

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Ивановский государственный химико-технологический университет

С.В. Ситанов, С.С.Алаева

Компьютерные сети

Учебное пособие

Иваново 2010

УДК 681.3

Ситанов С.В., Алаева С.С. Компьютерные сети: учеб. пособие / Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2010. – 134 с.

Учебное пособие посвящено изучению основ построения современных информационных вычислительных сетей.

Рассмотрены основные проблемы построения компьютерных сетей, даны основные понятия и термины. Подробно рассмотрены основные базовые технологии построения сетей, а также указаны принципы для их модернизации и совершенствования в рамках сложных корпоративных задач.

Дано понятие «открытой системы» (модель OSI) и рассмотрена с ее точки зрения работа современной сети. Однако наиболее подробно были затронуты уровни этой модели, непосредственно связанные со структурой сети (сетезависимые уровни: физический, канальный и сетевой).

Рекомендуется для студентов, обучающихся по направлению «Информационные системы и технологии», а также будет полезно для желающих познакомиться с основными принципами построения современных компьютерных сетей.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Ивановского государственного химико-технологического университета.

Рецензенты:

кафедра математики, экономической теории и вычислительной техники Ивановского филиала Российского государственного торгово-экономического университета;

ст. преподаватель кафедры вычислительной и прикладной математики Ивановского государственного университета Д.В. Туртин.

Ситанов С.В., Алаева С.С., 2010
© Ивановский государственный
химико-технологический
университет, 2010

ВВЕДЕНИЕ

Информационные технологии давно вошли в нашу повседневную жизнь. Одним из таких аспектов является наличие персональных компьютеров, что в свою очередь дало мощный импульс для развития компьютерных сетей и Интернета в частности.

Концепция вычислительных сетей является логическим результатом эволюции компьютерной технологии. Первые компьютеры 50-х годов (мэйнфреймы) – большие, громоздкие и дорогие – предназначались для очень небольшого числа избранных пользователей. Они не были предназначены для интерактивной работы, а использовались в режиме пакетной обработки. По мере удешевления процессоров в начале 60-х годов появились новые способы организации вычислительного процесса. Появились «многотерминальные системы разделения времени», в которых один компьютер отдавался в распоряжение сразу нескольким пользователям. Каждый из них получал в свое распоряжение терминал, с помощью которого он вел диалог с компьютером. Терминалы быстро вышли за пределы вычислительного центра и рассредоточились по всему предприятию. Хотя вычислительные возможности оставались централизованные, функции ввода и вывода стали распределенными.

В начале 70-х годов с появлением больших интегральных схем (БИС) стали внедряться мини-ЭВМ. Их особенностью стало то, что несколько таких компьютеров могли гораздо быстрее решить огромный спектр задач, чем один мэйнфрейм, даже с очень высокой производительностью. Именно в этот момент окончательно назрела потребность в передаче информации от одного компьютера другому. Так появились первые локальные вычислительные сети. Вначале для соединения компьютеров использовались нестандартные устройства со своим способом представления данных на линиях связи, своими типами кабелей и т.д.

В середине 80-х годов положение дел кардинально изменилось. Были утверждены стандартные технологии объединения компьютеров в сеть – Ethernet, Arcnet, Token Ring и другие. Мощным стимулом для их развития послужили персональные компьютеры. Они явились идеальной платформой для построения сетей – с одной стороны достаточно мощные для работы сетевого программного обеспечения, а с другой – явно нуждались в объединении для решения достаточно сложных задач, а также для совместного использования дорогих периферийных устройств и дисковых массивов.

Стандартные сетевые технологии сильно облегчили процесс построения вычислительной сети. Для ее создания достаточно было приобрести сетевые адаптеры соответствующего стандарта, стандартный кабель, присоединить адаптер к кабелю стандартными разъемами и установить на компьютере одну из сетевых операционных систем. После этого сеть начинает работать, и подключение нового узла не будет вызывать никаких проблем.

Именно структура таких технологий и принципы их работы будут рассмотрены в данном учебном пособии.

1. ОБЩИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

1.1. Вычислительные сети – частный случай распределенных систем

Компьютерные сети относятся к распределенным (или децентрализованным) вычислительным системам, поскольку основным признаком распределенной вычислительной системы является наличие нескольких центров обработки данных.

В вычислительных сетях программные и аппаратные связи являются слабыми, а 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. Каждый компьютер работает под управлением собственной операционной системы, а какая-либо «общая» операционная система, распределяющая работу между компьютерами сети, отсутствует. Взаимодействие между компьютерами сети происходит за счет передачи сообщений через сетевые адаптеры и каналы связи. С помощью этих сообщений один компьютер обычно запрашивает доступ к локальным ресурсам другого компьютера. Такими ресурсами могут быть как данные, хранящиеся на диске, так и разнообразные периферийные устройства — принтеры, модемы, факс-аппараты и т. д. Разделение локальных ресурсов каждого компьютера между всеми пользователями сети — основная цель создания вычислительной сети.

Но для построения сети недостаточно снабдить компьютеры сетевыми адаптерами и соединить их кабельной системой. Необходимы еще некоторые добавления к операционным системам этих компьютеров. На тех компьютерах, ресурсы которых должны быть доступны всем пользователям сети, необходимо добавить модули, которые постоянно будут находиться в режиме ожидания запросов, поступающих по сети от других компьютеров. Такие модули называются программными *серверами* (*server*). На компьютерах, пользователи которых хотят получать доступ к ресурсам других компьютеров, добавляются программные модули, которые вырабатывают запросы на доступ к удаленным ресурсам и передают их по сети на нужный компьютер. Такие модули называют программными *клиентами* (*client*). Собственно же сетевые адаптеры и каналы связи решают в сети достаточно простую задачу — они передают сообщения с запросами и ответами от одного компьютера к другому, а основную работу по организации совместного использования ресурсов выполняют клиентские и серверные части операционных систем.

Пара модулей «клиент - сервер» обеспечивает совместный доступ пользователей к определенному типу ресурсов, например к файлам. В этом случае говорят, что пользователь имеет дело с файловой *службой* (*service*). Обычно сетевая операционная система поддерживает несколько видов сетевых служб для

своих пользователей — файловую, службу печати, электронной почты, службу удаленного доступа и т. п.

Термины «клиент» и «сервер» используются не только для обозначения программных модулей, но и компьютеров, подключенных к сети. Если компьютер предоставляет свои ресурсы другим компьютерам сети, то он называется сервером, а если он их потребляет — клиентом. Иногда один и тот же компьютер может одновременно играть роли и сервера, и клиента. Это наиболее ярко проявляется в *одноранговых сетях*, где каждый компьютер сети равнозначен.

Вычислительная сеть — это сложный комплекс взаимосвязанных и согласованно функционирующих программных и аппаратных компонентов. Изучение сети в целом предполагает знание принципов работы ее отдельных элементов:

- компьютеров;
- коммуникационного оборудования;
- операционных систем;
- сетевых приложений.

Весь комплекс программно-аппаратных средств сети может быть описан многослойной моделью. В основе любой сети лежит аппаратный слой стандартизованных компьютерных платформ. В настоящее время в сетях широко и успешно применяются компьютеры различных классов — от персональных компьютеров до мэйнфреймов и суперЭВМ. Набор компьютеров в сети должен соответствовать набору разнообразных задач, решаемых сетью.

Второй слой — это коммуникационное оборудование. Хотя компьютеры и являются центральными элементами обработки данных в сетях, в последнее время не менее важную роль стали играть коммуникационные устройства. Кабельные системы, повторители, мосты, коммутаторы, маршрутизаторы и модульные концентраторы из вспомогательных компонентов сети превратились в основные. Сегодня коммуникационное устройство может представлять собой сложный специализированный мультипроцессор, который нужно конфигурировать, оптимизировать и администрировать. Изучение принципов работы коммуникационного оборудования требует знакомства с большим количеством протоколов, используемых как в локальных, так и глобальных сетях.

Третьим слоем, образующим программную платформу сети, являются операционные системы (ОС). От того, какие концепции управления локальными и распределенными ресурсами положены в основу сетевой ОС, зависит эффективность работы всей сети. При проектировании сети важно учитывать, насколько просто данная операционная система может взаимодействовать с другими ОС сети, насколько она обеспечивает безопасность и защищенность данных, до какой степени она позволяет наращивать число пользователей, можно ли перенести ее на компьютер другого типа и многие другие соображения.

Самым верхним слоем сетевых средств являются различные сетевые приложения, такие как сетевые базы данных, почтовые системы, средства архиви-

рования данных, системы автоматизации коллективной работы и др. Очень важно представлять диапазон возможностей, предоставляемых приложениями для различных областей применения, а также знать, насколько они совместимы с другими сетевыми приложениями и операционными системами.

Основным преимуществом распределенных систем (а значит, и сетей) перед централизованными системами является их способность выполнять параллельные вычисления. За счет этого в системе с несколькими обрабатывающими узлами может быть достигнута производительность, превышающая максимально возможную на данный момент производительность любого отдельного, сколь угодно мощного процессора. Распределенные системы потенциально имеют лучшее соотношение производительность-стоимость, чем централизованные системы.

Еще одно очевидное и важное достоинство распределенных систем — это их более высокая отказоустойчивость. Под отказоустойчивостью понимается способность системы выполнять свои функции при отказах отдельных элементов аппаратуры и неполной доступности данных. Основой повышенной отказоустойчивости распределенных систем является избыточность. Избыточность обрабатывающих узлов позволяет при отказе одного узла переназначать приписанные ему задачи на другие узлы. С этой целью в распределенной системе могут быть предусмотрены процедуры динамической или статической реконфигурации.

Для пользователя, кроме выше названных, распределенные системы дают еще и такие преимущества, как возможность совместного использования данных и внешних устройств, а также возможность гибкого распределения работ по всей системе. Разделение дорогостоящих периферийных устройств — таких как дисковые массивы большой емкости, цветные принтеры, графопостроители, модемы, оптические диски — во многих случаях является основной причиной развертывания сети на предприятии.

Однако в последнее время причиной развертывания сетей стало стремление обеспечить сотрудникам оперативный доступ к обширной корпоративной информации.

Конечно, вычислительные сети имеют и свои проблемы. Они связаны с организацией эффективного взаимодействия отдельных частей распределенной системы.

Во-первых, это сложности, связанные с программным обеспечением — операционными системами и приложениями. Программирование для распределенных систем принципиально отличается от программирования для централизованных систем. Так, сетевая операционная система, выполняя в общем случае все функции по управлению локальными ресурсами компьютера, сверх того решает многочисленные задачи по предоставлению сетевых служб. Разработка сетевых приложений осложняется из-за необходимости организовать совместную работу их частей, выполняющихся на разных машинах. Много забот доставляет обеспечение совместимости программного обеспечения.

Во-вторых, много проблем связано с транспортировкой сообщений по каналам связи между компьютерами. Основные задачи здесь — обеспечение надежности (чтобы передаваемые данные не терялись и не искажались) и производительности (чтобы обмен данными происходил с приемлемыми задержками). В структуре общих затрат на вычислительную сеть расходы на решение транспортных вопросов составляют существенную часть, в то время как в централизованных системах эти проблемы полностью отсутствуют.

В-третьих, это вопросы, связанные с обеспечением безопасности, которые гораздо сложнее решаются в вычислительной сети, чем в централизованной системе. В некоторых случаях, когда безопасность особенно важна, от использования сети лучше вообще отказаться.

1.2. Основные проблемы построения сетей

В вычислительной технике для представления данных используется двоичный код. Внутри компьютера единицам и нулям данных соответствуют дискретные электрические сигналы. Представление данных в виде электрических или оптических сигналов называется кодированием. Существуют различные способы кодирования двоичных цифр 1 и 0, например, потенциальный способ, при котором единице соответствует один уровень напряжения, а нулю — другой, или импульсный способ, когда для представления цифр используются импульсы различной или одной полярности.

В вычислительных сетях применяют как потенциальное, так и импульсное кодирование дискретных данных, а также специфический способ представления данных, который никогда не используется внутри компьютера, — модуляцию (рис.1). При модуляции дискретная информация представляется синусоидальным сигналом той частоты, которую хорошо передает линия связи.

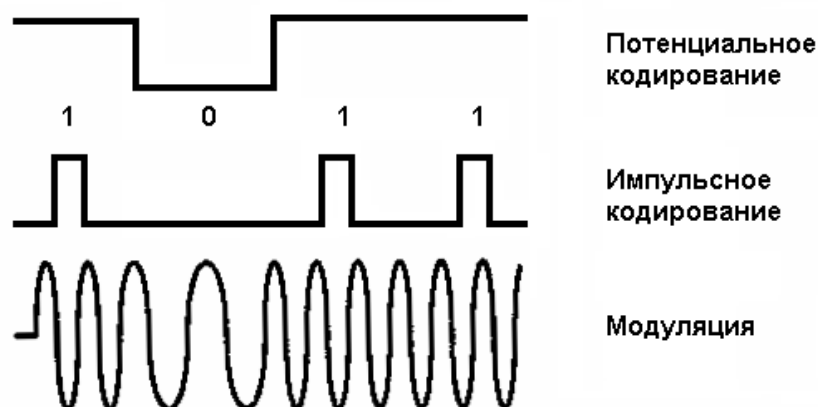


Рис. 1. Примеры представления дискретной информации

Потенциальное или импульсное кодирование применяется на каналах высокого качества, а модуляция на основе синусоидальных сигналов предпочтительнее в том случае, когда канал вносит сильные искажения в передаваемые сигналы. Обычно модуляция используется в глобальных сетях при передаче

данных через аналоговые телефонные каналы связи, которые были разработаны для передачи голоса в аналоговой форме и поэтому плохо подходят для непосредственной передачи импульсов.

Для сокращения стоимости линий связи в сетях обычно стремятся к сокращению количества проводов и из-за этого используют не параллельную передачу всех бит одного байта или даже нескольких байт, как это делается внутри компьютера, а последовательную, побитную передачу, требующую всего одной пары проводов.

Еще одной проблемой, которую нужно решать при передаче сигналов, является проблема взаимной синхронизации передатчика одного компьютера с приемником другого. Проблема *синхронизации* при связи компьютеров может решаться разными способами, как с помощью обмена специальными тактовыми синхроимпульсами по отдельной линии, так и с помощью периодической синхронизации заранее обусловленными кодами или импульсами характерной формы, отличающейся от формы импульсов данных.

Несмотря на предпринимаемые меры — выбор соответствующей скорости обмена данными, линий связи с определенными характеристиками, способа синхронизации приемника и передатчика, — существует вероятность искажения некоторых бит передаваемых данных. Для повышения надежности передачи данных между компьютерами часто используется стандартный прием — подсчет *контрольной суммы* и передача ее по линиям связи после каждого байта или после некоторого блока байтов. Часто в протокол обмена данными включается как обязательный элемент *сигнал-квитанция*, который подтверждает правильность приема данных и посылается от получателя отправителю.

Задачи надежного обмена сигналами в вычислительных сетях решает определенный класс оборудования. В локальных сетях это сетевые адаптеры, а в глобальных сетях — аппаратура передачи данных, к которой относятся устройства, выполняющие модуляцию и демодуляцию дискретных сигналов, — модемы. Это оборудование кодирует и декодирует каждый информационный бит, синхронизирует передачу электромагнитных сигналов по линиям связи, проверяет правильность передачи по контрольной сумме и может выполнять некоторые другие операции. Сетевые адаптеры рассчитаны на работу с определенной *передающей средой* — коаксиальным кабелем, витой парой, оптоволокном и т. п. Каждый тип передающей среды обладает определенными электрическими характеристиками, влияющими на способ использования данной среды, и определяет скорость передачи сигналов, способ их кодирования и некоторые другие параметры.

При объединении в сеть трех и более компьютеров возникает целый комплекс новых проблем.

В первую очередь необходимо выбрать способ организации физических связей, то есть *топологию*. Под топологией вычислительной сети понимается конфигурация графа, вершинам которого соответствуют компьютеры сети (иногда и другое оборудование, например концентраторы), а ребрам — физиче-

ские связи между ними. Компьютеры, подключенные к сети, часто называют **станциями** или **узлами сети**.

Необходимо заметить, что конфигурация физических связей определяется электрическими соединениями компьютеров между собой и может отличаться от конфигурации логических связей между узлами сети. Логические связи представляют собой маршруты передачи данных между узлами сети и образуются путем соответствующей настройки коммуникационного оборудования.

Полносвязная топология (рис. 2, а) соответствует сети, в которой каждый компьютер сети связан со всеми остальными. Несмотря на логическую простоту, этот вариант оказывается громоздким и неэффективным, поскольку для каждой пары компьютеров должна быть выделена отдельная электрическая линия связи. Полносвязные топологии применяются в основном в многомашиных комплексах или глобальных сетях при небольшом количестве компьютеров.

Все другие варианты основаны на *неполносвязных* топологиях, когда для обмена данными между двумя компьютерами может потребоваться промежуточная передача данных через другие узлы сети.

Ячеистая топология (*mesh*) получается из полносвязной путем удаления некоторых возможных связей (рис. 2, б). В сети с ячеистой топологией непосредственно связываются только те компьютеры, между которыми происходит интенсивный обмен данными, а для обмена данными между компьютерами, не соединенными прямыми связями, используются транзитные передачи через промежуточные узлы. Ячеистая топология допускает соединение большого количества компьютеров и характерна, как правило, для глобальных сетей.

Общая шина (рис. 2, в) является очень распространенной (а до недавнего времени самой распространенной) топологией для локальных сетей. В этом случае компьютеры подключаются к одному коаксиальному кабелю по схеме «монтажного ИЛИ». Передаваемая информация может распространяться в обе стороны. Применение общей шины снижает стоимость проводки, унифицирует подключение различных модулей, обеспечивает возможность почти мгновенного широковещательного обращения ко всем станциям сети. Таким образом, основными преимуществами такой схемы являются дешевизна и простота разводки кабеля по помещениям. Самый серьезный недостаток общей шины заключается в ее низкой надежности: любой дефект кабеля или какого-нибудь из многочисленных разъемов полностью парализует всю сеть. Другим недостатком общей шины является ее невысокая производительность, так как при таком способе подключения в каждый момент времени только один компьютер может передавать данные в сеть. Поэтому пропускная способность канала связи всегда делится здесь между всеми узлами сети.

Топология **звезда** (рис. 2, г). В этом случае каждый компьютер подключается отдельным кабелем к общему устройству, называемому концентратором, который находится в центре сети. В функции концентратора входит направление передаваемой компьютером информации одному или всем остальным компьютерам сети. Главное преимущество этой топологии перед общей шиной —

существенно большая надежность. Любые неприятности с кабелем касаются лишь того компьютера, к которому этот кабель присоединен, и только неисправность концентратора может вывести из строя всю сеть. Кроме того, концентратор может играть роль интеллектуального фильтра информации, поступающей от узлов в сеть, и при необходимости блокировать запрещенные администратором передачи. К недостаткам топологии типа звезда относится более высокая стоимость сетевого оборудования из-за необходимости приобретения концентратора. Кроме того, возможности по наращиванию количества узлов в сети ограничиваются количеством его портов. Иногда имеет смысл строить сеть с использованием нескольких концентраторов, иерархически соединенных между собой связями типа звезда (рис. 2, д). В настоящее время такая **иерархическая звезда** или **древовидная топология** является самым распространенным типом топологии связей как в локальных, так и глобальных сетях.

В сетях с **кольцевой** конфигурацией (рис. 2, е) данные передаются по кольцу от одного компьютера к другому, как правило, в одном направлении. Если компьютер распознает данные как «свои», то он копирует их себе во внутренний буфер. В сети с кольцевой топологией необходимо принимать специальные меры, чтобы в случае выхода из строя или отключения какой-либо станции не прервался канал связи между остальными станциями. Кольцо представляет собой очень удобную конфигурацию для организации обратной связи — данные, сделав полный оборот, возвращаются к узлу-источнику. Часто это свойство кольца используется для тестирования сети и поиска узла, работающего некорректно. Для этого в сеть посылаются специальные тестовые сообщения.

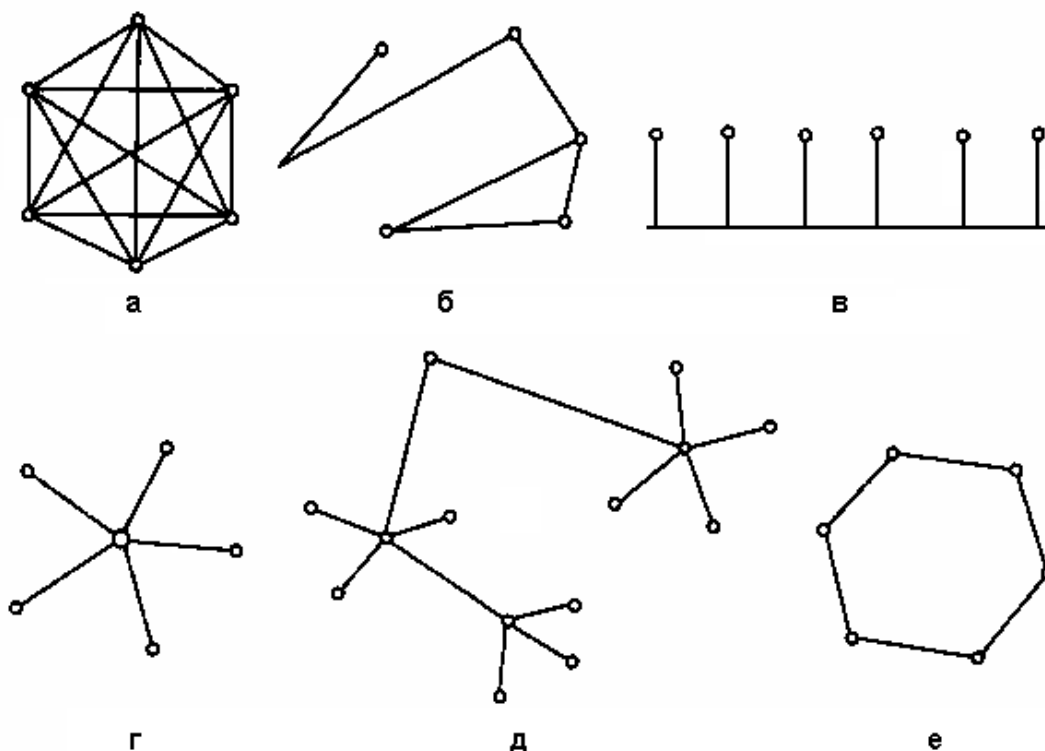


Рис. 2. Типовые топологии сетей