

Модель OSI

Лекция 1-2

- ***В сети производится множество операций, обеспечивающих передачу данных от компьютера к компьютеру. Пользователя не интересует, как именно это происходит, ему необходим доступ к приложению или компьютерному ресурсу, расположенному в другом компьютере сети. В действительности же вся передаваемая информация проходит много этапов обработки.***

- **Прежде всего, она разбивается на блоки, каждый из которых снабжается управляющей информацией. Полученные блоки оформляются в виде сетевых пакетов, потом эти пакеты кодируются, передаются с помощью электрических или световых сигналов по сети в соответствии с выбранным методом доступа, затем из принятых пакетов вновь восстанавливаются заключенные в них блоки данных, блоки соединяются в данные, которые и становятся доступны другому приложению. Это, конечно, упрощенное описание происходящих процессов.**

- ***Часть из указанных процедур реализуется только программно, другая часть – аппаратно, а какие-то операции могут выполняться как программами, так и аппаратурой.***

- **Упорядочить все выполняемые процедуры, разделить их на уровни и подуровни, взаимодействующие между собой, как раз и призваны модели сетей. Эти модели позволяют правильно организовать взаимодействие как абонентам внутри одной сети, так и самым разным сетям на различных уровнях. В настоящее время наибольшее распространение получила так называемая эталонная модель обмена информацией открытой системы OSI (Open System Interchange). Под термином "открытая система" понимается не замкнутая в себе система, имеющая возможность взаимодействия с какими-то другими системами (в отличие от**

Эталонная модель OSI

- Модель OSI была предложена Международной организацией стандартов ISO (International Standards Organization) в 1984 году. С тех пор ее используют (более или менее строго) все производители сетевых продуктов. Как и любая универсальная модель, OSI довольно громоздка, избыточна, и не слишком гибка. Поэтому реальные сетевые средства, предлагаемые различными фирмами, не обязательно придерживаются принятого разделения функций. Однако знакомство с моделью OSI позволяет лучше понять, что же происходит в сети.

- **Все сетевые функции в модели разделены на 7 уровней. При этом вышестоящие уровни выполняют более сложные, глобальные задачи, для чего используют в своих целях нижестоящие уровни, а также управляют ими. Цель нижестоящего уровня – предоставление услуг вышестоящему уровню, причем вышестоящему уровню не важны детали выполнения этих услуг. Нижестоящие уровни выполняют более простые и конкретные функции. В идеале каждый уровень взаимодействует только с теми, которые находятся рядом с ним (выше и ниже него). Верхний уровень соответствует прикладной задаче, работающему в данный момент**

7. Прикладной уровень
6. Представительский уровень
5. Сеансовый уровень
4. Транспортный уровень
3. Сетевой уровень
2. Канальный уровень
1. Физический уровень

Семь уровней модели
OSI

- **Модель OSI относится не только к локальным сетям, но и к любым сетям связи между компьютерами или другими абонентами. В частности, функции сети Интернет также можно поделить на уровни в соответствии с моделью OSI. Принципиальные отличия локальных сетей от глобальных, с точки зрения модели OSI, наблюдаются только на нижних**

- **Функции, входящие в показанные на уровни, реализуются каждым абонентом сети. При этом каждый уровень на одном абоненте работает так, как будто он имеет прямую связь с соответствующим уровнем другого абонента. Между одноименными уровнями абонентов сети существует виртуальная (логическая) связь, например, между прикладными уровнями взаимодействующих по сети абонентов. Реальную же, физическую связь (кабель, радиоканал) абоненты одной сети имеют только на самом нижнем, первом, физическом уровне. В передающем абоненте информация проходит все уровни, начиная с верхнего и заканчивая нижним. В принимающем абоненте полученная информация совершает обратный путь: от нижнего уровня к**



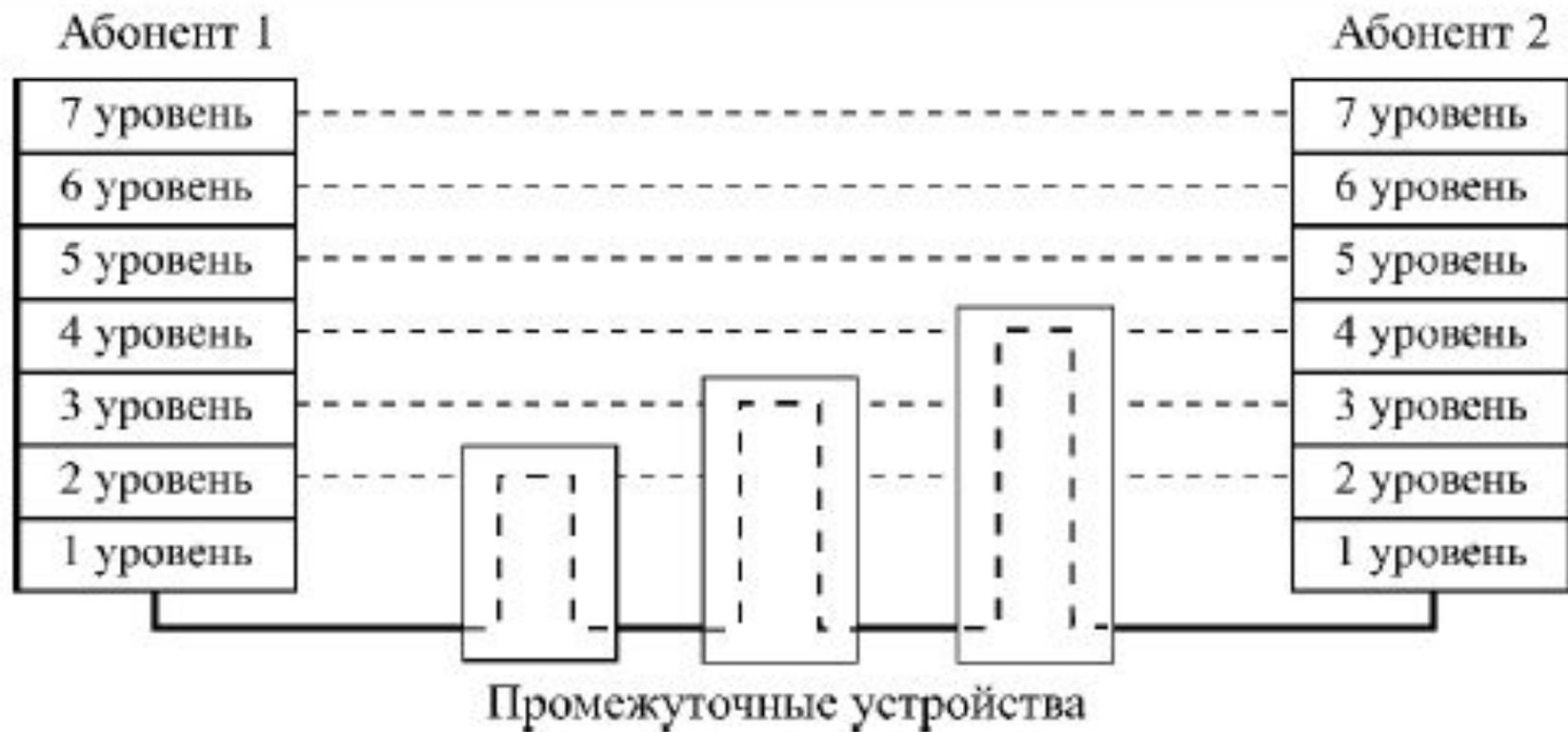
Путь информации от абонента к абоненту

- **Данные, которые необходимо передать по сети, на пути от верхнего (седьмого) уровня до нижнего (первого) проходят процесс инкапсуляции. Каждый нижеследующий уровень не только производит обработку данных, приходящих с более высокого уровня, но и снабжает их своим заголовком, а также служебной информацией. Такой процесс обрастания служебной информацией продолжается до последнего (физического) уровня. На физическом уровне вся эта многооболочечная конструкция**

Там она проделывает обратную процедуру декапсуляции, то есть при передаче на вышестоящий уровень убирается одна из оболочек. Верхнего седьмого уровня достигают уже данные, освобожденные от всех оболочек, то есть от всей служебной информации нижестоящих уровней. При этом каждый уровень принимающего абонента производит обработку данных, полученных с нижеследующего уровня в соответствии с убираемой им

- **Если на пути между абонентами в сети включаются некие промежуточные устройства (например, трансиверы, репитеры, концентраторы, коммутаторы, маршрутизаторы), то и они тоже могут выполнять функции, входящие в нижние уровни модели OSI. Чем больше сложность промежуточного устройства, тем больше уровней оно захватывает. Но любое промежуточное устройство должно принимать и возвращать информацию на нижнем, физическом уровне**

- **Все внутренние преобразования данных должны производиться дважды и в противоположных направлениях. Промежуточные сетевые устройства в отличие от полноценных абонентов (например, компьютеров) работают только на нижних уровнях и к тому же выполняют двустороннее преобразование.**



Включение промежуточных устройств между абонентами сети

функции разных уровней

- **Прикладной (7) уровень (Application Layer) или уровень приложений обеспечивает услуги, непосредственно поддерживающие приложения пользователя, например, программные средства передачи файлов, доступа к базам данных, средства электронной почты, службу регистрации на сервере. Этот уровень управляет всеми остальными шестью уровнями. Например, если пользователь работает с электронными таблицами Excel и решает сохранить рабочий файл в своей директории на сетевом файл-сервере, то прикладной уровень обеспечивает перемещение файла с**

- **Представительский (6) уровень (Presentation Layer) или уровень представления данных определяет и преобразует форматы данных и их синтаксис в форму, удобную для сети, то есть выполняет функцию переводчика. Здесь же производится шифрование и дешифрирование данных, а при необходимости – и их сжатие. Стандартные форматы существуют для текстовых файлов (ASCII, EBCDIC, HTML), звуковых файлов (MIDI, MPEG, WAV), рисунков (JPEG, GIF, TIFF), видео (AVI). Все преобразования форматов делаются на представительском уровне. Если данные передаются в виде двоичного кода, то преобразования формата не требуется.**

- **Сеансовый (5) уровень (Session Layer)** управляет проведением сеансов связи (то есть устанавливает, поддерживает и прекращает связь). Этот уровень предусматривает три режима установки сеансов: симплексный (передача данных в одном направлении), полудуплексный (передача данных поочередно в двух направлениях) и полнодуплексный (передача данных одновременно в двух направлениях). Сеансовый уровень может также вставлять в поток данных специальные контрольные точки, которые позволяют контролировать процесс передачи при разрыве связи. Этот же уровень распознает логические имена абонентов, контролирует предоставленные им права доступа

- **Транспортный (4) уровень (Transport Layer) обеспечивает доставку пакетов без ошибок и потерь, а также в нужной последовательности. Здесь же производится разбивка на блоки передаваемых данных, помещаемые в пакеты, и восстановление принимаемых данных из пакетов. Доставка пакетов возможна как с установлением соединения (виртуального канала), так и без. Транспортный уровень является пограничным и связующим между верхними тремя, сильно зависящими от приложений, и тремя нижними уровнями, сильно привязанными к конкретной сети.**

- **Сетевой (3) уровень (Network Layer) отвечает за адресацию пакетов и перевод логических имен (логических адресов, например, IP-адресов или IPX-адресов) в физические сетевые MAC-адреса (и обратно). На этом же уровне решается задача выбора маршрута (пути), по которому пакет доставляется по назначению (если в сети имеется несколько маршрутов). На сетевом уровне действуют такие сложные промежуточные сетевые устройства, как маршрутизаторы.**

- **Канальный (2) уровень или уровень управления линией передачи (Data link Layer) отвечает за формирование пакетов (кадров) стандартного для данной сети (Ethernet, Token-Ring, FDDI) вида, включающих начальное и конечное управляющие поля. Здесь же производится управление доступом к сети, обнаруживаются ошибки передачи путем подсчета контрольных сумм, и производится повторная пересылка приемнику ошибочных пакетов. Канальный уровень делится на два подуровня: верхний LLC и нижний MAC. На канальном уровне работают такие промежуточные сетевые устройства.**

- **Физический (1) уровень (Physical Layer) – это самый нижний уровень модели, который отвечает за кодирование передаваемой информации в уровни сигналов, принятые в используемой среде передачи, и обратное декодирование. Здесь же определяются требования к соединителям, разъемам, электрическому согласованию, заземлению, защите от помех и т.д. На физическом уровне работают такие сетевые устройства, как**

- **Большинство функций двух нижних уровней модели (1 и 2) обычно реализуются аппаратно (часть функций уровня 2 – программным драйвером сетевого адаптера). Именно на этих уровнях определяется скорость передачи и топология сети, метод управления обменом и формат пакета, то есть то, что имеет непосредственное отношение к типу сети, например, Ethernet, Token-Ring, FDDI, 100VG-AnyLAN. Более высокие уровни, как правило, не работают напрямую с конкретной аппаратурой, хотя уровни 3, 4 и 5 еще могут учитывать ее особенности. Уровни 6 и 7 никак не связаны с аппаратурой, замены одного типа аппаратуры на другой они не замечают**

Как уже отмечалось, в уровне 2 (канальном) нередко выделяют два подуровня (sublayers)

LLC и MAC :

- **Верхний подуровень (LLC – Logical Link Control) осуществляет управление логической связью, то есть устанавливает виртуальный канал связи. Строго говоря, эти функции не связаны с конкретным типом сети, но часть из них все же возлагается на аппаратуру сети (сетевой адаптер). Другая часть функций подуровня LLC выполняется программой драйвера сетевого адаптера. Подуровень LLC отвечает за взаимодействие с уровнем 3 (сетевым)**

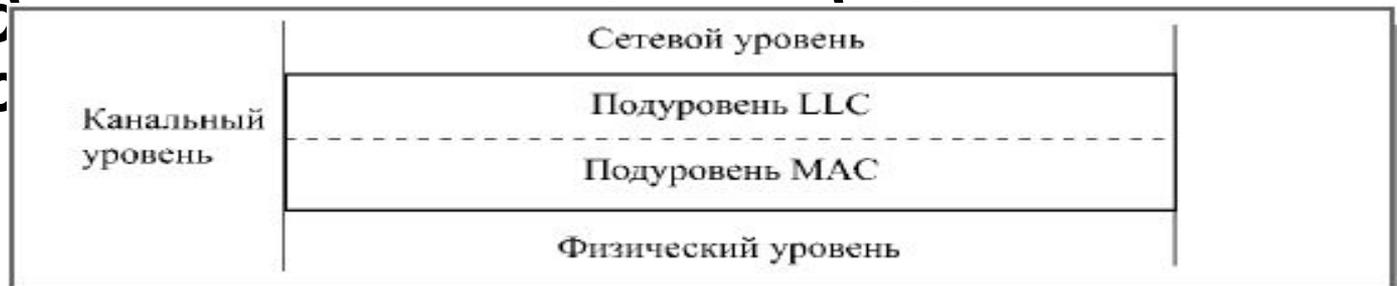
Как уже отмечалось, в уровне 2 (канальном) нередко выделяют два подуровня (sublayers)

LLC и MAC :

- Нижний подуровень (MAC – Media Access Control) обеспечивает непосредственный доступ к среде передачи информации (каналу связи). Он напрямую связан с аппаратурой сети. Именно на подуровне MAC осуществляется взаимодействие с физическим уровнем. Здесь производится контроль состояния сети, повторная передача пакетов заданное число раз при коллизиях, прием пакетов и проверка**

модель IEEE Project 802

- Помимо модели OSI существует также модель IEEE Project 802, принятая в феврале 1980 года (отсюда и число 802 в названии), которую можно рассматривать как модификацию, развитие, уточнение модели OSI. Стандарты, определяемые этой моделью (так называемые 802-спецификации) относятся к нижним двум уровням модели OSI и делятся на двенадцать присво



Подуровни LLC и MAC канального уровня

- **802.1 – объединение сетей с помощью мостов и коммутаторов**
- **802.2 – управление логической связью на подуровне LLC.**
- **802.3 – локальная сеть с методом доступа CSMA/CD и топологией шина (Ethernet).**
- **802.4 – локальная сеть с топологией шина и маркерным доступом (Token-Bus).**
- **802.5 – локальная сеть с топологией кольцо и маркерным доступом (Token-Ring).**
- **802.6 – городская сеть (Metropolitan Area Network, MAN) с расстояниями между абонентами более 5 км.**
- **802.7 – широкополосная технология передачи данных.**
- **802.8 – оптоволоконная технология.**
- **802.9 – интегрированные сети с возможностью передачи речи и данных.**
- **802.10 – безопасность сетей, шифрование данных.**
- **802.11 – беспроводная сеть по радиоканалу (WLAN – Wireless LAN).**
- **802.12 – локальная сеть с централизованным управлением доступом по приоритетам запросов и топологией звезда (100VG-AnyLAN).**

Аппаратура локальных сетей

Аппаратура локальных сетей обеспечивает реальную связь между абонентами. Выбор аппаратуры имеет важнейшее значение на этапе проектирования сети, так как стоимость аппаратуры составляет наиболее существенную часть от стоимости сети в целом, а замена аппаратуры связана не только с дополнительными расходами, но зачастую и с трудоемкими работами. К аппаратуре локальных сетей относятся:

- кабели для передачи информации;**
- разъемы для присоединения кабелей;**
- согласующие терминаторы;**
- сетевые адаптеры;**
- репитеры;**
- трансиверы;**
- концентраторы;**
- мосты;**
- маршрутизаторы;**
- шлюзы.**

Сетевые адаптеры

- **Сетевые адаптеры (они же контроллеры, карты, платы, интерфейсы, NIC – Network Interface Card) – это основная часть аппаратуры локальной сети. Назначение сетевого адаптера – сопряжение компьютера (или другого абонента) с сетью, то есть обеспечение обмена информацией между компьютером и каналом связи в соответствии с принятыми правилами обмена. Именно они реализуют функции двух нижних уровней модели OSI. Как правило, сетевые адаптеры выполняются в виде платы, вставляемой в слоты расширения системной магистрали (шины) компьютера (чаще всего PCI, ISA или PC-Card). Плата сетевого адаптера обычно имеет также один**

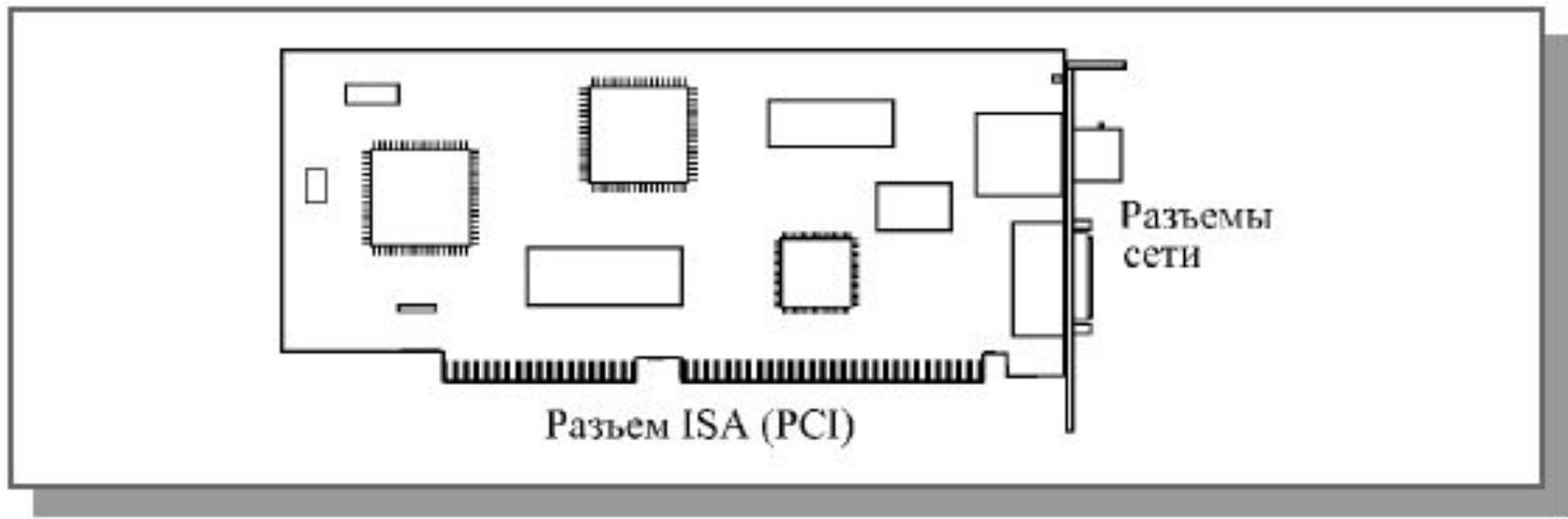


Рис. 5.5. Плата сетевого адаптера

Например, сетевые адаптеры Ethernet могут выпускаться со следующими наборами разъемов:

- **TPO – разъем RJ-45 (для кабеля на витых парах по стандарту 10BASE-T).**
- **TPC – разъемы RJ-45 (для кабеля на витых парах 10BASE-T) и BNC (для коаксиального кабеля 10BASE2).**
- **TP – разъем RJ-45 (10BASE-T) и трансиверный разъем AUI.**
- **Combo – разъемы RJ-45 (10BASE-T), BNC (10BASE2), AUI.**
- **Coax – разъемы BNC, AUI.**

• **Fi – разъем ST (для оптоволоконного кабеля)**

- **Функции сетевого адаптера делятся на магистральные и сетевые. К магистральным относятся те функции, которые осуществляют взаимодействие адаптера с магистралью (системной шиной) компьютера (то есть опознание своего магистрального адреса, пересылка данных в компьютер и из компьютера, выработка сигнала прерывания компьютера и т.д.). Сетевые функции обеспечивают общепонимание адаптера с сетью.**

К основным сетевым функциям адаптеров

относятся:

- **гальваническая развязка компьютера и кабеля локальной сети (для этого обычно используется передача сигналов через импульсные трансформаторы);**
- **преобразование логических сигналов в сетевые (электрические или световые) и обратно;**
- **кодирование и декодирование сетевых сигналов, то есть прямое и обратное преобразование сетевых кодов передачи информации (например, манчестерский код);**
- **опознание принимаемых пакетов (выбор из всех входящих пакетов тех, которые адресованы данному абоненту или всем абонентам сети одновременно);**
- **преобразование параллельного кода в последовательный при передаче и обратное преобразование при приеме;**
- **буферизация передаваемой и принимаемой информации в буферной памяти адаптера;**
- **организация доступа к сети в соответствии с принятым методом управления обменом;**
- **подсчет контрольной суммы пакетов при передаче и приеме.**

Типичный алгоритм взаимодействия компьютера с сетевым адаптером выглядит следующим образом.

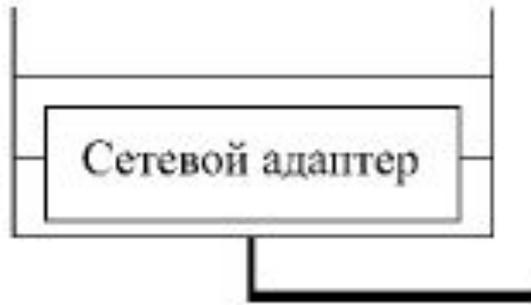
Если компьютер хочет передать пакет, то он сначала формирует этот пакет в своей памяти, затем пересылает его в буферную память сетевого адаптера и дает команду адаптеру на передачу. Адаптер анализирует текущее состояние сети и при первой же возможности выдает пакет в сеть (выполняет управление доступом к сети). При этом он производит преобразование информации из буферной памяти в последовательный вид для побитной передачи по сети, подсчитывает контрольную сумму, кодирует биты пакета в сетевой код и через узел гальванической развязки выдает пакет в кабель сети. Буферная память в данном случае позволяет освободить компьютер от контроля состояния сети, а также обеспечить требуемый для сети темп выдачи информации.

Если по сети приходит пакет, то сетевой адаптер через узел гальванической развязки принимает биты пакета, производит их декодирование из сетевого кода и сравнивает сетевой адрес приемника из пакета со своим собственным адресом. Адрес сетевого адаптера, как правило, устанавливается производителем адаптера. Если адрес совпадает, то сетевой адаптер записывает пришедший пакет в свою буферную память и сообщает компьютеру (обычно – сигналом аппаратного прерывания) о том, что пришел пакет и его надо читать. Одновременно с записью пакета производится подсчет контрольной суммы, что позволяет к концу приема сделать вывод, имеются ли ошибки в этом пакете. Буферная память в данном случае опять же позволяет освободить компьютер от контроля сети, а также обеспечить высокую степень готовности сетевого адаптера к

- **Чаще всего сетевые функции выполняются специальными микросхемами высокой степени интеграции, что дает возможность снизить стоимость адаптера и уменьшить площадь его платы.**
- **Некоторые адаптеры позволяют реализовать функцию удаленной загрузки, то есть поддерживать работу в сети бездисковых компьютеров, загружающих свою операционную систему прямо из сети. Для этого в состав таких адаптеров включается постоянная память с соответствующей программой загрузки. Правда, не все сетевые программные средства поддерживают данный режим работы.**

Сетевой адаптер выполняет функции первого и второго уровней модели OSI

- 3. Сетевой
- 2. Канальный
- 1. Физический



Функции сетевого адаптера в модели OSI

Трансиверы

- **Все остальные аппаратные средства локальных сетей (кроме адаптеров) имеют вспомогательный характер, и без них часто можно обойтись. Это сетевые промежуточные устройства.**
- **Трансиверы или приемопередатчики (от английского TRANsmitter + reCEIVER) служат для передачи информации между адаптером и кабелем сети или между двумя сегментами (частями) сети. Трансиверы усиливают сигналы, преобразуют их уровни или преобразуют сигналы в другую форму (например, из электрической в световую и обратно). Трансиверами также часто называют встроенные в адаптер приемопередатчики**

Репитеры

- Репитеры или повторители (repeater) выполняют более простую функцию, чем трансиверы. Они не преобразуют ни уровни сигналов, ни их физическую природу, а только восстанавливают ослабленные сигналы (их амплитуду и форму), приводя их к исходному виду. Цель такой ретрансляции сигналов состоит исключительно в увеличении длины сети (рис. 5.7).
- **Выпускаются также совсем простые концентраторы, которые соединяют сегменты сети без восстановления формы сигналов. Они не увеличивают длину сети.**
- **В последнее время объем выпуска коммутаторов сильно вырос, цена на них упала, поэтому коммутаторы постепенно вытесняют концентраторы.**

Коммутаторы

- **Коммутаторы (свичи, коммутирующие концентраторы, switch), как и концентраторы, служат для соединения сегментов в сеть. Они также выполняют более сложные функции, производя сортировку поступающих на них пакетов.**
- **Коммутаторы передают из одного сегмента сети в другой не все поступающие на них пакеты, а только те, которые адресованы компьютерам из другого сегмента. Пакеты, передаваемые между абонентами одного сегмента, через коммутатор не проходят. При этом сам пакет коммутатором не принимается, а только пересылается. Интенсивность обмена в сети снижается вследствие разделения нагрузки, поскольку каждый сегмент работает не только со своими пакетами, но и с пакетами, пришедшими из других сегментов.**
- **Коммутатор работает на втором уровне модели OSI (подуровень MAC), так как анализирует MAC-адреса внутри пакета. Естественно, он выполняет и функции**



Рис. 5.10. Функции коммутаторов в модели OSI

Мосты и шлюзы

- Мосты (*bridge*), маршрутизаторы (*router*) и шлюзы (*gateway*) служат для объединения в одну сеть несколько разнородных сетей с разными протоколами обмена нижнего уровня, в частности, с разными форматами пакетов, методами кодирования, скоростью передачи и т.д. В результате их применения сложная и неоднородная сеть, содержащая в себе различные сегменты, с точки зрения пользователя выглядит самой обычной сетью. Обеспечивается прозрачность сети для протоколов высокого уровня. Все они гораздо дороже, чем концентраторы, так как от них требуется довольно сложная обработка информации. Реализуются они обычно на базе компьютеров, подключенных к сети с помощью сетевых адаптеров. По сути, они представляют собой

Мосты и шлюзы

- **Мосты – наиболее простые устройства, служащие для объединения сетей с разными стандартами обмена, например, Ethernet и Arcnet, или нескольких сегментов (частей) одной и той же сети, например, Ethernet. В последнем случае мост, как и коммутатор, только разделяет нагрузку сегментов, повышая тем самым производительность сети в целом. В отличие от коммутаторов мосты принимают поступающие пакеты целиком и в случае необходимости производят их простейшую обработку. Мосты, как и коммутаторы, работают на втором уровне модели OSI, но в отличие от них могут захватывать также и верхний подуровень LLC второго уровня (для связи разнородных сетей). В последнее время мосты быстро вытесняются коммутаторами, которые становятся более функциональными.**

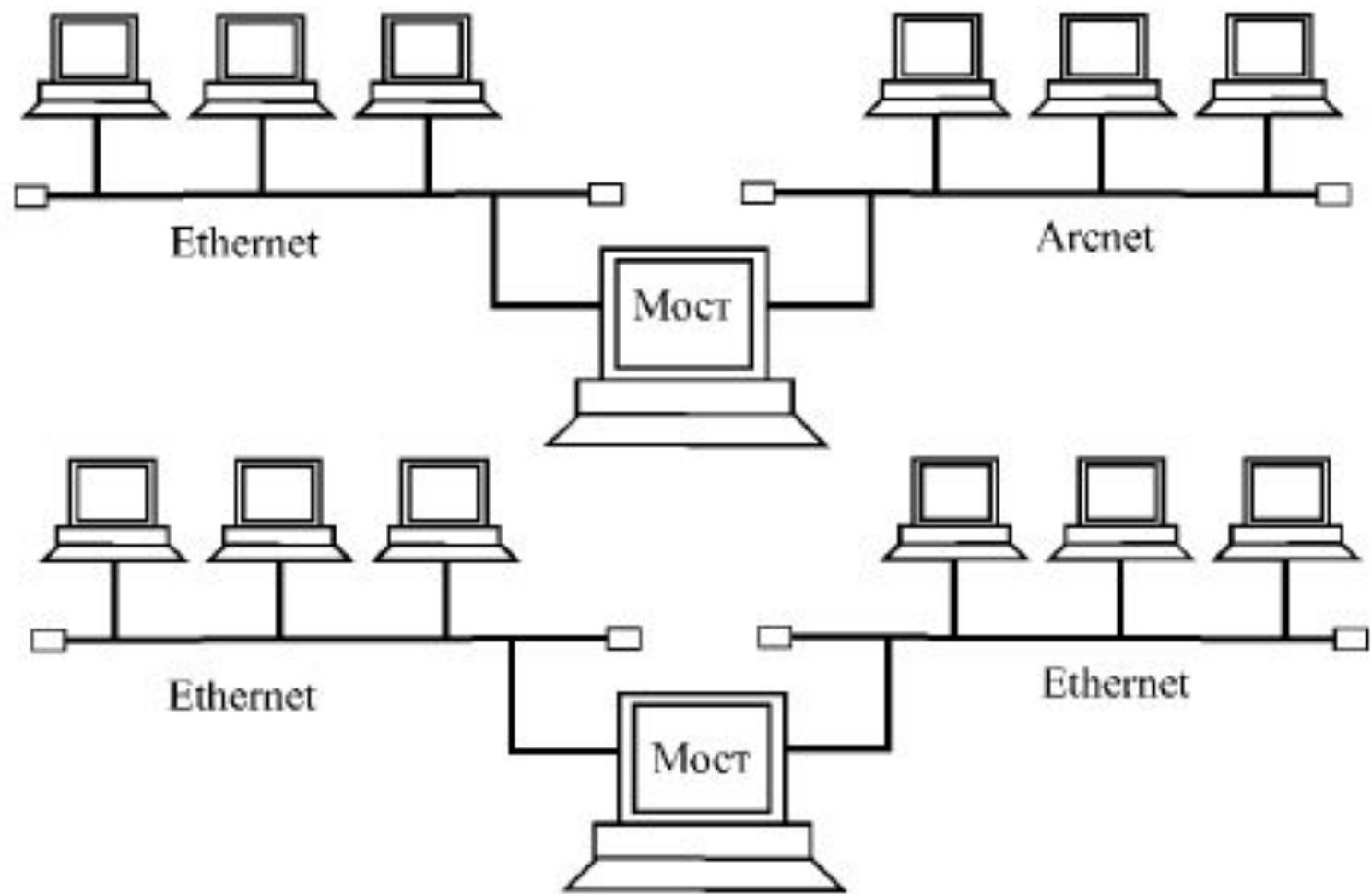
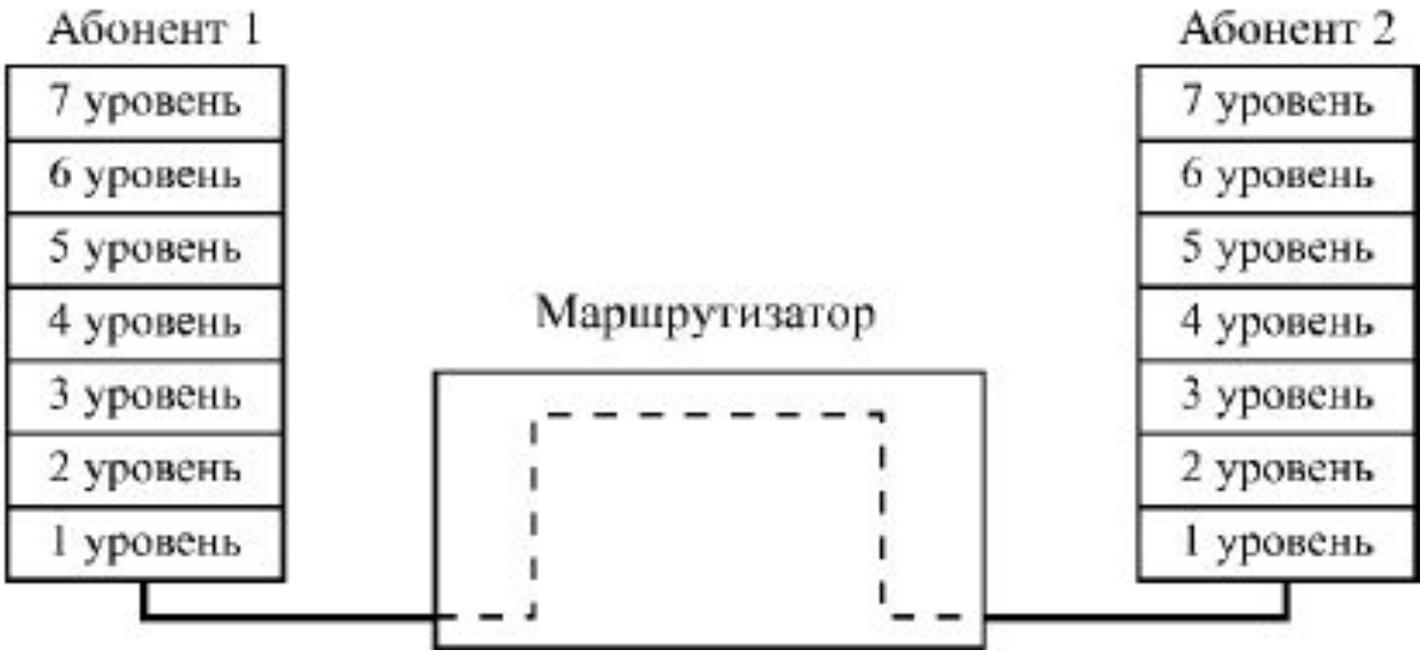


Рис. 5.11. Включение моста

Маршрутизаторы

- **Маршрутизаторы осуществляют выбор оптимального маршрута для каждого пакета с целью избежания чрезмерной нагрузки отдельных участков сети и обхода поврежденных участков. Они применяются, как правило, в сложных разветвленных сетях, имеющих несколько маршрутов между отдельными абонентами. Маршрутизаторы не преобразуют протоколы нижних уровней, поэтому они соединяют только сегменты одноименных сетей.**
- **Маршрутизаторы работают на третьем уровне модели OSI, так как они анализируют не только MAC-адреса пакета, но и IP-адреса, то есть более глубоко проникают в**



Функции маршрутизатора в модели OSI

гибридные маршрутизаторы, ШЛЮЗЫ

- **Существуют также гибридные маршрутизаторы (brouter), представляющие собой гибрид моста и маршрутизатора. Они выделяют пакеты, которым нужна маршрутизация и обрабатывают их как маршрутизатор, а для остальных пакетов служат ОБЫЧНЫМ мостом.**
- **Шлюзы – это устройства для соединения сетей с сильно отличающимися протоколами, например, для соединения локальных сетей с большими компьютерами или с глобальными сетями. Это самые дорогие и редко применяемые сетевые устройства. Шлюзы реализуют связь между абонентами на верхних уровнях модели OSI (с четвертого по седьмой). Соответственно, они должны выполнять и все функции нижестоящих уровней.**