

### 38. Принципы построения сетей. Коммуникационное оборудование

Автор: Александр  
26.08.2014 15:45

---

Вычислительные сети явились результатом эволюции компьютерных технологий.

**Вычислительная сеть** – это совокупность компьютеров, соединенных линиями связи. Линии связи образованы кабелями, сетевыми адаптерами и другими коммуникационными устройствами. Все сетевое оборудование работает под управлением системного и прикладного программного обеспечения.

**Основная цель** сети состоит в обеспечении пользователям потенциальной возможности совместного использования ресурсов всех компьютеров.

Вычислительная сеть – это одна из разновидностей распределенных систем, достоинством которых является возможность распараллеливания вычислений, за счет чего может быть достигнуто повышение производительности и отказоустойчивости системы.

Важнейший этап в развитии сетей – появление стандартных сетевых технологий типа Ethernet, позволяющих быстро и эффективно объединять компьютеры различных типов.

Использование вычислительных сетей дает предприятиям следующие возможности:

- разделение дорогостоящих ресурсов;
- совершенствование коммуникаций;
- улучшение доступа к информации;

## 38. Принципы построения сетей. Коммуникационное оборудование

Автор: Александр  
26.08.2014 15:45

---

- быстрое и качественное принятие решений;
- свободу в территориальном размещении компьютеров.

Из того, что протокол является соглашением, принятым двумя взаимодействующими объектами, в данном случае двумя работающими в сети компьютерами, совсем не следует, что он обязательно является стандартным. Но на практике при реализации сетей стремятся использовать стандартные протоколы. Это могут быть фирменные, национальные или международные стандарты.

В начале 80-х г. Прошлого века ряд международных организаций по стандартизации – ISO, ITU-T и некоторые другие – разработали модель, которая сыграла значительную роль в развитии сетей. Эта модель называется моделью взаимодействия открытых систем (Open System Interconnection, OSI) или моделью OSI. Модель OSI определяет различные уровни взаимодействия систем, дает им стандартные имена и указывает, какие функции должен выполнять каждый уровень. Данная модель была разработана на основании большого опыта, полученного при создании компьютерных сетей, в основном глобальных, в 70-е XX века. Полное описание этой модели занимает более 1000 страниц текста.

В модели OSI средства взаимодействия делятся на семь уровней: прикладной, представительный, сеансовый, транспортный, сетевой, канальный и физический. Каждый уровень имеет дело с одним определенным аспектом взаимодействия сетевых устройств.

Модель OSI описывает только системные средства взаимодействия, реализуемые операционной системой, системными утилитами, системными аппаратными средствами. Модель не включает средства взаимодействия приложений конечных пользователей. Свои собственные протоколы взаимодействия приложения реализуют, обращаясь к системным средствам. Поэтому необходимо различать уровень взаимодействия приложений и прикладной уровень.

Следует также иметь в виду, что приложение может взять на себя функции некоторых верхних уровней модели OSI. Например, некоторые СУБД имеют встроенные средства

## 38. Принципы построения сетей. Коммуникационное оборудование

Автор: Александр  
26.08.2014 15:45

---

удаленного доступа к файлам. В этом случае приложение, выполняя доступ к удаленным ресурсам, не использует системную файловую службу; оно обходит верхние уровни модели OSI и обращается напрямую к системным средствам, ответственным за транспортировку сообщений по сети, которые располагаются на нижних уровнях модели OSI.

Итак, пусть приложение обращается с запросом к прикладному уровню, например, к файловой службе. На основании этого запроса программное обеспечение прикладного уровня формирует сообщение стандартного формата. Обычное сообщение состоит из заголовка и поля данных. Заголовок содержит служебную информацию, которую необходимо передать через сеть прикладному уровню машины-адресата, чтобы сообщить ему, какую работу надо выполнить. В нашем случае заголовок, очевидно, должен содержать информацию о месте нахождения файла и о типе операции, которую необходимо над ним выполнить. Поле данных сообщения может быть пустым или содержать какие-либо данные, например, те, которые необходимо записать в удаленный файл. Но для того, чтобы доставить эту информацию по назначению, предстоит решить еще много задач, ответственность за которые несут нижележащие уровни.

После формирования сообщения прикладной уровень направляет его вниз по стеку представителю уровня. Протокол представительного уровня на основании информации, полученной из заголовка прикладного уровня, выполняет требуемые действия и добавляет к сообщению собственную служебную информацию – заголовок представительного уровня, в котором содержатся указания для протокола представительного уровня машины-адресата. Полученное в результате сообщение передается вниз сеансовому уровню, который, в свою очередь, добавляет свой заголовок, и т. д. (Некоторые реализации протоколов помещают служебную информацию не только в начале сообщения в виде заголовка, но и в конце, в виде так называемого «концевика».) Наконец, сообщение достигает нижнего, физического уровня, который, собственно, и передает его по линиям связи машине-адресату. К этому моменту сообщение «обрастает» заголовками всех уровней

Когда сообщение по сети поступает на машину - адресат, оно принимается ее физическим уровнем и последовательно перемещается вверх с уровня на уровень. Каждый уровень анализирует и обрабатывает заголовок своего уровня, выполняя соответствующие данному уровню функции, а затем удаляет этот заголовок и передает сообщение вышележащему уровню.

## 38. Принципы построения сетей. Коммуникационное оборудование

Автор: Александр  
26.08.2014 15:45

---

Наряду с термином «сообщение» (message) существуют и другие термины, применяемые сетевыми специалистами для обозначения единиц данных в процедурах обмена. В стандартах ISO для обозначения единиц данных, с которыми имеют дело протоколы разных уровней, используется общее название: «протокольный блок данных» (Protocol Data Unit, PDU). Для обозначения блоков данных определенных уровней часто используются специальные названия: кадр (frame), пакет (packet), дейтаграмма (datagram), сегмент (segment).

В модели OSI различаются два основных типа протоколов. В протоколах с установлением соединения (connection-oriented) перед обменом данными отправитель и получатель должны сначала установить соединение и, возможно, выбрать некоторые параметры протокола, которые они будут использовать при обмене данными. После завершения диалога они должны разорвать это соединение. Телефон – это пример взаимодействия, основанного на установлении соединения.

Вторая группа протоколов – протоколы без предварительного установления соединения (connectionless). Такие протоколы называются также дейтаграммными протоколами. Отправитель просто передает сообщение, когда оно готово. Опускание письма в почтовый ящик – это пример связи без предварительного установления соединения. При взаимодействии компьютеров используются протоколы обоих типов.

При объединении в сеть большого числа компьютеров возникает целый комплекс 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 – физические связи между ними. Компьютеры, подключенные к сети, часто называют станциями или узлами сети.

Заметим, 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.

## 38. Принципы построения сетей. Коммуникационное оборудование

Автор: Александр  
26.08.2014 15:45

---

Выбор топологии электрических связей существенно влияет на многие характеристики сети. Например, наличие резервных связей повышает надежность сети и делает возможным балансирование загрузки отдельных каналов. Простота присоединения новых узлов, свойственная некоторым топологиям, делает сеть легко расширяемой. Экономические соображения часто приводят к выбору топологий, для которых характерна минимальная суммарная длина линий связи. Рассмотрим некоторые, наиболее часто встречающиеся топологии.

*Полносвязная топология* соответствует сети, в которой каждый компьютер сети связан со всеми остальными. Несмотря на логическую простоту, этот вариант оказывается громоздким и неэффективным. Действительно, каждый компьютер в сети должен иметь большое количество коммуникационных портов, достаточное для связи с каждым из остальных компьютеров сети. Для каждой пары компьютеров должна быть выделена отдельная электрическая линия связи. Полносвязные топологии применяются редко, так как не удовлетворяют ни одному из приведенных выше требований. Чаще этот вид топологии используется в многомашинных 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 полностью связной путем удаления некоторых возможных связей. 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* 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

## 38. Принципы построения сетей. Коммуникационное оборудование

Автор: Александр  
26.08.2014 15:45

---

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. К сожалению, дефект коаксиального разъема редкостью не является. 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.* 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 портов концентратора. Иногда имеет смысл строить сеть с использованием нескольких концентраторов, иерархически соединенных между собой связями типа «звезда». В настоящее время иерархическая звезда является самым распространенным типом топологии связей как в локальных, так и глобальных сетях.

В сетях с *кольцевой конфигурацией* 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. Поэтому этот узел может контролировать процесс доставки данных адресату. Часто это свойство кольца используется для тестирования связности сети и поиска узла, работающего некорректно. Для этого в сеть посылаются специальные тестовые сообщения.

## 38. Принципы построения сетей. Коммуникационное оборудование

Автор: Александр  
26.08.2014 15:45

---

В то время как небольшие сети, как правило, имеют типовую топологию – «звезда», «кольцо» или «общая шина», для крупных сетей характерно наличие произвольных связей между компьютерами. В таких сетях можно выделить отдельные произвольно связанные фрагменты (подсети), имеющие типовую топологию, поэтому их называют сетями со смешанной топологией.

Даже в результате достаточно поверхностного рассмотрения работы сети становится ясно, что 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 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

## 38. Принципы построения сетей. Коммуникационное оборудование

Автор: Александр  
26.08.2014 15:45

---

вспомогательных компонентов сети превратились в основные, наряду с компьютерами и системным программным обеспечением, как по влиянию на характеристики сети, так и по стоимости. 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 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 архивирования 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.

Важнейшим направлением стандартизации в области вычислительных сетей является стандартизация коммуникационных протоколов. В настоящее время в сетях используется большое количество стеков коммуникационных протоколов. Наиболее популярными являются стеки: TCP/IP, IPX/SPX, NetBIOS/SMB, DECnet, SNA и OSI. Они, кроме SNA на нижних уровнях – физическом и канальном, - применяются одни и те же хорошо стандартизованные протоколы Ethernet, Token Ring, FDDI и некоторые другие, которые позволяют использовать во всех сетях одну и ту же аппаратуру. Зато на верхних уровнях все стеки работают по своим собственным протоколам. Эти протоколы часто не соответствуют рекомендуемой модели OSI разбиению на уровни. В частности, функции сеансового и представительного уровня, как правило, объединены с прикладным уровнем. Такое несоответствие связано с тем, что модель OSI появилась как результат обобщения уже существующих и реально используемых стеков, а не наоборот.

## 38. Принципы построения сетей. Коммуникационное оборудование

Автор: Александр  
26.08.2014 15:45

---

Следует четко различать модель OSI и стек OSI. В то время как модель OSI является концептуальной схемой взаимодействия открытых систем, стек OSI представляет собой набор вполне конкретных спецификаций протоколов. В отличие от других стеков протоколов стек OSI полностью соответствует модели OSI, он включает спецификации протоколов для всех семи уровней взаимодействия, определенных в этой модели. На нижних уровнях стек OSI поддерживает Ethernet, Token Ring, FDDI, протоколы глобальных сетей, X.25 и ISDN, - то есть использует разработанные вне стека протоколы нижних уровней, как и все другие стеки. Протоколы сетевого, транспортного и сеансового уровней стека OSI специфицированы и реализованы различными производителями, но распространены пока мало. Наиболее популярными протоколами стека OSI являются прикладные протоколы. К ним относятся: протокол передачи файлов FTAM, протокол эмуляции терминала VTP, протоколы справочной службы X.500, электронной почты X.400 и ряд других.

Протоколы стека OSI отличает большая сложность и неоднозначность спецификаций. Эти свойства явились результатом общей политики разработчиков стека, стремившихся учесть в своих протоколах все случаи жизни и все существующие и появляющиеся технологии. К этому нужно еще добавить и последствия большого количества политических компромиссов, неизбежных при принятии международных стандартов по такому злободневному вопросу, как построение открытых вычислительных сетей.

Из-за своей сложности протоколы OSI требуют больших затрат вычислительной мощности центрального процессора, что делает их наиболее подходящими для мощных машин, а не для сетей персональных компьютеров.

Стек OSI – международный, независимый от производителей стандарт. Его поддерживает правительство США в своей программе GOSIP, в соответствии с которой все компьютерные сети, устанавливаемые в правительственных учреждениях США после 1990 г., должны были или непосредственно поддерживать стек OSI, или обеспечивать средства для перехода на этот стек в будущем. Тем не менее стек OSI более популярен в Европе, чем в США, так как в Европе осталось меньше старых сетей, работающих по своим собственным протоколам. Большинство организаций пока только планируют переход к стеку OSI, и очень немногие приступили к созданию пилотных проектов. Из тех, кто работает в этом направлении, можно назвать Военно-морское ведомство США и сеть NFSNET. Одним из крупнейших производителей, поддерживающих OSI, является компания AT&T, ее сеть Stargroup полностью базируется на этом стеке.

## 38. Принципы построения сетей. Коммуникационное оборудование

Автор: Александр  
26.08.2014 15:45

---

Стек TCP/IP был разработан по инициативе Министерства обороны США более 20 лет назад для связи экспериментальной сети ARPAnet с другими сетями как набор общих протоколов для разнородной вычислительной среды. Большой вклад в развитие стека TCP/IP, который получил свое название по популярным протоколам IP и TCP, внес университет Беркли, реализовав протоколы стека в своей версии ОС UNIX. Популярность этой операционной системы привела к широкому распространению протоколов TCP, IP и других протоколов стека. Сегодня этот стек используется для связи компьютеров всемирной информационной сети Internet, а также в огромном числе корпоративных сетей.

Стек TCP/IP на нижнем уровне поддерживает все популярные стандарты физического и канального уровней: для локальных сетей – это Ethernet, Token Ring, FDDI, для глобальных – протоколы работы на аналоговых коммутируемых и выделенных линиях SLIP, PPP, протоколы территориальных сетей X.25 и ISDN.

Основными протоколами стека, давшими ему название, являются протоколы IP и TCP. Эти протоколы в терминологии модели OSI относятся к сетевому и транспортному уровням соответственно. IP обеспечивает продвижение пакета по составной сети, а TCP гарантирует надежность его доставки.

За долгие годы использования в сетях различных стран и организаций стек TCP/IP вобрал в себя большое количество протоколов прикладного уровня. К ним относятся такие популярные протоколы, как протокол пересылки файлов FTP, протокол эмуляции терминала telnet, почтовый протокол SMTP, используемый в электронной почте сети Internet, гипертекстовые сервисы службы WWW и многие другие.

Сегодня стек TCP/IP представляет собой один из самых распространенных стеков транспортных протоколов вычислительных сетей. Действительно, только в сети Internet объединено около 10 миллионов компьютеров по всему миру, которые взаимодействуют друг с другом с помощью стека протоколов TCP/IP.

Стремительный рост популярности Internet привел и к изменениям в расстановке сил в мире коммуникационных протоколов – протоколы TCP/IP, на которых построен Internet, стали быстро теснить бесспорного лидера прошлых лет – стек IPX/SPX компании «Novell». Сегодня в мире общее количество компьютеров, на которых установлен стек TCP/IP, сравнялось с общим количеством компьютеров, на которых работает стек

## 38. Принципы построения сетей. Коммуникационное оборудование

Автор: Александр  
26.08.2014 15:45

---

IPX/SPX, и это говорит о резком переломе в отношении администраторов локальных сетей к протоколам, используемым на настольных компьютерах, так как именно они составляют подавляющее число мирового компьютерного парка и именно на них раньше почти везде работали протоколы компании «Novell», необходимые для доступа к файловым серверам NetWare. Процесс становления стека TCP/IP в качестве стека номер один в любых типах сетей продолжается, и сейчас любая промышленная операционная система обязательно включает программную реализацию этого стека в своем комплекте поставки.

Хотя протоколы TCP/IP неразрывно связаны с Internet и каждый из многомиллионной армады компьютеров Internet работает на основе этого стека, существует большое количество локальных, корпоративных и территориальных сетей, непосредственно не являющихся частями Internet, в которых также используют протоколы TCP/IP. Чтобы отличать их от Internet, эти сети называют сетями TCP/IP, или просто IP-сетями.

Поскольку стек TCP/IP изначально создавался для глобальной сети Internet, он имеет много особенностей, дающих ему преимущество перед другими протоколами, когда речь заходит о построении сетей, включающих глобальные связи. В частности, очень полезным свойством, делающим возможным применение этого протокола в больших сетях, является его способность фрагментировать пакеты. Действительно, большая составная сеть часто состоит из сетей, построенных на совершенно разных принципах. В каждой из этих сетей может быть установлена собственная величина максимальной длины единицы передаваемых данных (кадра). В таком случае при переходе из одной сети, имеющей большую максимальную длину, в сеть с меньшей максимальной длиной может возникнуть необходимость деления передаваемого кадра на несколько частей. Протокол IP стека TCP/IP эффективно решает эту задачу.

Другой особенностью технологии TCP/IP является гибкая система адресации, позволяющая более просто, по сравнению с другими протоколами аналогичного назначения, включать в интрасеть сети других технологий. Это свойство также способствует применению стека TCP/IP для построения больших гетерогенных сетей.

В стеке TCP/IP очень экономно используются возможности широковещательных рассылок. Это свойство совершенно необходимо при работе на медленных каналах связи, характерных для территориальных сетей.

## 38. Принципы построения сетей. Коммуникационное оборудование

Автор: Александр  
26.08.2014 15:45

---

Однако, как и всегда, за получаемые преимущества надо платить, и платой здесь оказываются высокие требования к ресурсам и сложность администрирования IP-сетей. Мощные функциональные возможности протоколов стека TCP/IP требуют для своей реализации высоких вычислительных затрат. Гибкая система адресации и отказ от широковещательных рассылок приводят к наличию в IP-сети различных централизованных служб типа DNS, DHCP и т. п. Каждая из этих служб направлена на облегчение администрирования сети, в том числе и на облегчение конфигурирования оборудования, но в то же время сама требует пристального внимания со стороны администраторов.

Можно приводить и другие доводы за и против стека протоколов Internet, однако факт остается фактом – сегодня это самый популярный стек протоколов, широко используемый как в глобальных, так и локальных сетях.

Существуют и другие стеки протоколов, пользующихся однако гораздо меньшей популярностью.