

Часть I

Основы сетей передачи данных

- Глава 1. Эволюция компьютерных сетей
- Глава 2. Общие принципы построения сетей
- Глава 3. Коммутация каналов и пакетов
- Глава 4. Стандартизация и классификация сетей
- Глава 5. Сетевые характеристики и качество обслуживания

Процесс познания всегда развивается по спирали. Мы не можем сразу понять и осознать сложное явление, мы должны рассматривать его с разных точек зрения, в целом и по частям, изолированно и во взаимодействии с другими явлениями, накапливая знания постепенно, время от времени возвращаясь к уже, казалось бы, понятному и с каждым новым витком все больше проникая в суть явления. Хорошим подходом является первоначальное изучение общих принципов некоторой области знаний с последующим детальным рассмотрением реализации этих принципов в конкретных методах, технологиях или конструкциях. Первая часть книги и является таким «первым витком» изучения компьютерных сетей.

Изучение общих принципов построения компьютерных сетей поможет вам в дальнейшем быстрее разбираться с любой конкретной сетевой технологией. Однако известное высказывание «Знание нескольких принципов освобождает от запоминания множества фактов» не стоит воспринимать буквально — хороший специалист, конечно же, должен знать множество деталей и фактов. Знание принципов позволяет систематизировать эти частные сведения, связать их друг с другом в стройную систему и тем самым использовать более осознанно и эффективно. Конечно, изучение принципов перед изучением конкретных технологий — задача непростая, особенно для читателей с практическим складом ума. Кроме того, всегда есть опасность неверного понимания какого-нибудь общего утверждения без проверки его в практической реализации. Поэтому мы просим читателей поверить нам пока на слово, что игра стоит свеч, а также последовать совету: в ходе изучения материала последующих глав книги время от времени возвращайтесь к теоретическим вопросам и проверяйте себя, так ли вы понимали те или иные механизмы, когда изучали их впервые.

Часть, а вместе с ней и книга, открывается главой об эволюции компьютерных сетей. История любой отрасли науки и техники позволяет не только удовлетворить естественное любопытство, но и глубже понять сущность основных достижений в этой отрасли, осознать существующие тенденции и оценить перспективность тех или иных направлений развития.

В следующих двух главах рассматриваются фундаментальные концепции компьютерных сетей — коммутация, маршрутизация, мультиплексирование, адресация. Изучаются методы продвижения

пакетов — дейтаграммная передача, передача с установлением логического соединения и техника виртуальных каналов.

Важной темой данной части книги является рассматриваемая в четвертой главе стандартизация архитектуры компьютерной сети, идеологической основой которой служит модель взаимодействия открытых систем (OSI).

Последняя глава этой части книги посвящена сетевым характеристикам и проблемам качества обслуживания. Новая роль компьютерных сетей как основы для создания следующего поколения публичных сетей, предоставляющих все виды информационных услуг и переносящих данные, а также аудио- и видеотрафик, привела к проникновению методов обеспечения качества обслуживания практически во все коммуникационные технологии. Таким образом, концепции качества обслуживания, которые достаточно долго рассматривались как вспомогательное направление сетевой отрасли, вошли в число базовых принципов построения компьютерных сетей.

ГЛАВА 1 Эволюция компьютерных сетей

Два корня компьютерных сетей

Компьютерные сети, которым посвящена данная книга, отнюдь не являются единственным видом сетей, созданным человеческой цивилизацией. Даже водопроводы Древнего Рима можно рассматривать как один из наиболее древних примеров сетей, покрывающих большие территории и обслуживающих многочисленных клиентов. Другой, менее экзотический пример — электрические сети. В них легко найти аналоги компонентов любой территориальной компьютерной сети: источникам информационных ресурсов соответствуют электростанции, магистралям — высоковольтные линии электропередачи, сетям доступа — трансформаторные подстанции, клиентским терминалам — осветительные и бытовые электроприборы.

Компьютерные сети, называемые также **сетями передачи данных**, являются логическим результатом эволюции двух важнейших научно-технических отраслей современной цивилизации — вычислительной техники и телекоммуникационных технологий.

С одной стороны, компьютерные сети представляют собой группу компьютеров, согласованно решающих набор взаимосвязанных задач, обмениваясь данными в автоматическом режиме. С другой стороны, компьютерные сети могут рассматриваться как средство передачи информации на большие расстояния, для чего в них применяются методы кодирования и мультиплексирования данных, получившие развитие в различных телекоммуникационных системах, например телефонных сетях (рис. 1.1).

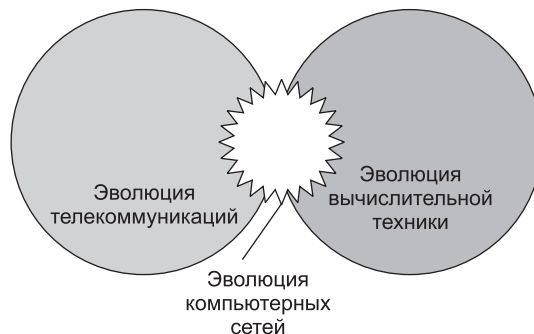


Рис. 1.1. Эволюция компьютерных сетей на стыке вычислительной техники и телекоммуникационных технологий

Первые компьютерные сети

Системы пакетной обработки

Обратимся сначала к компьютерному корню вычислительных сетей. Первые компьютеры 1950-х годов — большие, громоздкие и дорогие — предназначались для очень небольшого числа пользователей. Часто эти монстры занимали целые здания. Такие компьютеры не были предназначены для интерактивной работы пользователя, а применялись в режиме пакетной обработки.

Системы пакетной обработки, как правило, строились на базе мейнфрейма — мощного компьютера универсального назначения. Пользователи подготавливали перфокарты, содержащие данные и команды программ, и передавали их в вычислительный центр (рис. 1.2). Задания нескольких пользователей группировались в пакет, который принимался на выполнение. Оператор мейнфрейма вводил карты пакета в компьютер, который обрабатывал задания в многопрограммном режиме, оптимизируя распределение процессора и устройств ввода-вывода между заданиями для достижения максимальной производительности вычислений. Распечатанные результаты пользователи получали обычно только на следующий день. Таким образом, одна неверно набитая карта означала как минимум суточную задержку. Конечно, для пользователей интерактивный режим работы, при котором можно с терминала оперативно руководить процессом обработки своих данных, был бы удобнее. Но интересами пользователей на первых этапах развития вычислительных систем в значительной степени пренебрегали. Во главу угла ставилась эффективность работы самого дорогого устройства вычислительной машины — процессора, даже в ущерб эффективности работы использующих его специалистов.

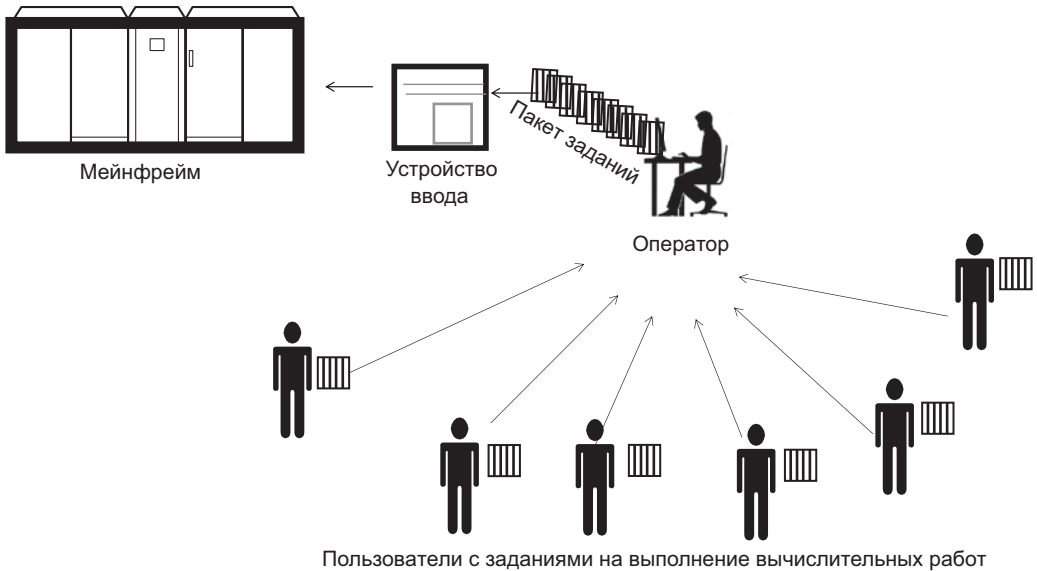


Рис. 1.2. Централизованная система на базе мейнфрейма

Многотерминальные системы — прообраз сети

По мере удешевления процессоров в начале 60-х годов появились новые способы организации вычислительного процесса, которые позволили учесть интересы пользователей. Начали развиваться интерактивные **многотерминальные системы разделения времени** (рис. 1.3). В таких системах каждый пользователь получал собственный терминал, с помощью которого он мог вести диалог с компьютером. Количество одновременно работающих с компьютером пользователей определялось его мощностью: время реакции вычислительной системы должно было быть достаточно мало, чтобы пользователю была не слишком заметна параллельная работа с компьютером других пользователей.

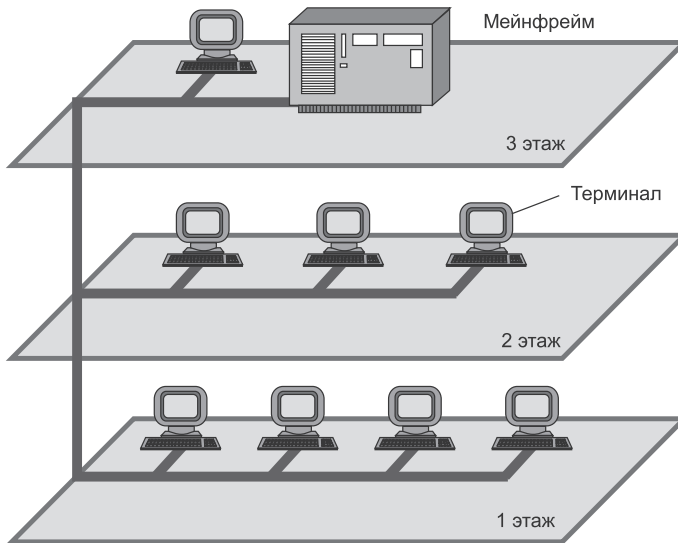


Рис. 1.3. Многотерминальная система — прообраз вычислительной сети

Терминалы, выйдя за пределы вычислительного центра, рассредоточились по всему предприятию. И хотя вычислительная мощность оставалась полностью централизованной, некоторые функции — такие как ввод и вывод данных — стали распределенными. Подобные многотерминальные централизованные системы внешне уже были похожи на локальные вычислительные сети. Действительно, рядовой пользователь работу за терминалом мейнфрейма воспринимал примерно так же, как сейчас он воспринимает работу за подключенным к сети персональным компьютером. Пользователь мог получить доступ к общим файлам и периферийным устройствам, при этом у него поддерживалась полная иллюзия единоличного владения компьютером, так как он мог запустить нужную ему программу в любой момент и почти сразу же получить результат (некоторые далекие от вычислительной техники пользователи даже были уверены, что все вычисления выполняются внутри их дисплея).

Многотерминальные системы, работающие в режиме разделения времени, стали прообразом локальных вычислительных сетей.

Однако до появления локальных сетей еще предстоял долгий путь, так как многотерминальные системы, хотя и имели внешние черты распределенных систем, все еще поддерживали централизованную обработку данных.

К тому же потребность предприятий в создании локальных сетей в это время еще не созрела — в одном здании просто нечего было объединять в сеть, так как из-за высокой стоимости вычислительной техники предприятия не могли себе позволить роскошь приобретения нескольких компьютеров. В этот период был справедлив так называемый **закон Гроша**, который эмпирически отражал достигнутый уровень технологии. В соответствии с этим законом *производительность компьютера была пропорциональна квадрату его стоимости*. Отсюда следовало, что за одну и ту же сумму было выгоднее купить одну мощную машину, чем две менее мощных — их суммарная мощность оказывалась намного ниже мощности дорогой машины.

Первые глобальные сети

А вот потребность в соединении нескольких компьютеров, находящихся на большом расстоянии друг от друга, к этому времени уже вполне назрела. Началось все с решения более простой задачи — доступа к отдельному компьютеру с терминалов, удаленных от него на многие сотни, а то и тысячи километров. Терминалы соединялись с компьютером через телефонные сети с помощью модемов, позволяя многочисленным пользователям получать удаленный доступ к разделяемым ресурсам мощных суперкомпьютеров. Затем появились системы, в которых наряду с удаленными соединениями типа *терминал — компьютер* были реализованы и удаленные связи типа *компьютер — компьютер*.

Разнесенные территориально компьютеры получили возможность обмениваться данными в автоматическом режиме, что, собственно, и является базовым признаком любой вычислительной сети.

На основе подобного механизма в первых сетях были реализованы службы обмена файлами, синхронизации баз данных, электронной почты и другие, ставшие теперь традиционными сетевые службы.

Итак, хронологически первыми появились **глобальные сети** (Wide Area Network, WAN), то есть сети, объединяющие территориально рассредоточенные компьютеры, возможно, находящиеся в различных городах и странах.

Именно при построении глобальных сетей были впервые предложены и отработаны многие основные идеи, лежащие в основе современных вычислительных сетей. Такие, например, как многоуровневое построение коммуникационных протоколов, концепции коммутации и маршрутизации пакетов.

Глобальные компьютерные сети очень многое унаследовали от других, гораздо более старых и распространенных глобальных сетей — *телефонных*. Главное технологическое новшество, которое привнесли с собой первые глобальные компьютерные сети, состояло в отказе от **принципа коммутации каналов**, на протяжении многих десятков лет успешно использовавшегося в телефонных сетях.

Выделяемый на все время сеанса связи составной телефонный канал, передающий информацию с постоянной скоростью, не мог эффективно использоваться пульсирующим трафиком компьютерных данных, у которого периоды интенсивного обмена чередуются с продолжи-

тельными паузами. Натурные эксперименты и математическое моделирование показали, что пульсирующий и в значительной степени не чувствительный к задержкам компьютерный трафик гораздо эффективнее передается сетями, работающими по **принципу коммутации пакетов**, когда данные разделяются на небольшие порции — пакеты, которые самостоятельно перемещаются по сети благодаря наличию адреса конечного узла в заголовке пакета.

Так как прокладка высококачественных линий связи на большие расстояния обходится очень дорого, то в первых глобальных сетях часто использовались уже существующие телефонные линии связи, способные в каждый момент времени вести передачу только одного разговора в аналоговой форме. Поскольку скорость передачи дискретных компьютерных данных по таким каналам была очень низкой (десятки килобит в секунду), набор предоставляемых услуг в глобальных сетях подобного типа обычно ограничивался передачей файлов (преимущественно в фоновом режиме) и электронной почтой. Помимо низкой скорости такие каналы имеют и другой недостаток — они вносят значительные искажения в передаваемые сигналы. Поэтому протоколы глобальных сетей, построенных с использованием каналов связи низкого качества, отличались сложными процедурами контроля и восстановления данных. Типичным примером таких сетей являются сети X.25, разработанные еще в начале 70-х годов.

ПРИМЕЧАНИЕ

При написании этой главы авторы столкнулись с дилеммой: невозможно рассказывать об истории отрасли, не называя конкретные технологии и концепции. Но в то же время невозможно давать пояснения этих технологий и концепций, так как читатель, перелистывающий первые страницы, еще не готов к восприятию объяснений. Авторы пошли по пути компромисса, отложив на будущее исчерпывающие пояснения многих терминов ради того, чтобы в самом начале изучения компьютерных сетей читатель имел возможность представить картину эволюции компьютерных сетей во всем ее красочном многообразии.

В 1969 году министерство обороны США инициировало работы по объединению в единую сеть суперкомпьютеров оборонных и научно-исследовательских центров. Эта сеть, получившая название ARPANET, стала отправной точкой для создания первой и самой известной ныне глобальной сети мирового масштаба — **Internet**.

Сеть ARPANET объединяла компьютеры разных типов, работавшие под управлением различных операционных систем (ОС) с дополнительными модулями, реализующими коммуникационные протоколы, общие для всех компьютеров сети. ОС этих компьютеров можно считать *первыми сетевыми операционными системами*.

Сетевые ОС позволили не только рассредоточить пользователей между несколькими компьютерами (как в многотерминальных системах), но и организовать распределенное хранение и обработку данных. Любая сетевая операционная система, с одной стороны, выполняет все функции локальной операционной системы, а с другой стороны, обладает некоторыми дополнительными средствами, позволяющими ей взаимодействовать через сеть с операционными системами других компьютеров. Программные модули, реализующие сетевые функции, появлялись в операционных системах постепенно, по мере развития сетевых технологий, аппаратной базы компьютеров и возникновения новых задач, требующих сетевой обработки.

Прогресс глобальных компьютерных сетей во многом определялся прогрессом телефонных сетей. Так появившаяся в начале 60-х годов в телефонных сетях передача голоса в цифровой форме привела к тому, что высокоскоростные цифровые каналы, соединяющие автоматические телефонные станции, стали использоваться и в глобальных компьютерных сетях.

Первые локальные сети

Важное событие, повлиявшее на эволюцию компьютерных сетей, произошло в начале 70-х годов. В результате технологического прорыва в области производства компьютерных компонентов появились **большие интегральные схемы (БИС)**. Их сравнительно невысокая стоимость и хорошие функциональные возможности привели к созданию **мини-компьютеров**, которые стали реальными конкурентами мейнфреймов. Эмпирический закон Гроша перестал соответствовать действительности, так как десяток мини-компьютеров, имея ту же стоимость, что и один мейнфрейм, решали некоторые задачи (как правило, хорошо распараллеливаемые) быстрее.

Даже небольшие подразделения предприятий получили возможность иметь собственные компьютеры. Мини-компьютеры решали задачи управления технологическим оборудованием, складом и другие задачи уровня отдела предприятия. Таким образом, появилась концепция распределения компьютерных ресурсов по всему предприятию. Однако при этом все компьютеры одной организации по-прежнему продолжали работать *автономно* (рис. 1.4).

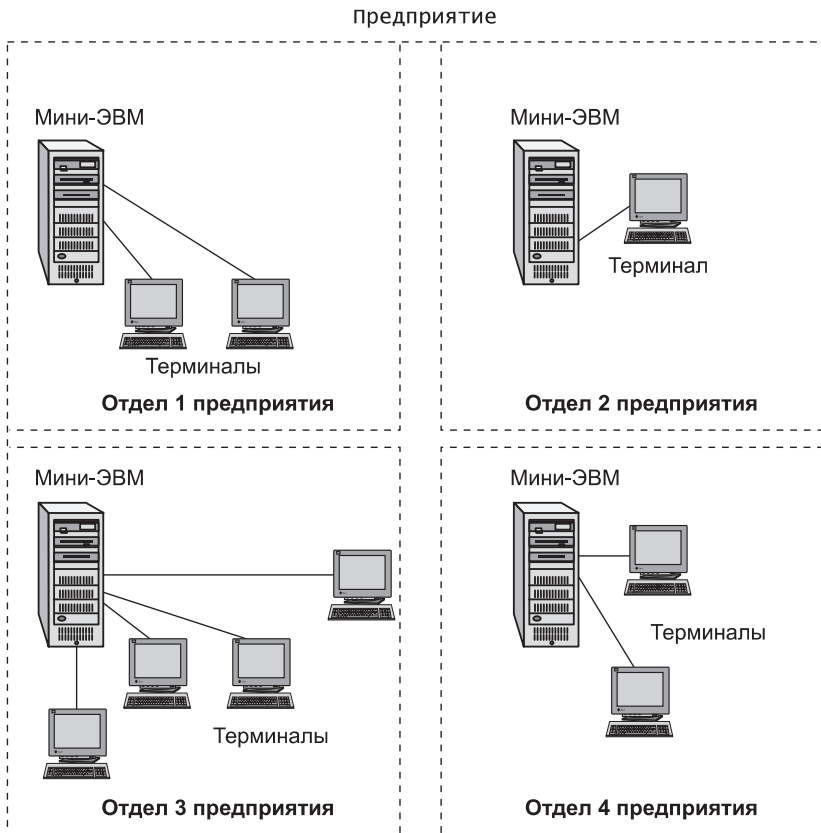


Рис. 1.4. Автономное использование нескольких мини-компьютеров на одном предприятии

Шло время, потребности пользователей вычислительной техники росли. Их уже не удовлетворяла изолированная работа на собственном компьютере, им хотелось, чтобы этот компьютер мог в автоматическом режиме обмениваться данными с компьютерами других подразделений. Ответом на эту потребность и стало появление первых локальных вычислительных сетей (рис. 1.5).

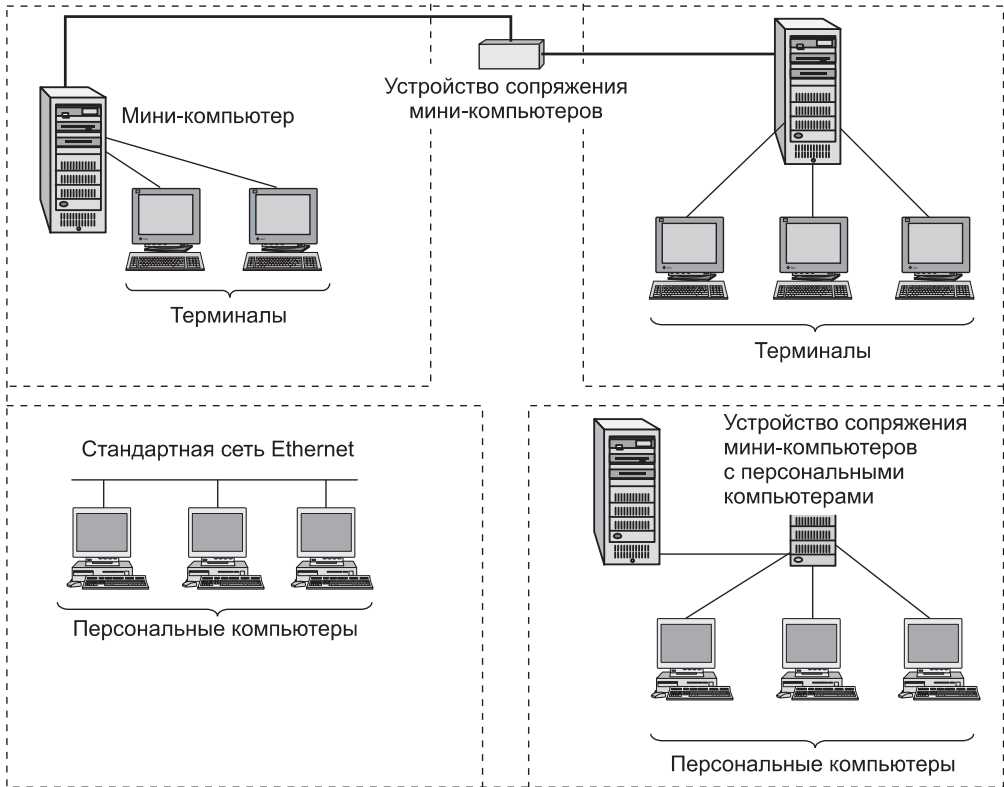


Рис. 1.5. Различные типы связей в первых локальных сетях

Локальные сети (Local Area Network, LAN) — это объединения компьютеров, сосредоточенных на небольшой территории, обычно в радиусе не более 1–2 км, хотя в отдельных случаях локальная сеть может иметь и большие размеры, например, несколько десятков километров. Обычно локальная сеть представляет собой коммуникационную систему, принадлежащую одной организации.

На первых порах для соединения компьютеров друг с другом использовались *нестандартные* сетевые технологии.

Сетевая технология — это согласованный набор программных и аппаратных средств (например, драйверов, сетевых адаптеров, кабелей и разъемов), а также механизмов передачи данных по линиям связи, достаточный для построения вычислительной сети.

Разнообразные устройства сопряжения, использующие собственные способы представления данных на линиях связи, свои типы кабелей и т. п., могли соединять только те конкретные модели компьютеров, для которых были разработаны, например, мини-компьютеры PDP-11 с мейнфреймом IBM 360 или мини-компьютеры HP с микрокомпьютерами LSI-11. Такая ситуация создала большой простор для творчества студентов — названия многих курсовых и дипломных проектов начинались тогда со слов «Устройство сопряжения...».

В середине 80-х годов положение дел в локальных сетях кардинально изменилось. Утвердились *стандартные сетевые технологии* объединения компьютеров в сеть — Ethernet, Arcnet, Token Ring, Token Bus, несколько позже — FDDI.

Мощным стимулом для их появления послужили **персональные компьютеры**. Эти массовые продукты стали идеальными элементами построения сетей — с одной стороны, они были достаточно мощными, чтобы обеспечивать работу сетевого программного обеспечения, а с другой — явно нуждались в объединении своей вычислительной мощности для решения сложных задач, а также разделения дорогих периферийных устройств и дисковых массивов. Поэтому персональные компьютеры стали преобладать в локальных сетях, причем не только в качестве клиентских компьютеров, но и в качестве центров хранения и обработки данных, то есть сетевых серверов, потеснив с этих привычных ролей мини-компьютеры и мейнфреймы.

Все стандартные технологии локальных сетей опирались на тот же принцип коммутации, который был с успехом опробован и доказал свои преимущества при передаче трафика данных в глобальных компьютерных сетях — *принцип коммутации пакетов*.

Стандартные сетевые технологии превратили процесс построения локальной сети из решения нетривиальной технической проблемы в рутинную работу. Для создания сети достаточно было приобрести стандартный кабель, сетевые адаптеры соответствующего стандарта, например Ethernet, вставить адаптеры в компьютеры, присоединить их к кабелю стандартными разъемами и установить на компьютеры одну из популярных сетевых операционных систем, например Novell NetWare.

Разработчики локальных сетей привнесли много нового в организацию работы пользователей. Так, стало намного проще и удобнее, чем в глобальных сетях, получать доступ к общим сетевым ресурсам. Следствием и одновременно движущей силой такого прогресса стало появление огромного числа непрофессиональных пользователей, освобожденных от необходимости изучать специальные (и достаточно сложные) команды для сетевой работы.

Конец 90-х выявил явного лидера среди технологий локальных сетей — семейство *Ethernet*, в которое вошли классическая технология Ethernet со скоростью передачи 10 Мбит/с, а также Fast Ethernet со скоростью 100 Мбит/с и Gigabit Ethernet со скоростью 1000 Мбит/с.

Простые алгоритмы работы этой технологии предопределяют низкую стоимость оборудования Ethernet. Широкий диапазон иерархии скоростей позволяет рационально строить локальную сеть, выбирая ту технологию семейства, которая в наибольшей степени отвечает задачам предприятия и потребностям пользователей.

Конвергенция сетей

Конвергенция локальных и глобальных сетей

В конце 80-х годов отличия между локальными и глобальными сетями проявлялись весьма отчетливо.

- *Протяженность и качество линий связи.* Локальные компьютерные сети по определению отличаются от глобальных сетей небольшими расстояниями между узлами сети. Это в принципе делает возможным использование в локальных сетях более дорогих качественных линий связи. В глобальных сетях 80-х годов преобладали низкоскоростные телефонные линии связи, передающие дискретную информацию компьютеров со сравнительно частыми искажениями.
- *Сложность методов передачи данных.* В условиях низкой надежности физических каналов в глобальных сетях требуются более сложные, чем в локальных сетях, методы передачи данных и соответствующее оборудование.
- *Скорость обмена данными* в локальных сетях (10, 16 и 100 Мбит/с) в то время была существенно выше, чем в глобальных (от 2,4 Кбит/с до 2 Мбит/с).
- *Разнообразие услуг.* Высокие скорости обмена данными позволили предоставлять в локальных сетях широкий спектр услуг — это, прежде всего, разнообразные способы совместного использования файлов, устройств печати, модемов, факсов, доступ к единой базе данных, электронная почта и другие. В то же время глобальные сети в основном ограничивались почтовыми и файловыми услугами в их простейшем (не самом удобном для пользователя) виде.

Постепенно различия между локальными и глобальными сетевыми технологиями стали сглаживаться. Изолированные ранее локальные сети начали объединять друг с другом, при этом в качестве связующей среды использовались глобальные сети. Интеграция локальных и глобальных сетей привела к значительному взаимопроникновению соответствующих технологий.

Сближение в методах передачи данных произошло за счет использования одной и той же среды передачи данных — *оптического волокна* — и одних и тех же принципов кодирования передаваемых данных — цифрового (дискретного) кодирования. Оптоволоконные кабели стали использоваться практически во всех технологиях локальных сетей для скоростного обмена информацией на расстояниях свыше 100 метров, на них же стали строиться магистрали первичных сетей SDH и DWDM, предоставляющих свои цифровые каналы для объединения оборудования глобальных компьютерных сетей.

Высокое качество цифровых каналов изменило требования к протоколам глобальных сетей. На первый план вместо процедур обеспечения надежности вышли процедуры обеспечения гарантированной средней скорости доставки информации пользователям, а также механизмы приоритетной обработки пакетов особенно чувствительного к задержкам трафика, например голосового. Эти изменения нашли отражение в таких технологиях глобальных сетей 90-х годов, как Frame Relay и АТМ. В этих технологиях предполагается, что искажение битов происходит настолько редко, что ошибочный пакет выгоднее просто уничтожить, а все проблемы, связанные с его потерей, перепоручить программному обеспечению более высокого уровня, которое непосредственно не входит в состав сетей Frame Relay и АТМ.

Огромный вклад в сближение локальных и глобальных сетей внесло доминирование *протокола IP*. Этот протокол может работать поверх любых технологий локальных и глобальных сетей (Ethernet, MPLS, Token Ring, ATM, Frame Relay), объединяя различные подсети в единую составную сеть.

Начиная с 90-х годов компьютерные глобальные сети, работающие на основе скоростных цифровых каналов, существенно расширили спектр предоставляемых услуг и догнали в этом отношении локальные сети. Стало возможным создание служб, работа которых связана с доставкой пользователю больших объемов информации в реальном времени — изображений, видеофильмов, голоса, в общем, всего того, что получило название мультимедийной информации. Наиболее яркий пример — гипертекстовая информационная служба World Wide Web (веб-служба), ставшая основным поставщиком информации в Интернете. Ее интерактивные возможности превзошли возможности многих аналогичных служб локальных сетей, так что разработчикам приложений локальных сетей пришлось просто позаимствовать эту службу у глобальных сетей. Процесс переноса технологий из глобальной сети Интернет в локальные приобрел такой массовый характер, что появился даже специальный термин — **intranet-технологии** (intra — внутренний).

Истинно универсальной сетевой технологией стала технология Ethernet. Долгие годы Ethernet была технологией только локальных сетей, однако, дополненная новыми функциями и новыми уровнями скоростей, эта технология (называемая в этом варианте Carrier Ethernet, то есть Ethernet операторского класса) сегодня преобладает и на линиях связи глобальных сетей. Следствием доминирования технологии Ethernet в первом десятилетии XXI века стало упрощение структуры как локальных, так и глобальных сетей — в подавляющем большинстве подсетей сегодня работает протокол Ethernet, а объединяются подсети в составную сеть с помощью протокола IP.

Еще одним признаком сближения локальных и глобальных сетей является появление сетей, занимающих промежуточное положение между локальными и глобальными сетями. **Городские сети**, или **сети мегаполисов** (Metropolitan Area Network, MAN), предназначены для обслуживания территории крупного города.

Эти сети используют цифровые линии связи, часто оптоволоконные, со скоростями на магистрали 10 Гбит/с и выше. Они обеспечивают экономичное соединение локальных сетей между собой, а также выход в глобальные сети. Сети MAN первоначально были разработаны только для передачи данных, но сейчас перечень предоставляемых ими услуг расширился, в частности, они поддерживают видеоконференции и интегральную передачу голоса и текста. Современные сети MAN отличаются разнообразием предоставляемых услуг, позволяя своим клиентам объединять коммуникационное оборудование различного типа, в том числе офисные АТС.

Конвергенция компьютерных и телекоммуникационных сетей

Начиная с 1980-х годов предпринимаются попытки создания универсальной, так называемой **мультисервисной сети**, способной предоставлять услуги как компьютерных, так и телекоммуникационных сетей.

К телекоммуникационным сетям относятся радиосети, телефонные и телевизионные сети. Главное, что объединяет их с компьютерными сетями, — это то, что в качестве ресурса, предоставляемого клиентам, выступает информация. Однако имеется некоторая специфика. Так, изначально компьютерные сети разрабатывались для передачи алфавитно-цифровой информации, которую часто называют просто *данными*, поэтому у компьютерных сетей имеется и другое название — **сети передачи данных**, в то время как **телекоммуникационные сети** были созданы для передачи *голосовой и видеоинформации*. Сегодня мы являемся свидетелями конвергенции телекоммуникационных и компьютерных сетей, которая идет по нескольким направлениям.

Прежде всего наблюдается *сближение видов услуг*, предоставляемых клиентам. Первая попытка создания мультисервисной сети, способной оказывать различные услуги, в том числе услуги телефонии и передачи данных, привела к появлению в 80-х годах технологии **цифровых сетей с интегрированным обслуживанием** (Integrated Services Digital Network, ISDN). Но на практике сети ISDN так и остались телефонными сетями, а роль глобальной **мультисервисной сети нового поколения** стал играть **Интернет**.

Интернет превратился из сети, предназначенной для оказания небольшого набора услуг передачи данных, основными из которых были передача файлов и обмен текстовыми почтовыми сообщениями, в действительно мультисервисную сеть. Интернет может оказывать все виды телекоммуникационных услуг, в том числе услуг мгновенных сообщений, видео- и аудио-конференций, IP-телефонии, IP-телевидения, а также услуг многочисленных социальных сетей. Очевидно, что мультисервисность сети Интернет в будущем будет только возрастать.

Прорывом в процессе конвергенции сетей явилось появление **смартфонов** — терминальных устройств, которые объединили в себе функции мобильных телефонов и персональных компьютеров. Для поддержки таких новых функций телефона современная *мобильная телефонная сеть* также стала мультисервисной сетью — она предоставляет полный набор как телефонных, так и компьютеризованных информационных услуг (просмотр веб-страниц в такой же удобной форме, как и на экране компьютера, услуги электронной почты и видеоконференций, просмотр фильмов, публикация информации в социальных сетях и т. п.).

Технологическое сближение сетей происходит по нескольким направлениям. Прежде всего это использование *цифровой передачи* для разных типов информации. Представление голоса и изображения в цифровой форме сделало принципиально возможной передачу телефонного, видео и компьютерного трафика по одним и тем же цифровым каналам.

Важным шагом телефонии навстречу компьютерным сетям стало использование наряду с изначально присущей им коммутацией каналов *методов коммутации пакетов*. Так, для передачи служебных сообщений (называемых сообщениями сигнализации) применяются протоколы коммутации пакетов, аналогичные протоколам компьютерных сетей, а для передачи собственно голоса между абонентами коммутируется традиционный составной канал.

Однако ситуация изменилась в пользу пакетных методов коммутации даже при передаче голоса. У этой тенденции есть достаточно очевидная причина — на основе метода коммутации пакетов можно более эффективно использовать пропускную способность каналов связи и коммутационного оборудования. Например, паузы в телефонном разговоре могут составлять до 40 % общего времени соединения, однако только пакетная коммутация позволяет «вырезать» паузы и использовать высвободившуюся пропускную способность канала для передачи трафика других абонентов.