

Александр Александрович Олейников

Компьютерные и телекоммуникационные сети

Лекция 1.1.1. История развития вычислительных сетей.

Астрахань, 2018

История развития вычислительных сетей

Компьютерные сети появились сравнительно недавно, в конце 60-х годов. Естественно, что компьютерные сети унаследовали много полезных свойств от других, более старых и распространенных телекоммуникационных сетей, а именно телефонных.

Вычислительная и телекоммуникационная технологии

Компьютерные сети, называемые также сетями передачи данных, являются логическим результатом эволюции двух важнейших научно технических отраслей современной цивилизации — компьютерных и телекоммуникационных технологий. (рис.1.1)

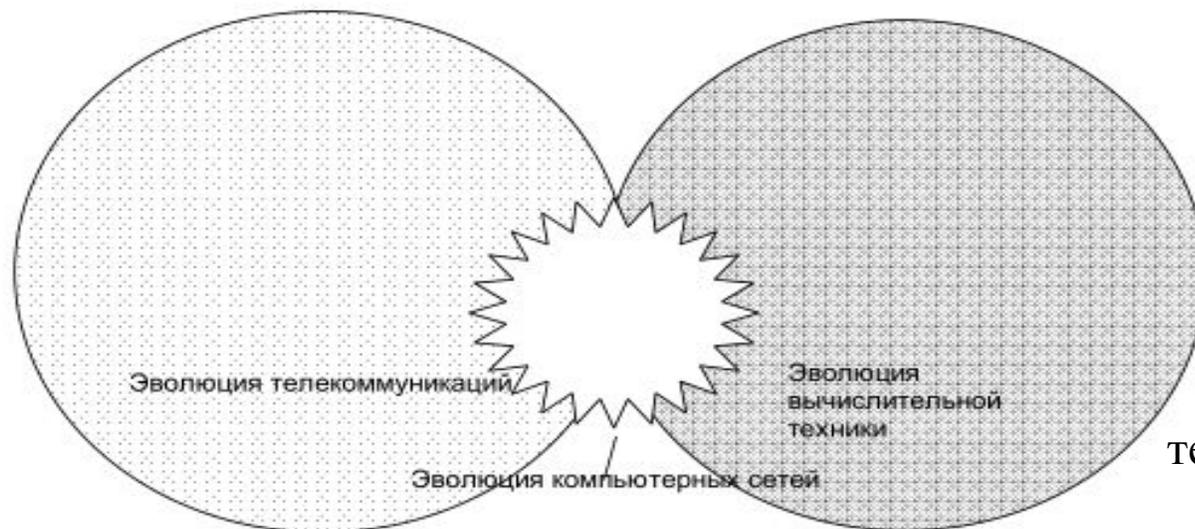


Рис.1.1.Эволюция компьютерных сетей на стыке вычислительной техники и телекоммуникационных технологий

С одной стороны, сети представляют собой частный случай распределенных вычислительных систем, в которых группа компьютеров согласованно выполняет набор взаимосвязанных задач, обмениваясь данными в автоматическом режиме.

Распределенными вычислительными системами называются системы, имеющие несколько центров обработки информации.

Поскольку **основным признаком распределенной вычислительной системы** является наличие нескольких центров обработки данных, то наряду с компьютерными сетями к **распределенным системам** относятся также **мультипроцессорные компьютеры и многомашинные вычислительные комплексы**.

В **мультипроцессорных компьютерах** имеется несколько процессоров, каждый из которых может относительно независимо от остальных выполнять свою программу.

- ▶ **Многомашинная система** - это вычислительный комплекс, включающий в себя несколько компьютеров (каждый из которых работает под управлением собственной операционной системы), а также программные и аппаратные средства связи компьютеров, которые обеспечивают работу всех компьютеров комплекса как единого целого.
- ▶ В вычислительных сетях автономность обрабатывающих блоков проявляется в наибольшей степени - основными элементами сети являются стандартные компьютеры, не имеющие ни общих блоков памяти, ни общих периферийных устройств. Связь между компьютерами осуществляется с помощью специальных периферийных устройств - сетевых адаптеров, соединенных относительно протяженными каналами связи.
- ▶ 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 - телефония, радио- и теле- вещание.

Системы пакетной обработки

- ▶ Обратимся сначала к компьютерному корню вычислительных сетей. Первые компьютеры 50-х годов – большие, громоздкие и дорогие – предназначались для очень небольшого числа избранных пользователей. Часто эти монстры занимали целые здания. Такие компьютеры не были предназначены для интерактивной работы пользователя, а использовались в режиме пакетной обработки.
- ▶ **Системы пакетной обработки, как правило, строились на базе мэйнфрейма - мощного и надежного компьютера универсального назначения.**
- ▶ Пользователи подготавливали перфокарты, содержащие данные и команды программ, и передавали их в вычислительный центр (рис. 1.2). Операторы вводили эти карты в компьютер, а 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 удобней. Но интересами пользователей на первых этапах развития вычислительных систем в значительной степени пренебрегали. Во главу ставилась эффективность работы самого дорогого устройства вычислительной машины — процессора, даже в ущерб эффективности работы использующих его специалистов.

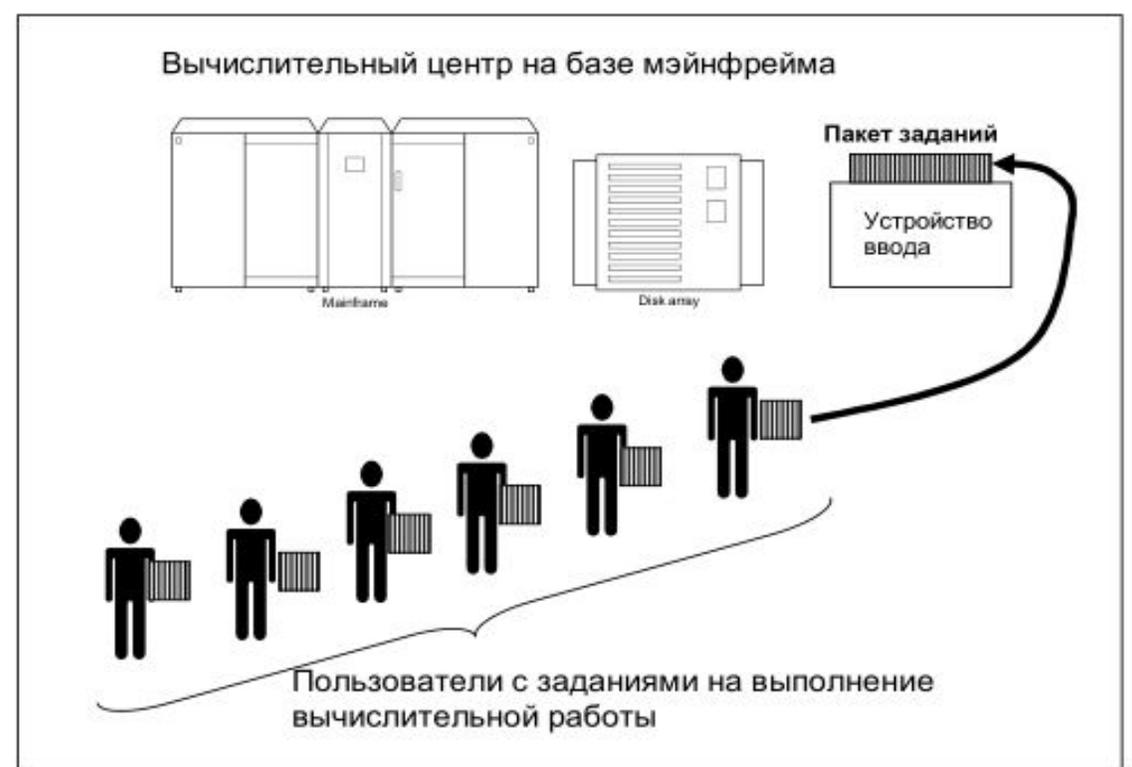


Рис. 1.2. Централизованная система на базе мэйнфрейма

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).

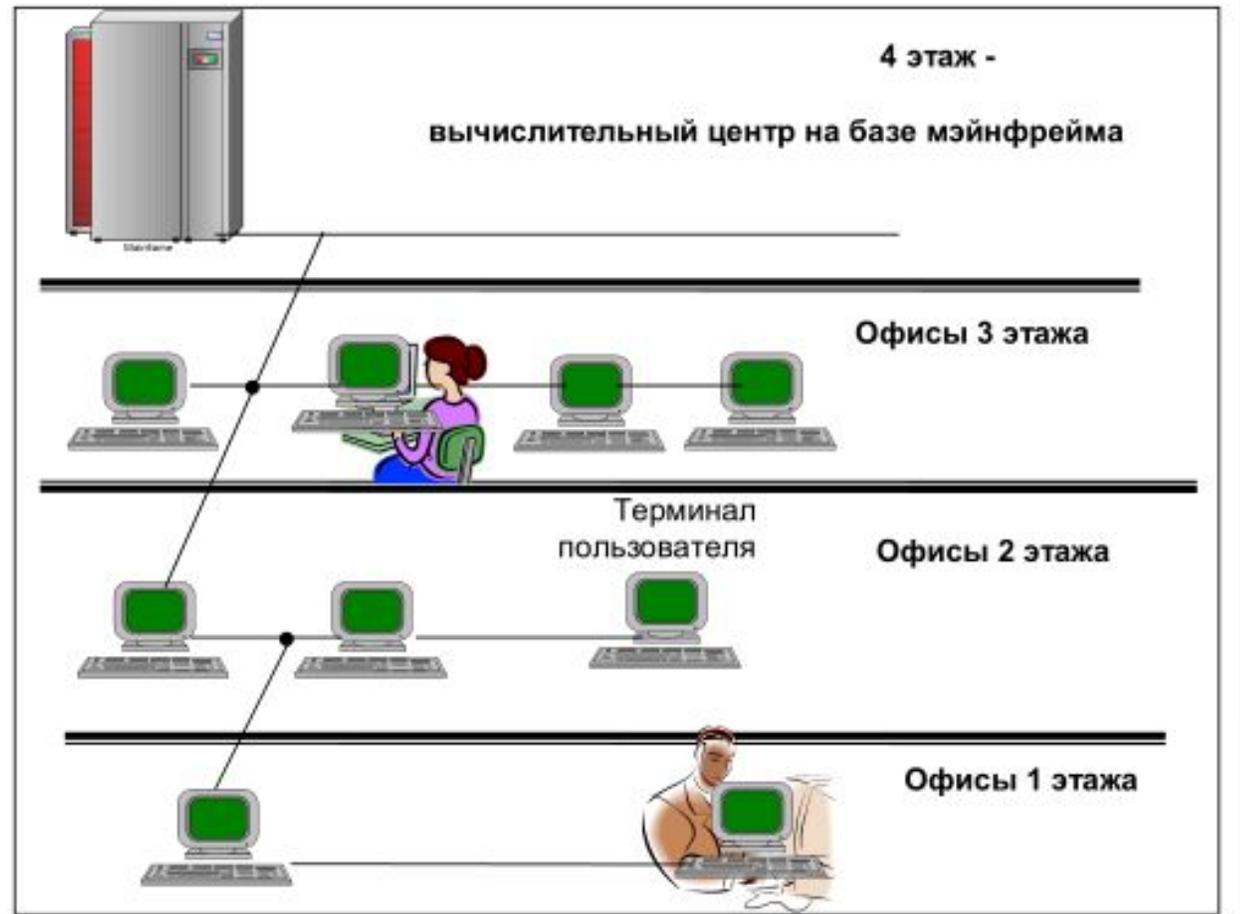


Рис. 1.3. Многотерминальная система — прообраз вычислительной сети

- ▶ **Терминал** - устройство, соединенное с компьютером посредством линий связи и выполняющее определенные ограниченные действия.
- ▶ В таких системах каждый пользователь получал собственный терминал, с помощью которого он мог вести диалог с компьютером. Количество одновременно работающих с компьютером пользователей зависело от его мощности так, чтобы время реакции вычислительной системы было достаточно мало, и пользователю была не слишком заметна параллельная работа с компьютером других пользователей.
- ▶ 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 мэйнфрейма 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 вес вычисления выполняются внутри их дисплея.)
- ▶ Многотерминальные системы, работающие в режиме разделения времени, стали первым шагом на пути создания локальных вычислительных сетей
- ▶ Однако до появления локальных сетей нужно было пройти еще большой путь, так как многотерминальные системы, хотя и имели внешние черты распределенных систем, все еще поддерживали централизованную обработку данных.

Первые глобальные сети

- ▶ Потребность в соединении компьютеров, находящихся на большом расстоянии друг от друга, к этому времени вполне назрела. Началось все с решения более простой задачи – доступа к компьютеру с терминалов, удаленных от него на многие сотни, а то и тысячи километров. Терминалы соединялись с компьютерами через телефонные сети с помощью модемов. Такие сети позволяли многочисленным пользователям получать удаленный доступ к разделяемым ресурсам нескольких мощных компьютеров класса супер ЭВМ. Затем появились системы, в которых наряду с удаленными соединениями типа *терминал - компьютер* были реализованы и удаленные связи типа *компьютер-компьютер*.
- ▶ 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 Networks, WAN**), то есть сети, объединяющие территориально рассредоточенные компьютеры, возможно находящиеся в различных городах и странах
- ▶ Глобальные компьютерные сети очень многое унаследовали от других, гораздо более старых и распространенных 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.
- ▶ Коммутация каналов подразумевает образование непрерывного составного физического канала из последовательно соединенных отдельных канальных участков для прямой передачи данных между узлами. Отдельные каналы соединяются между собой специальной аппаратурой - коммутаторами, которые могут устанавливать связи между любыми конечными узлами сети. В сети с коммутацией каналов перед передачей данных всегда необходимо выполнить процедуру установления соединения, в процессе которой и создается составной канал.

- ▶ 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 продолжительными паузами.
- ▶ **Натурные эксперименты и математическое моделирование показали, что пульсирующий и в значительной степени не чувствительный к задержкам компьютерный трафик гораздо эффективней передастся 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.**

- ▶ **Пакет - блок данных стандартного формата. Формат пакета - заголовок, данные.**
- ▶ Так как прокладка высококачественных линий связи на большие расстояния обходится очень дорого, то в первых глобальных сетях часто использовались уже существующие каналы связи, изначально предназначенные совсем для **других целей**. Например, в течение многих лет глобальные сети строились на основе телефонных каналов **тональной частоты**, способных в каждый момент времени вести передачу только одного разговора в аналоговой форме.
- ▶ Речевые сигналы имеют спектр шириной примерно в 10 000 Гц, однако основные гармоники укладываются в диапазон от 300 до 3400 Гц. Поэтому для качественной речи достаточно образовать между двумя собеседниками канал с полосой пропускания в 3100 Гц, который называется **каналом тональной частоты** и используется в телефонных сетях для соединения двух абонентов.
- ▶ В цифровой телефонии для качественной передачи голоса необходима пропускная способность канала связи равная 64 Кб/с. Такой канал называется **элементарным каналом цифровых телефонных линий**.

▶ Поскольку скорость передачи дискретных компьютерных данных по каналам тональной частоты была очень низкой, набор предоставляемых услуг в глобальных сетях такого типа обычно ограничивался передачей файлов, 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, отличаются сложными процедурами контроля и восстановления данных. Типичным примером таких сетей являются сети X.25, разработанные еще в начале 70-х, когда низкоскоростные аналоговые каналы, арендуемые у телефонных компаний, были преобладающим типом каналов, соединяющих компьютеры и коммутаторы глобальной вычислительной сети.

▶ Каналы низкого качества обеспечивают уровень ошибок 10^{-3} степени, каналы высокого качества - 10^{-9} степени.

- ▶ В 1969 году Министерство обороны США инициировало работы по объединению в единую сеть суперкомпьютеров обороны и научно-исследовательских центров. Эта сеть, получившая название ARPANET, стала отправной точкой для создания первой и самой известной ныне глобальной сети - Internet
- ▶ Сеть ARPANET объединяла компьютеры разных типов, работавшие под управлением различных ОС с дополнительными модулями, реализующими коммуникационные протоколы, общие для всех компьютеров сети. ОС этих компьютеров стали предшественниками первых сетевых операционных систем.

- ▶ Истинно сетевые ОС в отличие от многотерминальных ОС позволили не только рассредоточить пользователей, но и организовать распределенные хранение и обработку данных между несколькими компьютерами, связанными электрическими связями. 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.
- ▶ С конца 60-х годов в телефонных сетях все чаще стала применяться передача голоса в цифровой форме
- ▶ Это привело к появлению высокоскоростных цифровых каналов, соединяющих автоматические телефонные станции (АТС) и позволяющих одновременно передавать десятки и сотни разговоров. Была разработана специальная технология для создания так называемых **первичных, или опорных, сетей**. Такие сети не предоставляют услуг конечным пользователям, они являются фундаментом, на котором строятся скоростные цифровые каналы «точка-точка», соединяющие оборудование других, так называемых **наложенных сетей**, которые уже работают на конечного пользователя.

- ▶ Сначала технология первичных сетей была исключительно внутренней технологией телефонных компаний. Однако со временем эти компании стали сдавать часть своих цифровых каналов, образованных в первичных сетях, в аренду предприятиям, которые использовали их для создания собственных телефонных и глобальных компьютерных сетей. Сегодня первичные сети обеспечивают скорости передачи данных до сотен гигабит (а в некоторых случаях до нескольких терабит) в секунду и густо покрывают территории всех развитых стран.
- ▶ К настоящему времени глобальные сети по разнообразию и качеству предоставляемых услуг догнали локальные сети, которые долгое время лидировали в этом отношении, хотя и появились на свет значительно позже.

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 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).

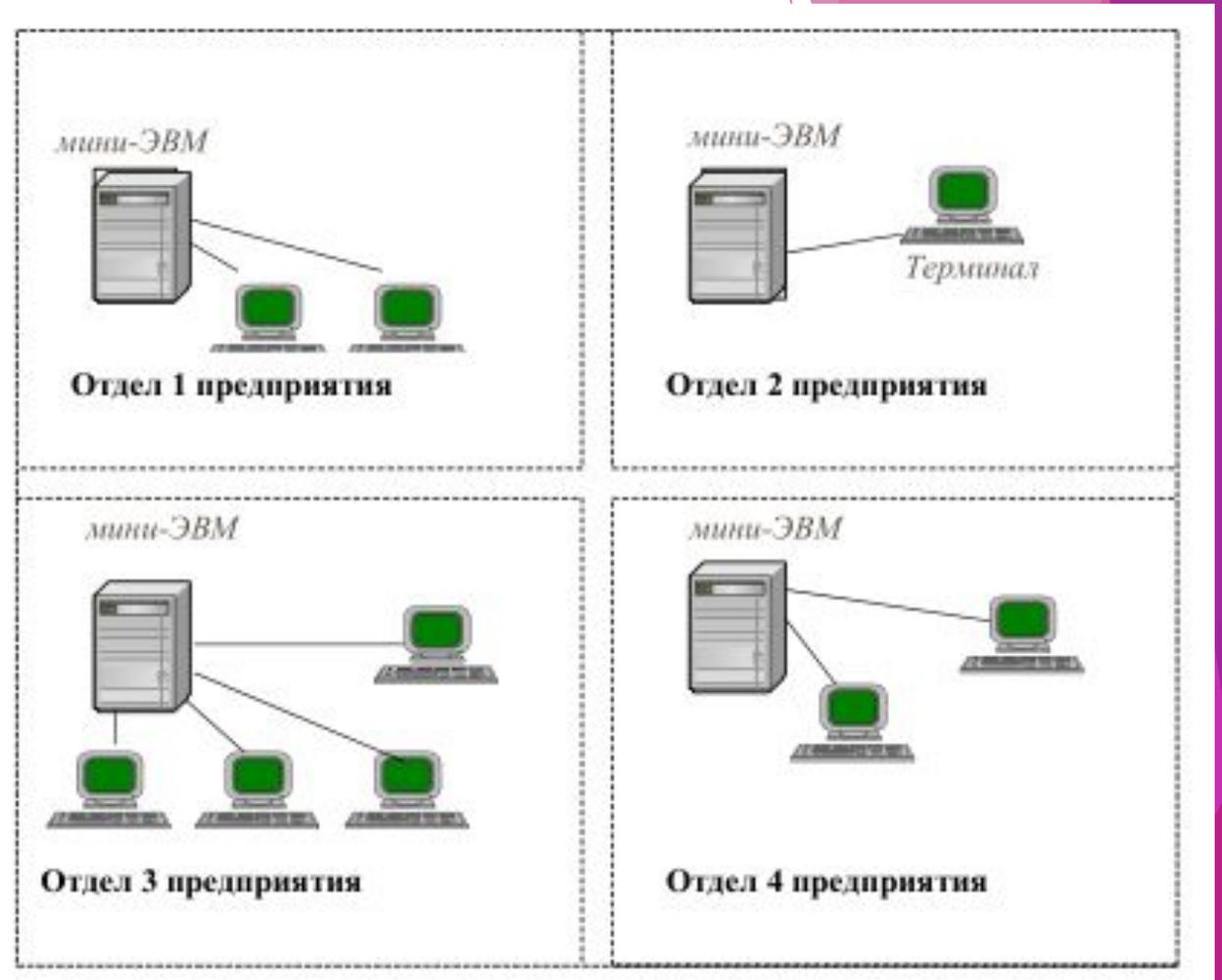


Рис. 1.4. Автономное использование нескольких мини-компьютеров на одном предприятии

- ▶ Шло время, и потребности пользователей вычислительной техники росли. Их уже не
- ▶ Удовлетворяла изолированная работа на собственном компьютере, им хотелось в автоматическом режиме обмениваться компьютерными данными с пользователями других подразделений. Ответом на эту потребность стало появление первых локальных вычислительных сетей (рис. 1.5).

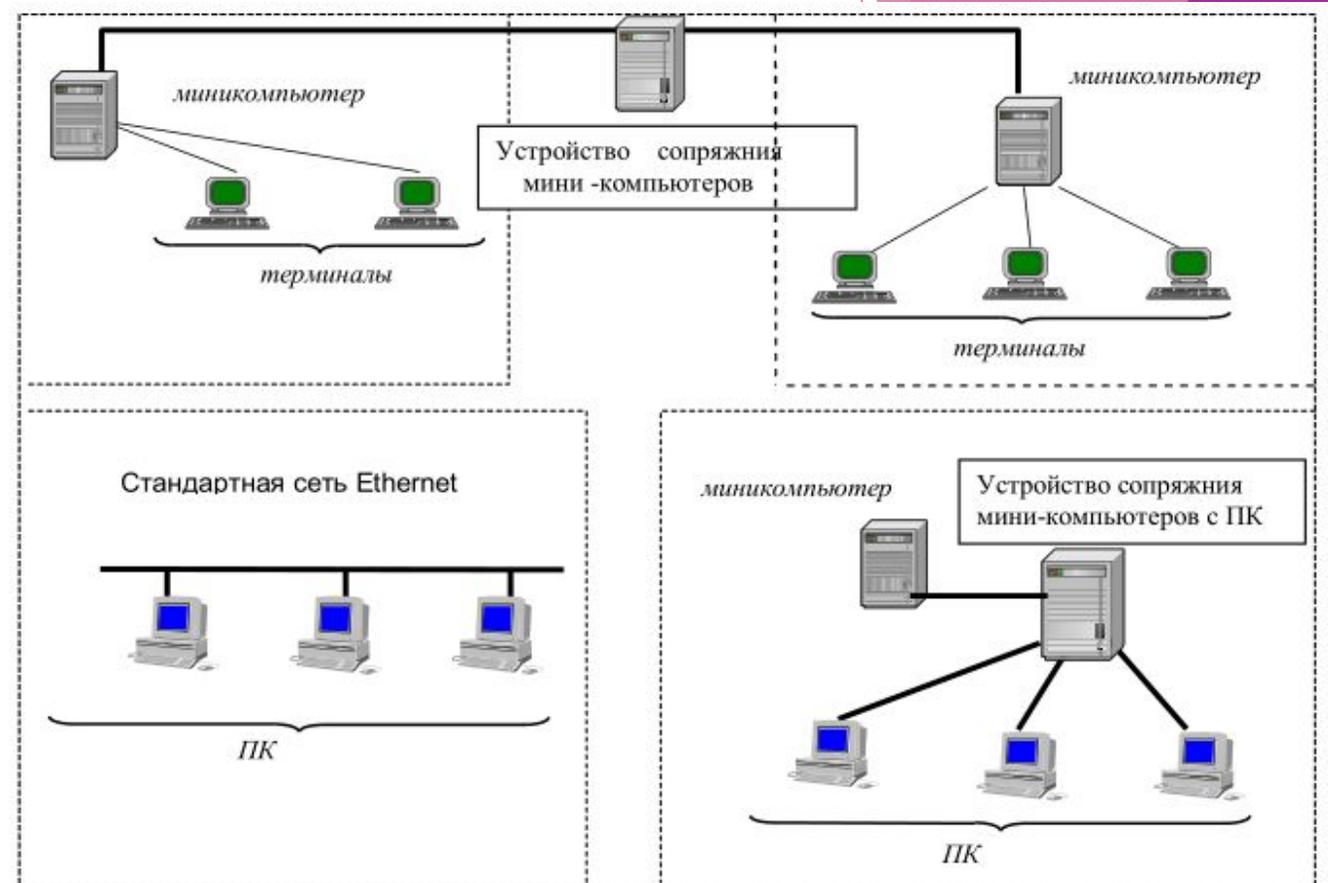


Рис. 1.5. Различные типы связей в первых локальных сетях

- ▶ **Локальные сети (Local Area Network, LAN)** - объединение компьютеров, сосредоточенных на небольшой территории, обычно в радиусе не более 1-2 км, хотя в отдельных случаях локальная сеть может иметь и более протяженные размеры, например, несколько десятков километров. В общем случае 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) и 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 мэйнфреймом IBM 360.
- ▶ 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 для 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 мэйнфреймы.

- ▶ 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 значительно упростили процесс построения локальной сети. Для создания сети достаточно было приобрести стандартный кабель, сетевые адаптеры соответствующего стандарта, например Ethernet, вставить адаптеры в компьютеры, присоединить их к кабелю стандартными разъемами.
- ▶ Последствием и одновременно движущей силой прогресса локальных сетей стало появление огромного числа непрофессиональных пользователей, освобожденных от необходимости изучать специальные (и достаточно сложные) команды для сетевой работы.

- ▶ Главным образом, это связано с использованием в локальных сетях качественных кабельных линий связи, на которых даже сетевые адаптеры первого поколения обеспечивали скорость передачи данных до 10 Мбит/с. При небольшой протяженности, свойственной локальным сетям, стоимость таких линий связи была вполне приемлемой. Поэтому экономное расходование пропускной способности каналов, одна из основных задач технологий первых глобальных сетей, никогда не выходило на первый план при разработке протоколов локальных сетей.
- ▶ Конец 90-х выявил явного лидера среди технологий локальных сетей - семейство Ethernet, в которое вошли классическая технология Ethernet 10Мбит/с, а также Fast Ethernet 100Мбит/с и Gigabit Ethernet 1000 Мбитс

- ▶ Простые алгоритмы работы predeterminedелили 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. Важно также, что все технологии Ethernet очень близки друг к другу по принципам работы, что упрощает обслуживание и интеграцию этих сетей.
- ▶ Хронологическую последовательность важнейших событий, ставших историческими вехами на пути появления первых компьютерных сетей, иллюстрирует табл. 1.1.

Таблица 1.1. Хронология важнейших событий на пути появления первых компьютерных сетей

Этап	Время
Первые глобальные связи компьютеров, первые эксперименты с пакетными сетями	Конец 60-х
Начало передач по телефонным сетям голоса в цифровой форме	Конец 60-х
Появление больших интегральных схем. первые мини-компьютеры. Первые нестандартные локальные сети	Начало 70-х
Стандартизация технологии X.25	1974
Появление персональных компьютеров, создание Интернета в современном виде, установка на всех узлах стека TCP/IP	Начало 80-х
Появление стандартных технологий локальных сетей (Ethernet - 1984 г., Token Ring - 1985 г., FDDI -1989 г)	Середина 80-х
Начало коммерческого использования Интернета	Конец 80-х
Изобретение Web	1991

Сближение 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 качественных линий связи.
- ▶ **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** в то время была существенно выше, чем в глобальных.

- ▶ **Разнообразие услуг.** Высокие скорости обмена данными позволили предоставлять в локальных сетях широкий спектр услуг – это, прежде всего, разнообразные механизмы использования файлов, хранящихся на дисках других компьютеров сети, совместное использование устройств печати, модемов, факсов, доступ к единой базе данных, электронная почта и др. 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 типами сетевых технологий стали сглаживаться. Изолированные ранее локальные сети начали объединять друг с другом, при этом в качестве связующей среды использовались глобальные сети. Тесная интеграция локальных и глобальных сетей привела к значительному взаимопроникновению соответствующих технологий.

- ▶ Сближение в методах передачи данных происходит на платформе цифровой передачи данных по волоконно-оптическим линиям связи. Эту среду передачи данных используют практически все технологии локальных сетей для скоростного обмена информацией на расстояниях свыше 100 метров, на ней же построены современные 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 компьютерных 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 графика, например, голосового.

- ▶ Эти изменения нашли отражение в новых технологиях глобальных сетей, таких как Frame Relay и АТМ. В этих сетях предполагается, что искажение битов происходит настолько редко, что ошибочный пакет выгоднее просто уничтожить, а вес проблемы, связанные с его потерей, перепоручить программному обеспечению более высокого уровня, которое непосредственно не входит в состав сетей Frame Relay и АТМ.
- ▶ Большой вклад в сближение локальных и глобальных сетей внесло доминирование протокола IP. Этот протокол сегодня работает поверх любых технологий локальных и глобальных сетей (Ethernet, Token Ring, АТМ, Frame Relay), объединяя различные подсети в единую составную сеть (Интернет).

- ▶ 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, ставшая основным поставщиком информации в Интернете. Ее интерактивные возможности превзошли возможности многих аналогичных служб локальных сетей, так что разработчикам 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).**

- ▶ В локальных сетях в последнее время уделяется такое же большое внимание методам обеспечения защиты информации, как и в глобальных. Это обусловлено тем, что локальные сети перестали быть изолированными, чаще всего они имеют выход в «большой мир» через глобальные связи.
- ▶ И, наконец, появляются новые технологии, изначально предназначенные для обоих видов сетей. Ярким представителем нового поколения технологий является технология АТМ, которая может служить основой как глобальных, так и локальных сетей, эффективно объединяя все существующие типы трафика в одной транспортной сети.
- ▶ 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 Networks, MAN), предназначены для обслуживания территории крупного города.**

- ▶ Другим примером является семейство технологий Ethernet. имеющее явные «локальные» корни. Новый стандарт Ethernet 100G, позволяющий передавать данные со скоростью 100 Гбит/с, предназначен для магистралей как глобальных, так и крупных локальных сетей.
- ▶ Эти сети используют цифровые линии связи, часто оптоволоконные, со скоростями на магистрали от 155 Мбит/с и выше. Они обеспечивают экономичное соединение локальных сетей между собой, а также выход и 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 и офисные АТС.

Конвергенция компьютерных и телекоммуникационных сетей

- ▶ С каждым годом усиливается тенденция сближения компьютерных и телекоммуникационных сетей разных видов. Предпринимаются попытки создания универсальной, так называемой **мультисервисной** сети, способной предоставлять услуги как компьютерных, так и телекоммуникационных сетей.
- ▶ К телекоммуникационным сетям относятся телефонные сети, радиосети и телевизионные сети. Главное, что объединяет их с компьютерными сетями, — то, что в качестве ресурса, предоставляемого клиентам, **выступает информация**. Однако эти сети, как правило, представляют информацию в разном виде. Так, изначально компьютерные сети разрабатывались для передачи алфавитно-цифровой информации, которую часто называют просто данными, в результате у компьютерных сетей имеется и другое название — **сети передачи данных**, в то время как телефонные сети и радиосети были созданы для передачи только голосовой информации, а телевизионные сети передают и голос, и изображение.

- ▶ Несмотря на это, конвергенция телекоммуникационных и компьютерных сетей идет по нескольким направлениям.
- ▶ Прежде всего, наблюдается *сближение видов услуг*, предоставляемых клиентам. Первая и не очень успешная попытка создания мультисервисной сети, способной оказывать различные услуги, в том числе услуги телефонии и передачи данных, привела к появлению технологии **цифровых сетей с интегрированным обслуживанием** (Integrated Services Digital Network, ISDN). Однако на практике ISDN предоставляет сегодня в основном телефонные услуги. Сегодня на роль **глобальной мультисервисной сети нового поколения**, претендует Интернет. Наибольшую привлекательность сейчас представляют собой новые виды комбинированных услуг, в которых сочетаются несколько традиционных услуг, например, услуга **универсальной службы сообщений**, объединяющей электронную почту, телефонию, факсимильную службу и пейджинговую связь. Наибольших успехов на практическом поприще достигла IP-телефония, услугами которой прямо или косвенно сегодня пользуются миллионы людей. Однако для того, чтобы стать мультисервисной сетью, Интернету еще предстоит пройти большой путь.

- ▶ **Технологическое сближение** сетей происходит сегодня на основе цифровой передачи информации различного типа, метода коммутации пакетов и программирования услуг. Телефония уже давно сделала ряд шагов навстречу компьютерным сетям, прежде всего, за счет представления голоса в цифровой форме, что делает принципиально возможным передачу телефонного и компьютерного трафика по одним и тем же цифровым каналам (телевидение также может сегодня передавать изображение в цифровой форме). Телефонные сети широко используют комбинацию методов коммутации каналов и 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.

- ▶ **Дополнительные услуги телефонных сетей, такие как переадресация вызова, конференц-связь, телеголосование и другие, могут создаваться с помощью, так называемой интеллектуальной сети (Intelligent Network, IN), по своей сути являющейся компьютерной сетью с серверами, на которых программируется логика услуг.**
- ▶ Сегодня пакетные методы коммутации постепенно теснят традиционные для телефонных сетей методы коммутации каналов 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. Другой веской причиной перехода к коммутации пакетов является популярность Интернета – сети, построенной на основе данной технологии.

- ▶ Использование коммутации пакетов для одновременной передачи через пакетные сети разнородного трафика – голоса, видео и текста – сделало актуальной разработку новых методов обеспечения требуемого качества обслуживания (**Quality of Service, QoS**). Методы QoS призваны минимизировать уровень задержек для чувствительного к ним трафика, например голосового, и одновременно гарантировать среднюю скорость и динамичную передачу пульсаций для трафика данных.
- ▶ Однако неверно было бы говорить, что методы коммутации каналов морально устарели и у них нет будущего. На новом витке спирали развития они находят свое применение, но уже в новых технологиях.
- ▶ Компьютерные сети тоже многое позаимствовали у телефонных и телевизионных сетей. В частности они берут на вооружение методы обеспечения отказоустойчивости телефонных сетей, за счет которых последние демонстрируют высокую степень надежности, так недостающую порой Интернету и корпоративным сетям.

- ▶ Сегодня становится все более очевидным, что мультисервисная сеть нового поколения не может быть создана в результате «победы» какой-нибудь одной технологии или подхода. Ее может породить только процесс конвергенции, когда от каждой технологии будет взято все самое лучшее и соединено в некоторый новый сплав, который и даст требуемое качество для поддержки существующих и создания новых услуг.
- Взамен термина мультисервисная сеть появился новый термин – инфокоммуникационная сеть, который прямо говорит о двух составляющих современной сети - информационной (компьютерной) и телекоммуникационной.**

Выводы

- ▶ Компьютерные сети стали логическим результатом эволюции компьютерных и телекоммуникационных технологий. С одной стороны, они являются частным случаем
- ▶ распределенных компьютерных систем, а с другой стороны, 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.
- ▶ Классифицируя сети по территориальному признаку, различают глобальные (WAN), локальные (LAN) и городские (MAN) сети.
- ▶ Хронологически первыми появились сети WAN. Они объединяют компьютеры, рассредоточенные на расстоянии сотен и тысяч километров. Первые глобальные компьютерные сети очень многое унаследовали от телефонных сетей. В них часто использовались уже существующие и не очень качественные линии связи, что приводило к низким скоростям передачи данных и ограничивало набор предоставляемых услуг: передачей файлов в фоновом режиме и электронной почтой.

- ▶ Сети LAN ограничены расстояниями в несколько километров; они строятся с использованием высококачественных линий связи, которые позволяют, применяя более простые методы передачи данных, чем в глобальных сетях, достигать высоких скоростей обмена данными до нескольких гигабитов в секунду. Услуги предоставляются в режиме подключения и отличаются разнообразием.
- ▶ Сети MAN предназначены для обслуживания территории крупного города. При достаточно больших расстояниях между узлами (десятки километров) они обладают качественными линиями связи и поддерживают высокие скорости обмена. Сети MAN обеспечивают экономичное соединение локальных сетей между собой, а также доступ к глобальным сетям.
- ▶ Важнейший этап в развитии сетей – появление стандартных сетевых технологий; Ethernet, FDDI, Token Ring и др., позволяющих быстро и эффективно объединить компьютеры различных типов

- ▶ В конце 80-х годов локальные и глобальные сети имели существенные отличия по протяженности и качеству линий связи, сложности методов передачи данных, скорости обмена данными, разнообразию предоставляемых услуг и масштабируемости. В дальнейшем в результате тесной интеграции LAN, WAN и MAN произошло взаимопроникновение соответствующих технологий
- ▶ Тенденция сближения различных типов сетей характерна не только для локальных и глобальных компьютерных сетей, но и для телекоммуникационных сетей других типов: телефонных сетей, радиосетей, телевизионных сетей. В настоящее время ведутся активные работы по созданию универсальных мультисервисных сетей, способных одинаково эффективно передавать информацию любого типа: данные, голос и видео.

Вопросы и задания

- ▶ Какие свойства многотерминальной системы отличают ее от компьютерной сети?
- ▶ Когда впервые были получены значимые практические результаты по объединению компьютеров с помощью глобальных связей?
- ▶ Что такое ARPANET?
- ▶ Какое из этих событий произошло позже других:
 - ▶ изобретение Web;
 - ▶ появление стандартных технологии LAN;
 - ▶ начало передачи голоса в цифровой форме по телефонным сетям.
- ▶ Какое событие послужило стимулом к активизации работ по созданию LAN?
- ▶ Когда была стандартизована технология Ethernet? Token Ring? FDDI?
- ▶ По каким направлениям идет сближение компьютерных и телекоммуникационных сетей.