

Александр Александрович Олейников

Компьютерные и телекоммуникационные сети

# Лекция 1.1.6. Модель взаимодействия открытых систем.

Астрахань, 2018

- ▶ Тезис о пользе стандартизации, справедливый для всех отраслей, в компьютерных сетях приобретает особое значение. Суть сети – это соединение разного оборудования, а значит, проблема совместимости является одной из наиболее острых. Без соблюдения всеми производителями общепринятых правил разработки оборудования прогресс в деле "строительства" сетей был бы невозможен. Поэтому все развитие компьютерной отрасли, в конечном счете, отражено в стандартах – любая новая технология только тогда приобретает "законный" статус, когда ее содержание закрепляется в соответствующем стандарте.
- ▶ В компьютерных сетях идеологической основой стандартизации является многоуровневый подход к разработке средств сетевого взаимодействия. Именно на основе этого подхода была создана стандартная семиуровневая модель взаимодействия открытых систем, ставшая своего рода универсальным языком сетевых специалистов.

# Многоуровневый подход Декомпозиция задачи сетевого взаимодействия

- ▶ Организация взаимодействия между устройствами сети является сложной задачей. Как известно, для решения сложных задач используется универсальный прием — декомпозиция, то есть разбиение одной задачи на несколько задач-модулей (рис. 6.1). Декомпозиция состоит в четком определении функций каждого модуля, а также порядка их взаимодействия (интерфейсов). В результате достигается логическое упрощение задачи, а, кроме того, появляется возможность модификации отдельных модулей без изменения остальной части системы.

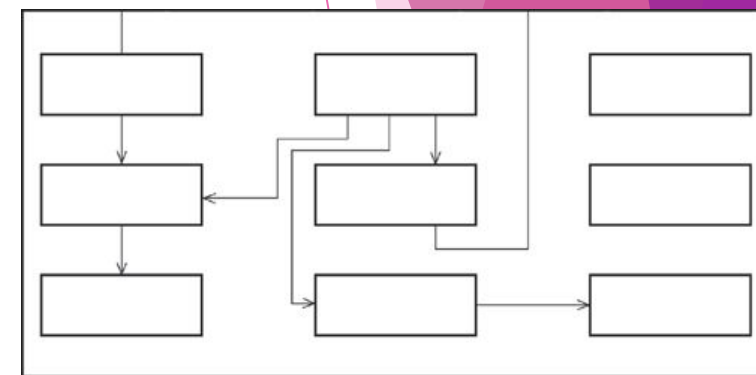
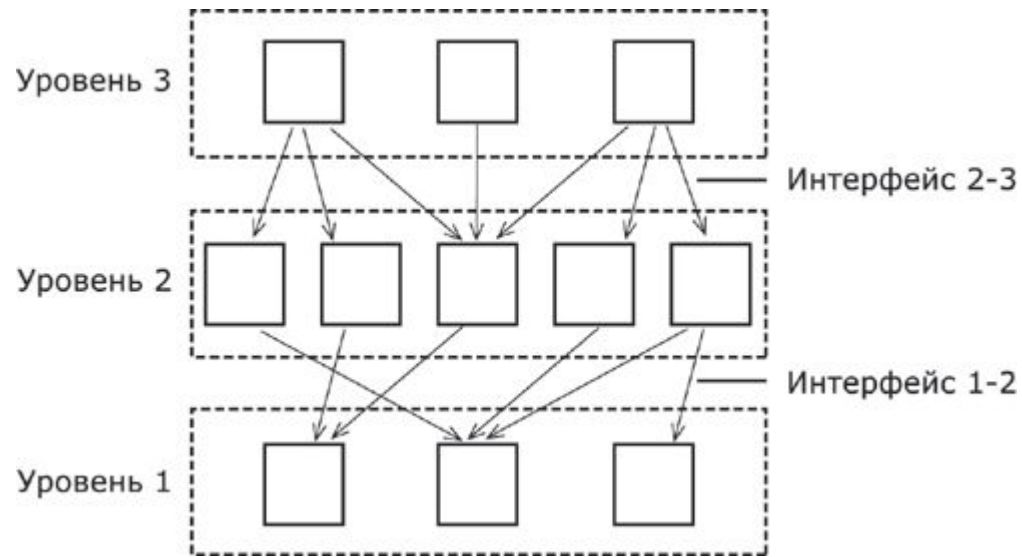


Рис. 6.1. Пример декомпозиции задачи.

При декомпозиции часто используют многоуровневый подход. Он заключается в следующем:

- ▶ все множество модулей, решающих частные задачи, разбивают на группы и упорядочивают по уровням, образующим иерархию ;
- ▶ в соответствии с принципом иерархии для каждого промежуточного уровня можно указать непосредственно примыкающие к нему соседние вышележащий и нижележащий уровни (рис. 6.2);
- ▶ группа модулей, составляющих каждый уровень, должна быть сформирована таким образом, чтобы все модули этой группы для выполнения своих задач обращались с запросами только к модулям соседнего нижележащего уровня;
- ▶ с другой стороны, результаты работы всех модулей, отнесенных к некоторому уровню, могут быть переданы только модулям соседнего вышележащего уровня.

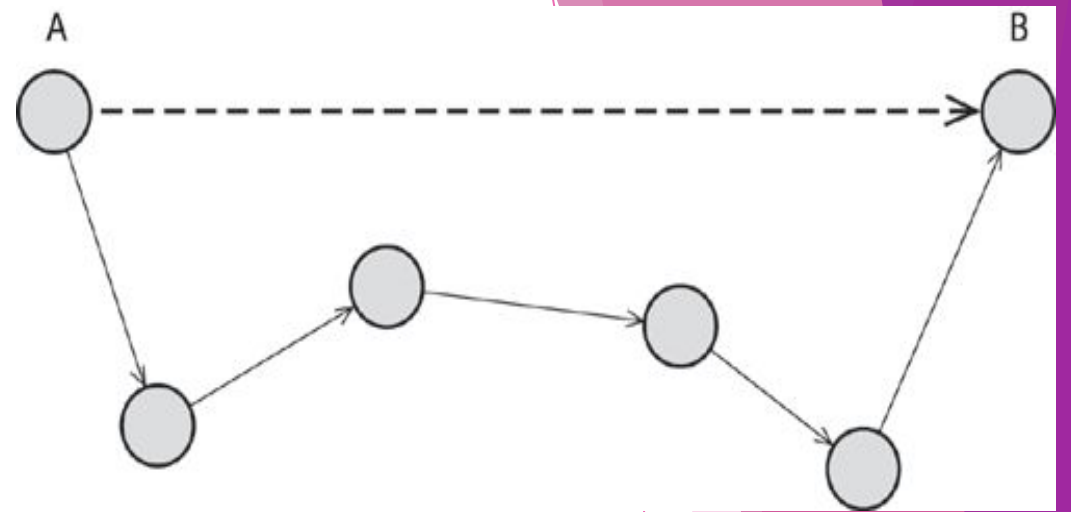


**Рис. 6.2.** Многоуровневый подход — создание

иерархии

- ▶ Такая иерархическая декомпозиция задачи предполагает четкое определение функции каждого уровня и интерфейсов между уровнями. Интерфейс определяет набор функций, которые нижележащий уровень предоставляет вышележащему. В результате иерархической декомпозиции достигается относительная независимость уровней, а значит, возможность их автономной разработки и модификации.

Средства решения задачи организации сетевого взаимодействия, конечно, тоже могут быть представлены в виде иерархически организованного множества модулей. Например, модулям нижнего уровня можно поручить вопросы, связанные с надежной передачей информации между двумя соседними узлами, а модулям следующего, более высокого, уровня — транспортировку сообщений в пределах всей сети. Очевидно, что последняя задача — организация связи двух любых, не обязательно соседних, узлов — является более общей и поэтому ее можно решить посредством многократных обращений к нижележащему уровню.



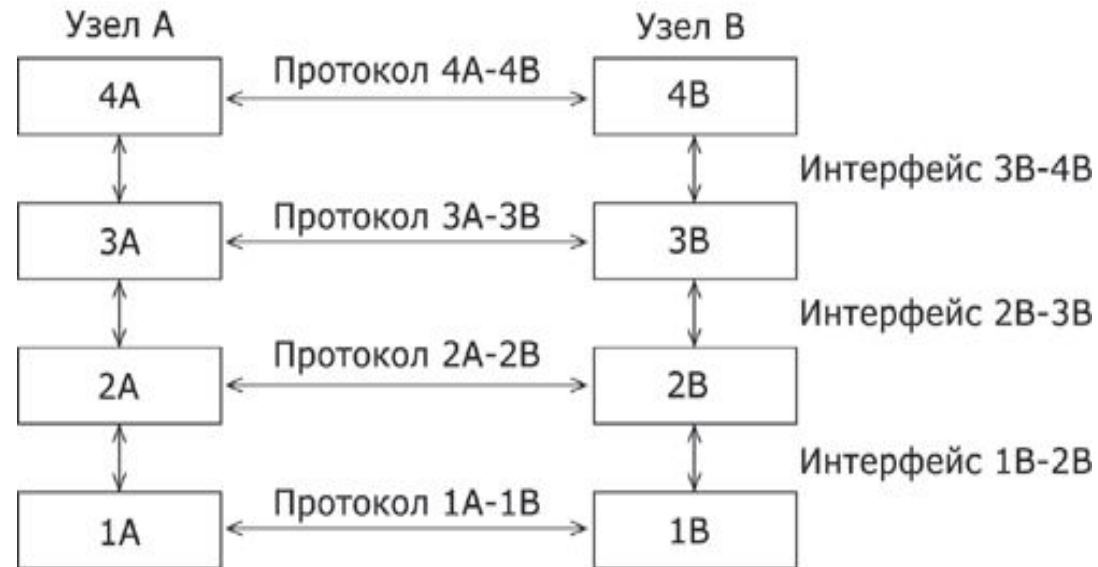
**Рис. 6.3.** Декомпозиция задачи связывания произвольной пары узлов на более частные задачи связывания пар соседних узлов.

Так, связывание узлов А и В ([рис. 6.3](#)) может быть сведено к последовательному связыванию пар промежуточных смежных узлов. Таким образом, модули вышележащего уровня при решении своих задач рассматривают средства нижележащего уровня как инструмент.

## Протокол. Интерфейс. стек протоколов

- ▶ Многоуровневое представление средств сетевого взаимодействия имеет свою специфику, связанную с тем, что в процессе обмена сообщениями участвуют две стороны, то есть в данном случае необходимо организовать согласованную работу двух "иерархий", работающих на разных компьютерах. Оба участника сетевого обмена должны принять множество соглашений. Например, они должны согласовать уровни и форму электрических сигналов, способ определения длины сообщений, договориться о методах контроля достоверности и т. п. Другими словами, соглашения должны быть приняты для всех уровней, начиная от самого низкого — уровня передачи битов — до самого высокого, реализующего сервис для пользователей сети.

- ▶ На [рис. 6.4](#) показана модель взаимодействия двух узлов. С каждой стороны средства взаимодействия представлены четырьмя уровнями. Процедура взаимодействия этих двух узлов может быть описана в виде набора правил взаимодействия каждой пары соответствующих уровней обеих участвующих сторон.



**Рис. 6.4.** Взаимодействие двух узлов.



- ▶ Формализованные правила, определяющие последовательность и формат сообщений, которыми обмениваются сетевые компоненты, лежащие на одном уровне, но в разных узлах, называются протоколом .
- ▶ Модули, реализующие протоколы соседних уровней и находящиеся в одном узле, также взаимодействуют друг с другом в соответствии с четко определенными правилами с помощью стандартизированных форматов сообщений. Эти правила принято называть интерфейсом .
- ▶ Интерфейс – определяет последовательность и формат сообщений, которыми обмениваются сетевые компоненты, лежащие на соседних уровнях в одном узле. Интерфейс определяет набор услуг, предоставляемый данным уровнем соседнему уровню.
- ▶ В сущности, протокол и интерфейс выражают одно и то же понятие, но традиционно в сетях за ними закреплены разные области действия: протоколы определяют правила взаимодействия модулей одного уровня в разных узлах, а интерфейсы – модулей соседних уровней в одном узле.

- ▶ Средства каждого уровня должны обрабатывать, во-первых, собственный протокол, а во-вторых, интерфейсы с соседними уровнями.
- ▶ Иерархически организованный набор протоколов, достаточный для организации взаимодействия узлов в сети, называется стеком коммуникационных протоколов .
- ▶ Коммуникационные протоколы могут быть реализованы как программно, так и аппаратно. Протоколы нижних уровней часто реализуются комбинацией программных и аппаратных средств, а протоколы верхних уровней — как правило, чисто программными средствами.
- ▶ Программный модуль, реализующий некоторый протокол, часто для краткости также называют протоколом. При этом соотношение между протоколом как формально определенной процедурой и протоколом — программным модулем, реализующим эту процедуру, — аналогично соотношению между алгоритмом решения некоторой задачи и программой, решающей эту задачу.

- ▶ Понятно, что один и тот же алгоритм может быть запрограммирован с разной степенью эффективности. Точно так же и протокол может иметь несколько программных реализаций. Именно поэтому при сравнении протоколов следует учитывать не только логику их работы, но и качество программных решений. Более того, на эффективность взаимодействия устройств в сети влияет качество всей совокупности протоколов, составляющих стек, в частности, то, насколько рационально распределены функции между протоколами разных уровней и насколько хорошо определены интерфейсы между ними.
- ▶ Протоколы реализуются не только компьютерами, но и другими сетевыми устройствами – концентраторами, мостами, коммутаторами, маршрутизаторами и т. д. Действительно, в общем случае связь компьютеров в сети осуществляется не напрямую, а через различные коммуникационные устройства. В зависимости от типа устройства в нем должны быть встроенные средства, реализующие тот или иной набор протоколов.

- ▶ Чтобы еще раз пояснить понятия "протокол" и "интерфейс", рассмотрим пример, не имеющий отношения к вычислительным сетям, а именно, обсудим взаимодействие двух предприятий, А и В. Между этими предприятиями существуют многочисленные договоренности и соглашения, например о регулярных поставках продукции. В соответствии с договоренностью, начальник отдела продаж предприятия А регулярно в начале каждого месяца посылает официальное сообщение начальнику отдела закупок предприятия В о том, сколько какого товара может быть поставлено в этом месяце. В ответ на это сообщение начальник отдела закупок предприятия В посылает заявку установленного образца на нужное количество продукции. Возможно, подобная процедура включает дополнительные согласования; в любом случае, существует установленный порядок взаимодействия, который можно считать "протоколом уровня начальников".

- ▶ Начальники посылают свои сообщения и заявки через секретарей. Порядок взаимодействия начальника и секретаря соответствует понятию межуровневого интерфейса "начальник – секретарь". На предприятии А обмен документами между начальником и секретарем идет через специальную папку, а на предприятии В начальник общается с секретарем по факсу. Таким образом, интерфейсы "начальник – секретарь" на этих двух предприятиях отличаются.
- ▶ После того как сообщения переданы секретарям, начальников не волнует, каким образом эти сообщения будут перемещаться дальше – по обычной почте или электронной, факсом или нарочным. Выбор способа передачи – это уровень компетенции секретарей, они могут решать этот вопрос, не уведомляя о том своих начальников, так как их протокол взаимодействия связан только с передачей поступающих сверху сообщений, и не касается содержания этих сообщений.

- ▶ На [рис. 6.5](#) показано, что в качестве протокола взаимодействия "секретарь—секретарь" используется обмен письмами. При решении иных вопросов начальники могут взаимодействовать по другим правилам-протоколам, но это не повлияет на работу секретарей, для которых не важно, какие сообщения отправлять, а важно, чтобы они дошли до адресата. Итак, в данном случае мы имеем дело с двумя уровнями — уровнем начальников и уровнем секретарей, и каждый из них имеет собственный протокол, который может быть изменен независимо от протокола другого уровня. В этой независимости протоколов друг от друга и состоит преимущество многоуровневого подхода.



**Рис. 6.5.** Пример многоуровневого взаимодействия предприятий.

# Модель OSI

## Общая характеристика модели OSI

- ▶ Из того, что протокол представляет собой соглашение, принятое 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 обычно используются стандартные протоколы. Это могут быть фирменные, национальные или международные стандарты.
- ▶ В начале 80-х годов ряд международных организаций по стандартизации – ISO, ITU-T и некоторые другие – разработали модель, которая сыграла значительную роль в развитии сетей. Эта модель называется моделью ISO/OSI.
- ▶ **Модель взаимодействия открытых систем ( Open System Interconnection, OSI ) определяет различные уровни взаимодействия систем в сетях с коммутацией пакетов, дает им стандартные имена и указывает, какие функции должен выполнять каждый уровень.**

- ▶ Модель OSI была разработана на основании большого опыта, полученного при создании компьютерных сетей, в основном глобальных, в 70-е годы. Полное описание этой модели занимает более 1000 страниц текста.
- ▶ В модели OSI ([рис. 6.6](#)) средства взаимодействия делятся на семь уровней: прикладной, представительный, сеансовый, транспортный, сетевой, канальный и физический. Каждый уровень имеет дело с определенным аспектом взаимодействия сетевых устройств.

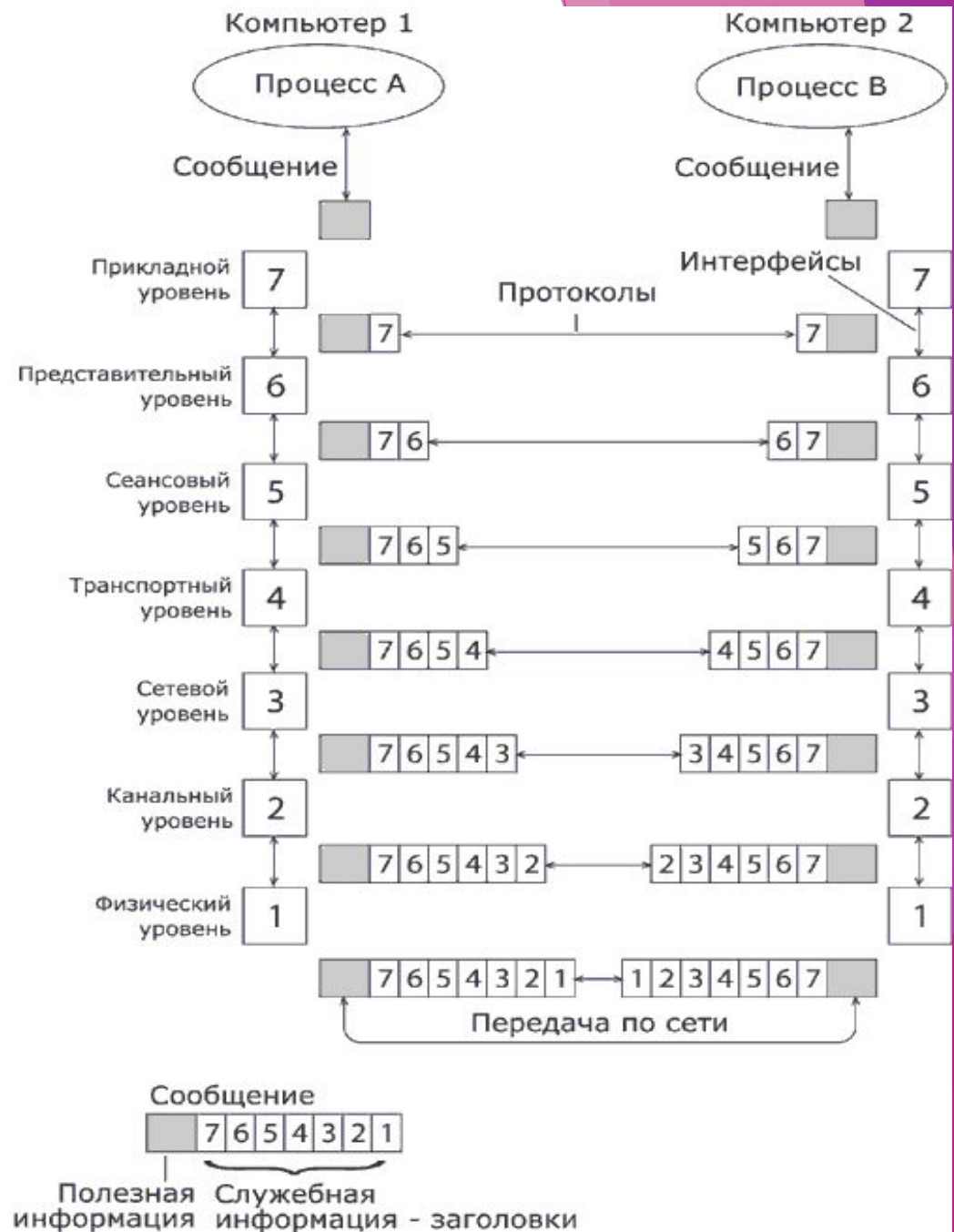


Рис. 11.6. Модель взаимодействия открытых систем ISO/OSI.

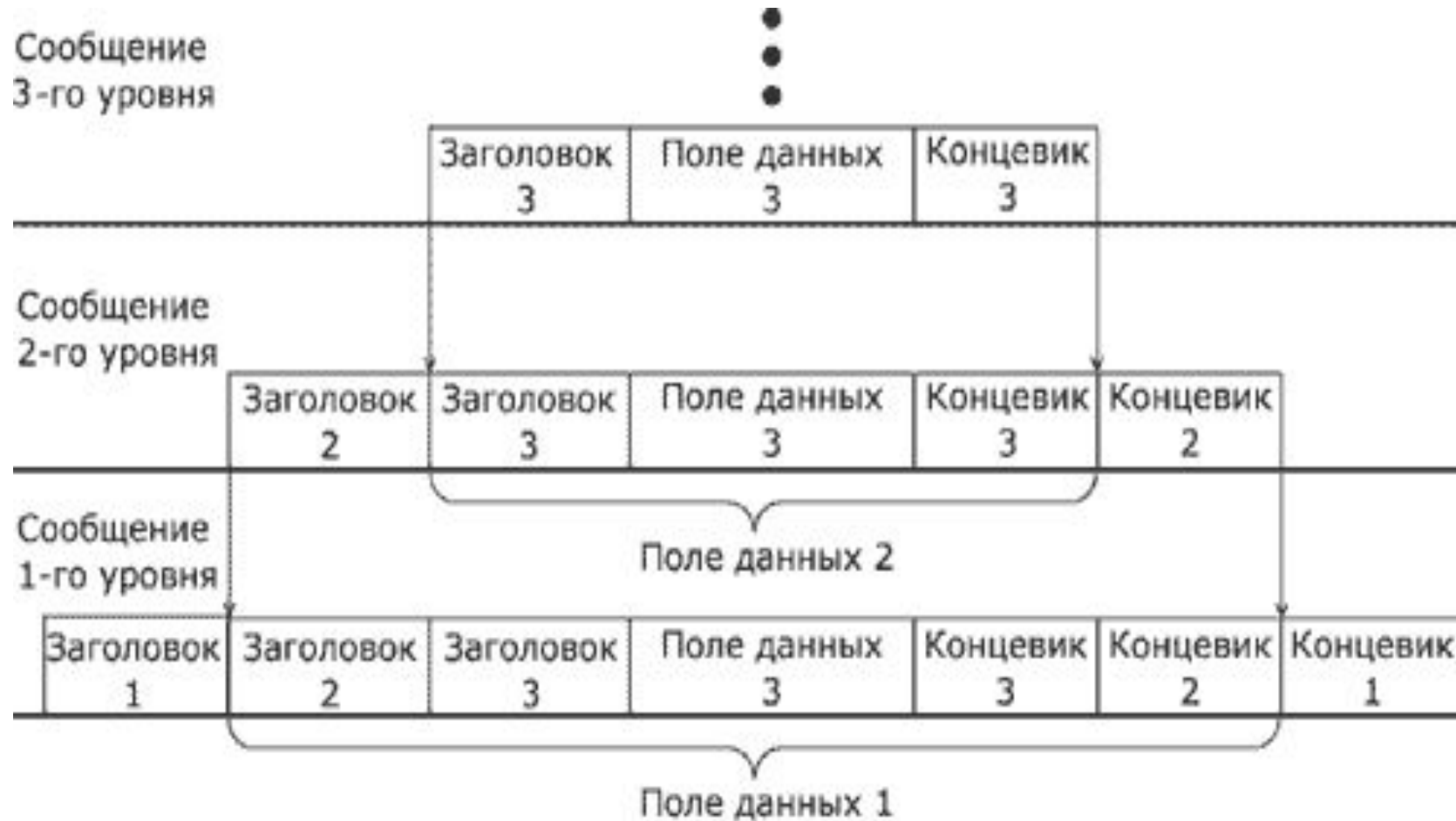


- ▶ Модель OSI описывает только системные средства взаимодействия, реализуемые операционной системой, системными утилитами и аппаратными средствами. Модель не включает средства взаимодействия приложений конечных пользователей. Собственные протоколы взаимодействия приложения реализуют, обращаясь к системным 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 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 местонахождении файла и о типе операции, которую необходимо 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 уровню. 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 протоколы 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 ([рис. 6.7](#)).



**Рис. 6.7.** Вложенность сообщений различных 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.
- ▶ 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 ).

# Физический уровень

Физический уровень (Physical layer) имеет дело с передачей битов по физическим каналам связи, таким, как коаксиальный кабель, витая пара, оптоволоконный кабель или цифровой территориальный канал. К этому уровню имеют отношение характеристики физических сред передачи данных, такие как полоса пропускания, помехозащищенность, волновое сопротивление и другие. На этом же уровне определяются характеристики электрических сигналов, передающих дискретную информацию, такую как крутизна фронтов импульсов, уровни напряжения или тока передаваемого сигнала, тип кодирования, скорость передачи сигналов. Кроме того, здесь стандартизируются типы разъемов и назначение каждого контакта.

- ▶ Физический уровень:
- ▶ передача битов по физическим каналам ;
- ▶ формирование электрических сигналов ;
- ▶ кодирование информации;
- ▶ синхронизация ;
- ▶ модуляция.

Реализуется аппаратно.

- ▶ **Функции физического уровня реализуются во всех устройствах, подключенных к сети. Со стороны компьютера функции физического уровня выполняются сетевым адаптером или последовательным портом.**

Примером протокола физического уровня может служить спецификация 10Base-T технологии Ethernet, которая определяет в качестве используемого кабеля неэкранированную витую пару категории 3 с волновым сопротивлением 100 Ом, разъем RJ-45, максимальную длину физического сегмента 100 метров, манчестерский код для представления данных в кабеле, а также некоторые другие характеристики среды и электрических сигналов.

# Канальный уровень

- ▶ На физическом уровне просто пересылаются биты. При этом не учитывается, что в тех сетях, в которых линии связи используются (разделяются) попеременно несколькими парами взаимодействующих компьютеров, физическая среда передачи может быть занята. Поэтому одной из задач канального уровня ( Data Link layer ) является проверка доступности среды передачи. Другая задача канального уровня — реализация механизмов обнаружения и коррекции ошибок. Для этого на канальном уровне - биты группируются в наборы, называемые кадрами ( frames ). Канальный уровень обеспечивает корректность передачи каждого кадра помещая специальную последовательность бит в начало и конец каждого кадра, для его выделения, а также вычисляет контрольную сумму, обрабатывая все байты кадра определенным способом, и добавляет контрольную сумму к кадру.



- ▶ Когда кадр приходит по сети, получатель снова вычисляет контрольную сумму полученных данных и сравнивает результат с контрольной суммой из кадра. Если они совпадают, кадр считается правильным и принимается. Если же контрольные суммы не совпадают, то фиксируется ошибка. Канальный уровень может не только обнаруживать ошибки, но и исправлять их за счет повторной передачи поврежденных кадров. Необходимо отметить, что функция исправления ошибок для канального уровня не является обязательной, поэтому в некоторых протоколах этого уровня она отсутствует, например в Ethernet и frame relay.

# Функции канального уровня

Надежная доставка пакета:

- ▶ Между двумя соседними станциями в сети с произвольной топологией.
- ▶ Между любыми станциями в сети с типовой топологией:
  - ▶ проверка доступности разделяемой среды;
  - ▶ выделение кадров из потока данных, поступающих по сети; формирование кадров при отправке данных;
  - ▶ подсчет и проверка контрольной суммы.

- ▶ **Реализуются программно-аппаратно.**
- ▶ В протоколах канального уровня, используемых в локальных сетях, заложена определенная структура связей между компьютерами и способы их адресации. Хотя канальный уровень и обеспечивает доставку кадра между любыми двумя узлами локальной сети, он это делает только в сети с определенной топологией связей, именно той топологией, для которой он был разработан. К таким типовым топологиям, поддерживаемым протоколами канального уровня локальных сетей, относятся "общая шина", "кольцо" и "звезда", а также структуры, полученные из них с помощью мостов и коммутаторов. Примерами протоколов канального уровня являются протоколы Ethernet, Token Ring, FDDI, 100VG-AnyLAN.

- ▶ В локальных сетях протоколы канального уровня используются компьютерами, мостами, коммутаторами и маршрутизаторами. В компьютерах функции канального уровня реализуются совместными усилиями сетевых адаптеров и их драйверов.
- ▶ В глобальных сетях, которые редко обладают регулярной топологией, канальный уровень часто обеспечивает обмен сообщениями только между двумя соседними компьютерами, соединенными индивидуальной линией связи. Примерами протоколов "точка-точка" (как часто называют такие протоколы) могут служить широко распространенные протоколы PPP и LAR-V. В таких случаях для доставки сообщений между конечными узлами через всю сеть используются средства сетевого уровня. Именно так организованы сети X.25. Иногда в глобальных сетях функции канального уровня в чистом виде выделить трудно, так как в одном и том же протоколе они объединяются с функциями сетевого уровня. Примерами такого подхода могут служить протоколы технологий ATM и frame relay.

- ▶ В целом канальный уровень представляет собой весьма мощный набор функций по пересылке сообщений между узлами сети. В некоторых случаях протоколы канального уровня оказываются самодостаточными транспортными средствами, и тогда поверх них могут работать непосредственно протоколы прикладного уровня или приложения, без привлечения средств сетевого и транспортного уровней. Например, существует реализация протокола управления сетью SNMP непосредственно поверх Ethernet, хотя стандартно этот протокол работает поверх сетевого протокола IP и транспортного протокола UDP. Естественно, что применение такой реализации будет ограниченным — она не подходит для составных сетей разных технологий, например Ethernet и X.25, и даже для такой сети, в которой во всех сегментах применяется Ethernet, но между сегментами существуют петлевидные связи. А вот в двухсегментной сети Ethernet, объединенной мостом, реализация SNMP над канальным уровнем будет вполне работоспособна.

- ▶ Тем не менее, для обеспечения качественной транспортировки сообщений в сетях любых топологий и технологий функций канального уровня оказывается недостаточно, поэтому в модели OSI решение этой задачи возлагается на два следующих уровня — сетевой и транспортный.
- ▶ Канальный уровень обеспечивает передачу пакетов данных, поступающих от протоколов верхних уровней, узлу назначения, адрес которого также указывает протокол верхнего уровня. Протоколы канального уровня оформляют переданные им пакеты в кадры собственного формата, помещая указанный адрес назначения в одно из полей такого кадра, а также сопровождая кадр контрольной суммой. Протокол канального уровня имеет локальный смысл, он предназначен для доставки кадров данных, как правило, в пределах сетей с простой топологией связей и однотипной или близкой технологией, например в односегментных сетях Ethernet или же в многосегментных сетях Ethernet и Token Ring иерархической топологии, разделенных только мостами и коммутаторами.

- ▶ Во всех этих конфигурациях адрес назначения имеет локальный смысл для данной сети и не изменяется при прохождении кадра от узла-источника к узлу назначения. Возможность передавать данные между локальными сетями разных технологий связана с тем, что в этих технологиях используются адреса одинакового формата, к тому же производители сетевых адаптеров обеспечивают уникальность адресов независимо от технологии.

- ▶ Другой областью действия протоколов канального уровня являются связи типа "точка-точка" глобальных сетей, когда протокол канального уровня ответственен за доставку кадра непосредственному соседу. Адрес в этом случае не имеет принципиального значения, а на первый план выходит способность протокола восстанавливать искаженные и утерянные кадры, так как плохое качество территориальных каналов, особенно коммутируемых телефонных, часто требует выполнения подобных действий. Если же перечисленные выше условия не соблюдаются, например связи между сегментами Ethernet имеют петлевидную структуру, либо объединяемые сети используют различные способы адресации, как в сетях Ethernet и X.25, то протокол канального уровня не может в одиночку справиться с задачей передачи кадра между узлами и требует помощи протокола сетевого уровня.



# Сетевой уровень

- ▶ Сетевой уровень ( Network layer ) служит для образования единой транспортной системы, объединяющей несколько сетей, причем эти сети могут использовать различные принципы передачи сообщений между конечными узлами и обладать произвольной структурой связей. Функции сетевого уровня достаточно разнообразны. Рассмотрим их на примере объединения локальных сетей.
- ▶ Протоколы канального уровня локальных сетей обеспечивают доставку данных между любыми узлами только в сети с соответствующей типовой топологией, например топологией иерархической звезды. Это жесткое ограничение, которое не позволяет строить сети с развитой структурой, например сети, объединяющие несколько сетей предприятия в единую сеть, или высоконадежные сети, в которых существуют избыточные связи между узлами.

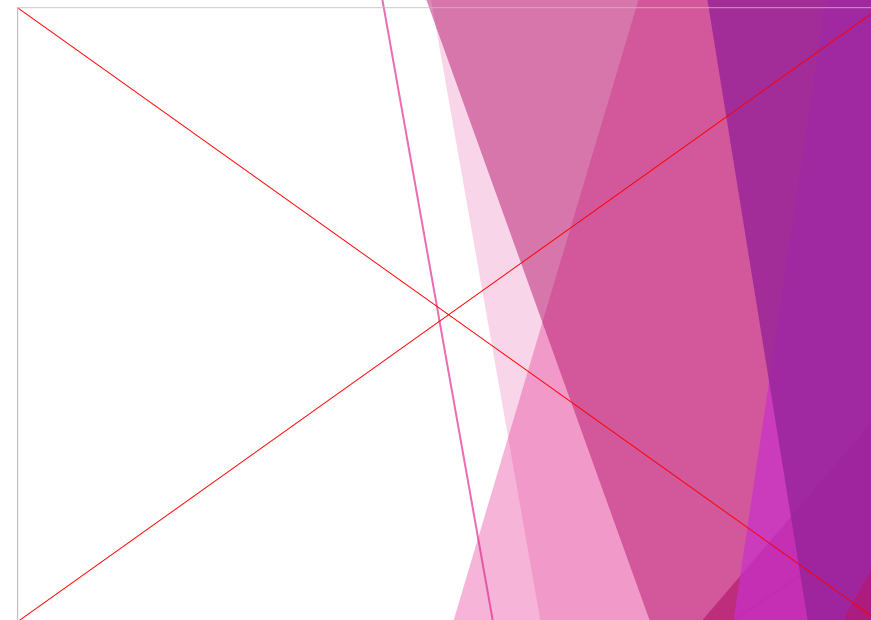
- ▶ Можно было бы усложнять протоколы канального уровня для поддержания петлевидных избыточных связей, но принцип разделения обязанностей между уровнями приводит к другому решению. Чтобы, с одной стороны, сохранить простоту процедур передачи данных для типовых топологий, а с другой – допустить использование произвольных топологий, вводится дополнительный сетевой уровень.
- ▶ На сетевом уровне сам термин "сеть" наделяют специфическим значением. В данном случае под сетью понимается совокупность компьютеров, соединенных между собой в соответствии с одной из стандартных типовых топологий и использующих для передачи данных один из протоколов канального уровня, определенный для этой топологии.

- ▶ Внутри сети доставка данных обеспечивается соответствующим канальным уровнем, а вот доставкой данных между сетями занимается сетевой уровень, который и поддерживает возможность правильного выбора маршрута передачи сообщения даже в том случае, когда структура связей между составляющими сетями имеет характер, отличный от принятого в протоколах канального уровня.
- ▶ Сети соединяются между собой специальными устройствами, называемыми маршрутизаторами. Маршрутизатор – это устройство, которое собирает информацию о топологии межсетевых соединений и пересылает пакеты сетевого уровня в сеть назначения. Чтобы передать сообщение от отправителя, находящегося в одной сети, получателю, находящемуся в другой сети, нужно совершить некоторое количество транзитных передач между сетями, или хопов (от слова hop – прыжок), каждый раз выбирая подходящий маршрут. Таким образом, маршрут представляет собой последовательность маршрутизаторов, через которые проходит пакет.

Сетевой уровень — доставка пакета:

- ▶ между любыми двумя узлами сети с произвольной топологией;
- ▶ между любыми двумя сетями в составной сети ;
- ▶ сеть — совокупность компьютеров, использующих для обмена данными единую сетевую технологию;
- ▶ маршрут — последовательность прохождения пакетом маршрутизаторов в составной сети .

На [рис. 6.8](#) показаны четыре сети, связанные тремя маршрутизаторами. Между узлами А и В данной сети пролегает два маршрута: первый — через маршрутизаторы 1 и 3, а второй — через маршрутизаторы 1, 2 и 3.



**Рис. 6.8.** Пример составной сети.

- ▶ Проблема выбора наилучшего пути называется маршрутизацией, и ее решение является одной из главных задач сетевого уровня. Эта проблема осложняется тем, что самый короткий путь — не всегда самый лучший. Часто критерием при выборе маршрута является время передачи данных; оно зависит от пропускной способности каналов связи и интенсивности трафика, которая может с течением времени изменяться. Некоторые алгоритмы маршрутизации пытаются приспособиться к изменению нагрузки, в то время как другие принимают решения на основе средних показателей за длительное время. Выбор маршрута может осуществляться и по другим критериям, таким как надежность передачи.

- ▶ В общем случае функции сетевого уровня шире, чем функции передачи сообщений по связям с нестандартной структурой, которые мы рассмотрели на примере объединения нескольких локальных сетей. Сетевой уровень также решает задачи согласования разных технологий, упрощения адресации в крупных сетях и создания надежных и гибких барьеров на пути нежелательного трафика между сетями.
- ▶ **Сообщения сетевого уровня принято называть пакетами ( packet ). При организации доставки пакетов на сетевом уровне используется понятие "номер сети". В этом случае адрес получателя состоит из старшей части – номера сети и младшей – номера узла в этой сети.** Все узлы одной сети должны иметь одну и ту же старшую часть адреса, поэтому термину "сеть" на сетевом уровне можно дать и другое, более формальное, определение: сеть – это совокупность узлов, сетевой адрес которых содержит один и тот же номер сети.

- ▶ На сетевом уровне определяется два вида протоколов. Первый вид – сетевые протоколы (routed protocols) – реализуют продвижение пакетов через сеть. Именно эти протоколы обычно имеют в виду, когда говорят о протоколах сетевого уровня. Однако часто к сетевому уровню относят и другой вид протоколов, называемых протоколами обмена маршрутной информацией или просто протоколами маршрутизации (routing protocols).
- ▶ С помощью этих протоколов маршрутизаторы собирают информацию о топологии межсетевых соединений. Протоколы сетевого уровня реализуются программными модулями операционной системы, а также программными и аппаратными средствами маршрутизаторов.

- ▶ На сетевом уровне работают протоколы еще одного типа, которые отвечают за отображение адреса узла, используемого на сетевом уровне, в локальный адрес сети. Такие протоколы часто называют протоколами разрешения адресов – Address Resolution Protocol, ARP . Иногда их относят не к сетевому уровню, а к канальному, хотя тонкости классификации не изменяют сути.
- ▶ Примерами протоколов сетевого уровня являются протокол межсетевого взаимодействия IP стека TCP/IP и протокол межсетевого обмена пакетами IPX стека Novell.



# Транспортный уровень

- ▶ На пути от отправителя к получателю пакеты могут быть искажены или потеряны. Хотя некоторые приложения имеют собственные средства обработки ошибок, существуют и такие, которые предпочитают сразу иметь дело с надежным соединением.

Транспортный уровень ( Transport layer ) обеспечивает приложениям или верхним уровням стека — прикладному и сеансовому — передачу данных с той степенью надежности, которая им требуется. Модель OSI определяет пять классов сервиса, предоставляемых транспортным уровнем. Эти виды сервиса отличаются качеством предоставляемых услуг: срочностью, возможностью восстановления прерванной связи, наличием средств мультиплексирования нескольких соединений между различными прикладными протоколами через общий транспортный протокол, а главное — способностью к обнаружению и исправлению ошибок передачи, таких как искажение, потеря и дублирование пакетов.

- ▶ Выбор класса сервиса транспортного уровня определяется, с одной стороны, тем, в какой степени задача обеспечения надежности решается самими приложениями и протоколами более высоких, чем транспортный, уровней, а с другой стороны, зависит от того, насколько надежной является система транспортировки данных в сети, обеспечиваемая уровнями, расположенными ниже транспортного – сетевым, канальным и **физическим**. Так, например, если качество каналов передачи связи очень высокое, и вероятность наличия ошибок, не обнаруженных протоколами более низких уровней, невелика, стоит воспользоваться одним из облегченных сервисов транспортного уровня, не обремененных многочисленными проверками, квитированием и другими приемами повышения надежности. Если же транспортные средства нижних уровней изначально очень ненадежны, то целесообразно обратиться к наиболее развитому сервису транспортного уровня, который работает, используя максимум средств для обнаружения и устранения ошибок, – с помощью предварительного установления логического соединения, отслеживания доставки сообщений по контрольным суммам и циклической нумерации пакетов, установления тайм-аутов доставки и т. п.

Транспортный уровень – обеспечение доставки информации с требуемым качеством между любыми узлами сети:

- ▶ разбивка сообщения сеансового уровня на пакеты, их нумерация ;
- ▶ буферизация принимаемых пакетов ;
- ▶ упорядочивание прибывающих пакетов ;
- ▶ адресация прикладных процессов ;
- ▶ управление потоком.

Как правило, все протоколы, начиная с транспортного уровня и выше, реализуются программными средствами конечных узлов сети – компонентами их сетевых операционных систем. В качестве примера транспортных протоколов можно привести протоколы TCP и UDP стека TCP/IP и протокол SPX стека Novell.

- ▶ Протоколы четырех нижних уровней обобщенно называют сетевым транспортом или транспортной подсистемой, так как они полностью решают задачу транспортировки сообщений с заданным уровнем качества в составных сетях с произвольной топологией и различными технологиями. Остальные три верхних уровня решают задачи предоставления прикладных сервисов на основании имеющейся транспортной подсистемы.

# Сеансовый уровень

- ▶ Сеансовый уровень ( Session layer ) обеспечивает управление диалогом: фиксирует, какая из сторон является активной в настоящий момент, предоставляет средства синхронизации. Последние позволяют вставлять контрольные точки в длинные передачи, чтобы в случае отказа можно было вернуться назад к последней контрольной точке, а не начинать все сначала. На практике немногие приложения используют сеансовый уровень, и он редко реализуется в виде отдельных протоколов, хотя функции этого уровня часто объединяют с функциями прикладного уровня и реализуют в одном протоколе.
- ▶ Сеансовый уровень — управление диалогом объектов прикладного уровня:
- ▶ установление способа обмена сообщениями ( дуплексный или полудуплексный );
- ▶ синхронизация обмена сообщениями;
- ▶ организация " контрольных точек " диалога.

# Представительный уровень

- ▶ Представительный уровень ( Presentation layer ) имеет дело с формой представления передаваемой по сети информации, не меняя при этом ее содержания. За счет уровня представления информация, передаваемая прикладным уровнем одной системы, всегда понятна прикладному уровню другой системы. С помощью средств данного уровня протоколы прикладных уровней могут преодолеть синтаксические различия в представлении данных или же различия в кодах символов, например в кодах ASCII и EBCDIC. На этом уровне может выполняться шифрование и дешифрование данных, благодаря которому секретность обмена данными обеспечивается сразу для всех прикладных служб.

Примером такого протокола является протокол Secure Socket Layer (SSL), который обеспечивает секретный обмен сообщениями для протоколов прикладного уровня стека TCP/IP.

Уровень представления – согласовывает представление (синтаксис) данных при взаимодействии двух прикладных процессов:

- ▶ преобразование данных из внешнего формата во внутренний;
- ▶ шифрование и расшифровка данных.

## *Прикладной уровень*

- ▶ Прикладной уровень ( Application layer ) – это в действительности просто набор разнообразных протоколов, с помощью которых пользователи сети получают доступ к разделяемым ресурсам, таким как файлы, принтеры или гипертекстовые Web-страницы, а также организуют совместную работу, например с помощью протокола электронной почты. Единица данных, которой оперирует прикладной уровень, обычно называется сообщением ( message ).



Прикладной уровень — набор всех сетевых сервисов, которые предоставляет система конечному пользователю:

- ▶ идентификация, проверка прав доступа;
- ▶ принт- и файл-сервис, почта, удаленный доступ...

Существует очень много различных служб прикладного уровня. Приведем в качестве примера хотя бы несколько наиболее распространенных реализаций файловых служб: NCP в операционной системе Novell NetWare, SMB в Microsoft Windows NT, NFS, FTP и TFTP, входящие в стек TCP/IP.

## Сетезависимые и сетезависимые уровни

- ▶ Функции всех уровней модели OSI могут быть отнесены к одной из двух групп: либо к функциям, зависящим от конкретной технической реализации сети, либо к функциям, ориентированным на работу с приложениями.
- ▶ Три нижних уровня — физический, канальный и сетевой — являются сетезависимыми, то есть протоколы этих уровней тесно связаны с технической реализацией сети и используемым коммуникационным оборудованием. Например, переход на оборудование FDDI означает полную смену протоколов физического и канального уровней во всех узлах сети.

- ▶ Три верхних уровня – прикладной, представительный и сеансовый – ориентированы на приложения и мало зависят от технических особенностей построения сети. На протоколы этих уровней не влияют какие бы то ни было изменения в топологии сети, замена оборудования или переход на другую сетевую технологию. Так, переход от Ethernet к высокоскоростной технологии 100VG-AnyLAN не потребует никаких изменений в программных средствах, реализующих функции прикладного, представительного и сеансового уровней.
- ▶ Транспортный уровень является промежуточным, он скрывает все детали функционирования нижних уровней от верхних. Это позволяет разрабатывать приложения, не зависящие от технических средств непосредственной транспортировки сообщений.

- ▶ На [рис. 6.9](#) показаны уровни модели OSI, на которых работают различные элементы сети. Компьютер с установленной на нем сетевой ОС взаимодействует с другим компьютером с помощью протоколов всех семи уровней. Это взаимодействие компьютеры осуществляют опосредованно, через различные коммуникационные устройства: концентраторы, модемы, мосты, коммутаторы, маршрутизаторы, мультиплексоры.

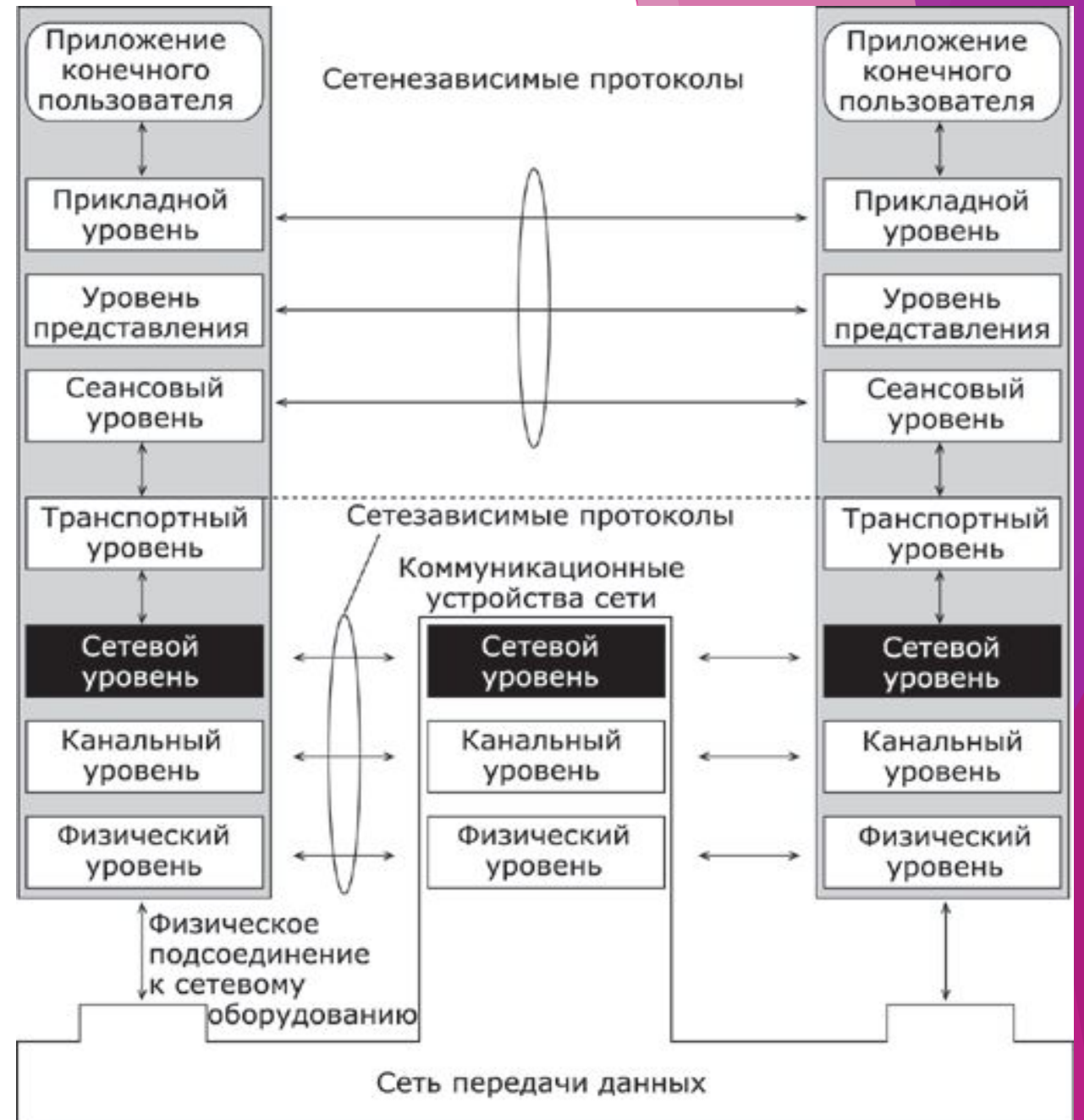
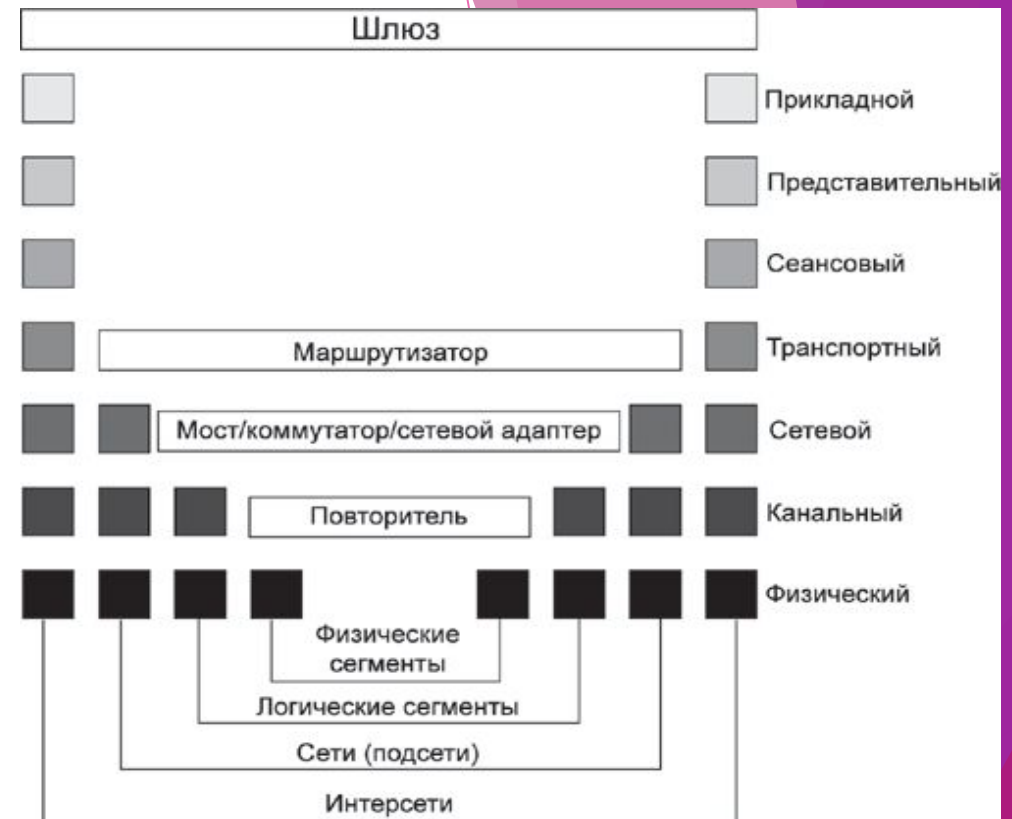


Рис. 6.9. Сетезависимые и сетезависимые уровни модели

В зависимости от типа коммуникационное устройство может работать либо только на физическом уровне ( повторитель ), либо на физическом и канальном ( мост ), либо на физическом, канальном и сетевом, иногда захватывая и транспортный уровень ( маршрутизатор ).

На [рис. 6.10](#) показано соответствие функций различных коммуникационных устройств уровням модели OSI.

Модель OSI представляет хотя и очень важную, но только одну из многих моделей коммуникаций. Эти модели и связанные с ними стеки протоколов могут отличаться количеством уровней, их функциями, форматами сообщений, службами, поддерживаемыми на верхних уровнях, и прочими параметрами.



**Рис. 6.10.** Соответствие функций различных устройств сети уровням модели OSI.

# Понятие «открытая система»

- ▶ Модель OSI, как это следует из ее названия (Open System Interconnection), описывает взаимосвязи открытых систем. Что же такое открытая система?
- ▶ В широком смысле *открытой системой* может быть названа любая система (компьютер, вычислительная сеть, ОС, программный пакет, другие аппаратные и программные продукты), которая построена в соответствии с открытыми спецификациями.
- ▶ Напомним, что под термином «спецификация» (в вычислительной технике) понимают формализованное описание аппаратных или программных компонентов, способов их функционирования, взаимодействия с другими компонентами, условий эксплуатации, ограничений и особых характеристик. Понятно, что не всякая спецификация является стандартом. В свою очередь, под открытыми спецификациями понимаются опубликованные, общедоступные спецификации, соответствующие стандартам и принятые в результате достижения согласия после всестороннего обсуждения всеми заинтересованными сторонами.

- ▶ Использование при разработке систем открытых спецификаций позволяет третьим сторонам разрабатывать для этих систем различные аппаратные или программные средства расширения и модификации, а также создавать программно аппаратные комплексы из продуктов разных производителей.
- ▶ Для реальных систем полная открытость является недостижимым идеалом. Как правило, даже в системах, называемых открытыми, этому определению соответствуют лишь некоторые части, поддерживающие внешние интерфейсы. Например, открытость семейства операционных систем Unix заключается, кроме всего прочего, в наличии стандартизованного программного интерфейса между ядром и приложениями, что позволяет легко переносить приложения из среды одной версии Unix в среду другой версии.

- ▶ Еще одним примером частичной открытости является применение в достаточно закрытой операционной системе Novell NetWare открытого интерфейса Open Driver Interface (ODI) для включения в систему драйверов сетевых адаптеров независимых производителей. Чем больше открытых спецификаций использовано при разработке системы, тем более открытой она является.
- ▶ Модель OSI касается только одного аспекта открытости, а именно открытости средств взаимодействия устройств, связанных в вычислительную сеть. Здесь под открытой системой понимается сетевое устройство, готовое взаимодействовать с другими сетевыми устройствами с использованием стандартных правил, определяющих формат, содержание и значение принимаемых и отправляемых сообщений.



Если две сети построены с соблюдением принципов открытости, то это дает следующие преимущества:

- ▶ возможность построения сети из аппаратных и программных средств различных производителей, придерживающихся одного и того же стандарта;
- ▶ возможность безболезненной замены отдельных компонентов сети другими, более совершенными, что позволяет сети развиваться с минимальными затратами;
- ▶ возможность легкого сопряжения одной сети с другой;
- ▶ простота освоения и обслуживания сети.

- ▶ Ярким примером открытой системы является международная сеть Internet. Эта сеть развивалась в полном соответствии с требованиями, предъявляемыми к открытым системам. В разработке ее стандартов принимали участие тысячи специалистов-пользователей этой сети из различных университетов, научных организаций и фирм-производителей вычислительной аппаратуры и программного обеспечения, работающих в разных странах. Само название стандартов, определяющих работу сети Internet – Request For Comments (RFC), что можно перевести как «запрос на комментарии», — показывает гласный и открытый характер принимаемых стандартов. В результате сеть Internet сумела объединить в себе самое разнообразное оборудование и программное обеспечение огромного числа сетей, разбросанных по всему миру.

