Ring. Используя аппаратуру и программное обеспечение архитектуры Boundary Routing можно без увеличения сложности сети и штата администраторов увеличить число удаленных филиалов в 5 - 10 раз.

Архитектура Boundary Routing применима в наиболее часто встречающейся межсетевой конфигурации: отдельная удаленная локальная сеть связана с центральной сетью с помощью одной глобальной связи. Удаленное устройство, выполненное в архитектуре Boudary Routing, не должно выполнять функции маршрутизации пакетов, сбора и обработки маршрутной информации или управления сетью. Оно решает только одну задачу - передавать пакет по глобальной линии связи или нет. Все остальные задачи маршрутизации и администрирования выполняются маршрутизаторами центральной сети.

Архитектура Boundary Routing сокращает расходы за счет двух факторов: во-первых. устройства для удаленных филиалов, реализованные в соответствии с этой архитектурой, значительно дешевле обычных маршрутизаторов; во-вторых, нет необходимости использовать во всех удаленных филиалах опытных администраторов для поддержки требующих конфигурирования обычных маршрутизаторов, так как администрирование маршрутизаторов и мостов Boundary Routing осуществляется из центральной сети.

Устройства доступа к глобальным сетям отличаются от маршрутизаторов в основном тем, что они, наряду с выполнением функций маршрутизации, выполняют и функции мультиплексирования компьютерного, голосового и видеотрафика.

Методические рекомендации для преподавателей.

Для проведения данного занятия рекомендуется следующий расчет времени и методика его проведения.

I. Вводная часть - 5 мин.

- проверка наличия обучаемых;
- объявление темы, цели занятия, перечня учебных пособий и учебных вопросов.

II. Основная часть –160 мин.

1. Введение - 5 мин.

2. Сравнение глобальных и локальных сетей - 15 мин.

Провести сравнение сравнение по основным характеристикам: протяженность, качество и способ прокладки линий связи, сложность методов передачи и оборудования, скорость обмена данными., топологии, разделение каналов, уровень реализуемых функций модели ISO, оперативность выполнения запросов, масштабируемость, набор сервисов, активность транспортной сети.

3. Тенденции к сближению локальных и глобальных сетей - 20 мин.

Рассмотреть основные тенденции к сближению локальных и глобальных сетей.

4. Типы глобальных сетей – 20 мин**.**

5. Выбор типа глобальных связей – 20 мин.

Рассмотреть порядок измерения глобального трафика, этапы выполнения запроса, применение компрессии, способы коммутации,

6. Использование аналоговых и цифровых (56/64, T1/E1, T3/E3, SONET/SDH) выделенных каналов – 20 мин.

Рассмотреть аналоговые выделенные линии, цифровые выделенные линии, протоколы "точка-точка",

7. Аналоговые телефонные сети и сети ISDN – 20 мин.

8. Сети с коммутацией пакетов X.25 и frame relay – 20 мин.

9. Оборудование для доступа к глобальным сетям – 20 мин.

III. Заключительная часть – 15 мин.

- контрольный опрос
- ответы на вопросы обучаемых студентов;
- подведение итогов занятия;
- задание на самоподготовку.