

ЛЕКЦИЯ Семиуровневая модель OSI

Для единого представления данных в сетях с неоднородными устройствами и программным обеспечением международная организация по стандартам ISO (International Standardization Organization) разработала базовую модель связи открытых систем OSI (Open System Interconnection). Эта модель описывает правила и процедуры передачи данных в различных сетевых средах при организации сеанса связи. Основными элементами модели являются уровни, прикладные процессы и физические средства соединения. На рис. 2.1 представлена структура базовой модели. Каждый уровень модели OSI выполняет определенную задачу в процессе передачи данных по сети. Базовая модель является основой для разработки сетевых протоколов. OSI разделяет коммуникационные функции в сети на семь уровней, каждый из которых обслуживает различные части процесса области взаимодействия открытых систем.



Рис. 2.1 Модель OSI

Модель OSI описывает только системные средства взаимодействия, не касаясь приложений конечных пользователей. Приложения реализуют свои собственные протоколы взаимодействия, обращаясь к системным средствам. Если приложение может взять на себя функции некоторых верхних уровней модели OSI, то для обмена данными оно обращается напрямую к системным средствам, выполняющим функции оставшихся нижних уровней модели OSI.

Тема 1. Взаимодействие уровней модели OSI

Модель OSI можно разделить на две различных модели, как показано на рис.2.2:

- горизонтальную модель на базе протоколов, обеспечивающую механизм взаимодействия программ и процессов на различных машинах;

- вертикальную модель на основе услуг, обеспечиваемых соседними уровнями друг другу на одной машине.

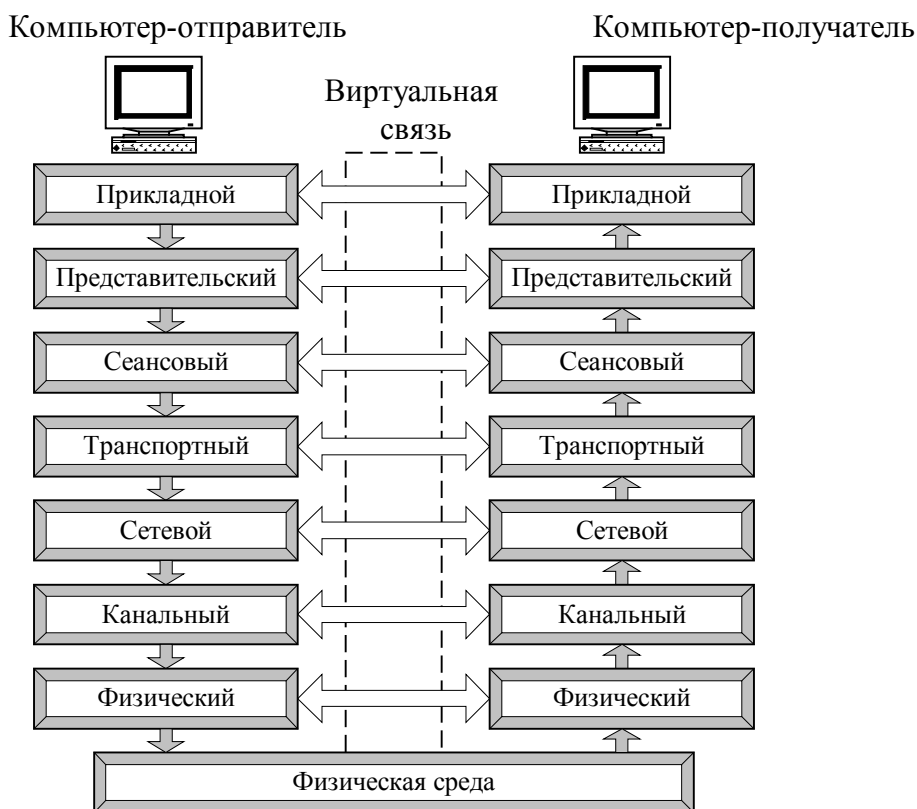


Рис. 2.2 Схема взаимодействия компьютеров в базовой эталонной модели OSI

Каждый уровень компьютера-отправителя взаимодействует с таким же уровнем компьютера-получателя, как будто он связан напрямую. Такая связь называется логической или виртуальной связью. В действительности взаимодействие осуществляется между смежными уровнями одного компьютера.

Итак, информация на компьютере-отправителе должна пройти через все уровни. Затем она передается по физической среде до компьютера-получателя и опять проходит сквозь все слои, пока не доходит до того же уровня, с которого она была послана на компьютере-отправителе.

В горизонтальной модели двум программам требуется общий протокол для обмена данными. В вертикальной модели соседние уровни обмениваются данными с использованием интерфейсов прикладных программ API (Application Programming Interface).

Перед подачей в сеть данные разбиваются на пакеты. Пакет (packet) – это единица информации, передаваемая между станциями сети. При отправке данных пакет проходит последовательно через все уровни программного обеспечения. На каждом уровне к пакету добавляется управляющая информация данного уровня (заголовок), которая необходима для успешной передачи данных по сети, как это показано на рис. 2.3, где *Заг* – заголовок пакета, *Кон* – конец пакета.

На принимающей стороне пакет проходит через все уровни в обратном порядке. На каждом уровне протокол этого уровня читает информацию пакета, затем удаляет информацию, добавленную к пакету на этом же уровне отправляющей стороной, и передает пакет следующему уровню. Когда пакет дойдет до *Прикладного* уровня, вся управляющая информация будет удалена из пакета, и данные примут свой первоначальный вид.

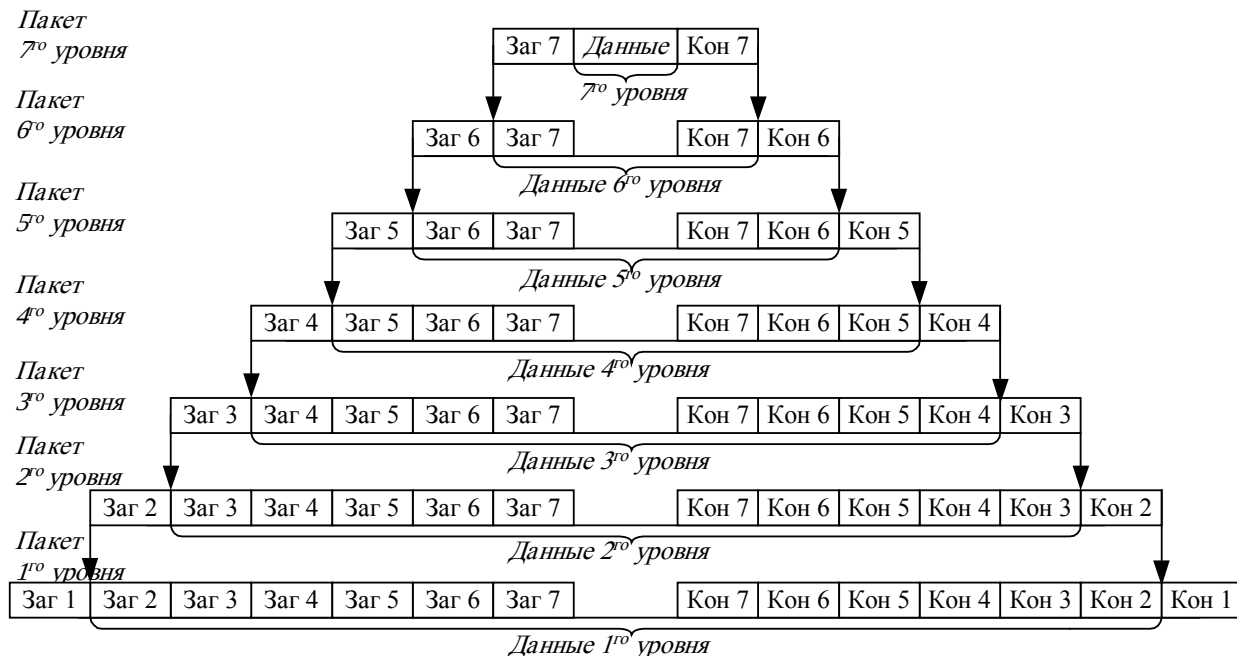


Рис. 2.3 Формирование пакета каждого уровня семиуровневой модели

Каждый уровень модели выполняет свою функцию. Чем выше уровень, тем более сложную задачу он решает.

Отдельные уровни модели *OSI* удобно рассматривать как *группы программ*, предназначенных для выполнения конкретных *функций*. Один уровень, к примеру, отвечает за обеспечение преобразования данных из *ASCII* в *EBCDIC* и содержит *программы* необходимые для выполнения этой задачи.

Каждый уровень обеспечивает сервис для вышестоящего уровня, запрашивая в свою очередь, сервис у нижестоящего уровня. Верхние уровни запрашивают сервис почти одинаково: как правило, это требование маршрутизации каких-то данных из одной сети в другую. Практическая реализация принципов адресации данных возложена на нижние уровни.

Рассматриваемая модель определяет взаимодействие открытых систем разных производителей в одной сети. Поэтому она выполняет для них координирующие действия по:

- взаимодействию прикладных процессов;
- формам представления данных;
- единообразному хранению данных;
- управлению сетевыми ресурсами;
- безопасности данных и защите информации;

– диагностике программ и технических средств.

На рис. 2.4 приведено краткое описание функций всех уровней.

7. Прикладной представляет набор интерфейсов, позволяющий получить доступ к сетевым службам
6. Представления преобразует данные в общий формат для передачи по сети
5. Сеансовый поддержка взаимодействия (сеанса) между удаленными процессами
4. Транспортный управляет передачей данных по сети, обеспечивает подтверждение передачи
3. Сетевой маршрутизация, управление потоками данных, адресация сообщений для доставки, преобразование логические сетевые адреса и имена в соответствующие им физические
2. Канальный 2.1. Контроль логической связи (LLC): формирование кадров 2.2. Контроль доступа к среде (MAC): управление доступом к среде
1. Физический: битовые протоколы передачи информации

Рис. 2.4 Функции уровней

Тема 2. Прикладной уровень (Application layer)

Прикладной уровень обеспечивает прикладным процессам средства доступа к области взаимодействия, является верхним (седьмым) уровнем и непосредственно примыкает к прикладным процессам. В действительности прикладной уровень – это набор разнообразных протоколов, с помощью которых пользователи сети получают доступ к разделяемым ресурсам, таким как файлы, принтеры или гипертекстовые Web-страницы, а также организуют свою совместную работу, например с помощью протокола электронной почты [30]. Специальные элементы прикладного сервиса обеспечивают сервис для конкретных прикладных программ, таких как программы пересылки файлов и эмуляции терминалов. Если, например программе необходимо переслать файлы, то обязательно будет использован *протокол передачи, доступа и управления файлами* FTAM (File Transfer, Access, and Management). В модели OSI *прикладная программа*, которой нужно выполнить конкретную задачу (например, обновить базу данных на компьютере), посылает конкретные данные в виде *Дейтаграммы* на

прикладной уровень. Одна из основных задач этого уровня - определить, как следует обрабатывать запрос прикладной программы, другими словами, какой вид должен принять данный запрос.

Единица данных, которой оперирует прикладной уровень, обычно называется сообщением (message).

Прикладной уровень выполняет следующие функции:

Описание форм и методов взаимодействия прикладных процессов.

1. Выполнение различных видов работ.

- передача файлов;
- управление заданиями;
- управление системой и т.д.

2. Идентификация пользователей по их паролям, адресам, электронным подписям;

3. Определение функционирующих абонентов и возможности доступа к новым прикладным процессам;

4. Определение достаточности имеющихся ресурсов;

5. Организация запросов на соединение с другими прикладными процессами;

6. Передача заявок представительскому уровню на необходимые методы описания информации;

7. Выбор процедур планируемого диалога процессов;

8. Управление данными, которыми обмениваются прикладные процессы и синхронизация взаимодействия прикладных процессов;

9. Определение качества обслуживания (время доставки блоков данных, допустимой частоты ошибок);

10.Соглашение об исправлении ошибок и определении достоверности данных;

11.Согласование ограничений, накладываемых на синтаксис (наборы символов, структура данных).

Указанные функции определяют виды сервиса, которые прикладной уровень предоставляет прикладным процессам. Кроме этого, прикладной уровень передает прикладным процессам сервис, предоставляемый физическим, канальным, сетевым, транспортным, сеансовым и представительским уровнями.

На *прикладном уровне* необходимо предоставить в распоряжение пользователей уже переработанную информацию. С этим может справиться системное и пользовательское программное обеспечение.

Прикладной уровень отвечает за доступ приложений в сеть. Задачами этого уровня является перенос файлов, обмен почтовыми сообщениями и управление сетью.

К числу наиболее распространенных протоколов верхних трех уровней относятся:

- FTP (File Transfer Protocol) протокол передачи файлов;
- TFTP (Trivial File Transfer Protocol) простейший протокол пересылки файлов;
- X.400 электронная почта;
- Telnet работа с удаленным терминалом;
- SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) простой протокол почтового обмена;
- CMIP (Common Management Information Protocol) общий протокол управления информацией;
- SLIP (Serial Line IP) IP для последовательных линий. Протокол последовательной посимвольной передачи данных;
- SNMP (Simple Network Management Protocol) простой протокол сетевого управления;
- FTAM (File Transfer, Access, and Management) протокол передачи, доступа и управления файлами.

Тема 3. Уровень представления данных (Presentation layer)

Уровень представления данных или представительский уровень представляет данные, передаваемые между прикладными процессами, в нужной форме данные.

Этот уровень обеспечивает то, что информация, передаваемая прикладным уровнем, будет понятна прикладному уровню в другой системе. В случаях необходимости уровень представления в момент передачи информации выполняет преобразование форматов данных в некоторый общий формат представления, а в момент приема, соответственно, выполняет обратное преобразование. Таким образом, прикладные уровни могут преодолеть, например, синтаксические различия в представлении данных. Такая ситуация может возникнуть в ЛВС с неоднотипными компьютерами (*IBM PC и Macintosh*), которым необходимо обмениваться данными. Так, в полях баз данных информация должна быть представлена в виде букв и цифр, а зачастую и в виде графического изображения. Обрабатывать же эти данные нужно, например, как числа с плавающей запятой.

В основу общего представления данных положена единая для всех уровней модели система ASN.1. Эта система служит для описания структуры файлов, а также позволяет решить проблему шифрования данных. На этом уровне может выполняться шифрование и дешифрование данных, благодаря которым секретность обмена данными обеспечивается сразу для всех прикладных сервисов. Примером такого протокола является протокол *Secure Socket Layer (SSL)*, который обеспечивает секретный обмен сообщениями для протоколов прикладного уровня стека TCP/IP. Этот уровень обеспечивает

преобразование данных (кодирование, компрессия и т.п.) прикладного уровня в поток информации для транспортного уровня.

Представительный уровень выполняет следующие основные функции:

1. Генерация запросов на установление сеансов взаимодействия прикладных процессов.
2. Согласование представления данных между прикладными процессами.
3. Реализация форм представления данных.
4. Представление графического материала (чертежей, рисунков, схем).
5. Засекречивание данных.
6. Передача запросов на прекращение сеансов.

Протоколы уровня представления данных обычно являются составной частью протоколов трех верхних уровней модели.

Тема 4. Сеансовый уровень (Session layer)

Сеансовый уровень – это уровень, определяющий процедуру проведения сеансов между пользователями или прикладными процессами.

Сеансовый уровень обеспечивает управление диалогом для того, чтобы фиксировать, какая из сторон является активной в настоящий момент, а также предоставляет средства синхронизации. Последние позволяют вставлять контрольные точки в длинные передачи, чтобы в случае отказа можно было вернуться назад к последней контрольной точке, вместо того чтобы начинать все сначала. На практике немногие приложения используют сеансовый уровень, и он редко реализуется.

Сеансовый уровень управляет передачей информации между прикладными процессами, координирует прием, передачу и выдачу одного сеанса связи. Кроме того, сеансовый уровень содержит дополнительно функции управления паролями, управления диалогом, синхронизации и отмены связи в сеансе передачи после сбоя вследствие ошибок в нижерасположенных уровнях. Функции этого уровня состоят в *координации связи* между двумя прикладными программами, работающими на разных рабочих станциях. Это происходит в виде хорошо структурированного диалога. В число этих функций входит создание сеанса, управление передачей и приемом пакетов сообщений во время сеанса и завершение сеанса.

На сеансовом уровне определяется, какой будет передача между двумя прикладными процессами:

- *полудуплексной* (процессы будут передавать и принимать данные по очереди);
- *дуплексной* (процессы будут передавать данные, и принимать их одновременно).

В полудуплексном режиме сеансовый уровень выдает тому процессу, который начинает передачу, *маркер данных*. Когда второму процессу

приходит время отвечать, маркер данных передается ему. Сеансовый уровень разрешает передачу только той стороне, которая обладает маркером данных.

Сеансовый уровень обеспечивает выполнение следующих функций:

1. Установление и завершение на сеансовом уровне соединения между взаимодействующими системами.
2. Выполнение нормального и срочного обмена данными между прикладными процессами.
3. Управление взаимодействием прикладных процессов.
4. Синхронизация сеансовых соединений.
5. Извещение прикладных процессов об исключительных ситуациях.
6. Установление в прикладном процессе меток, позволяющих после отказа либо ошибки восстановить его выполнение от ближайшей метки.
7. Прерывание в нужных случаях прикладного процесса и его корректное возобновление.
8. Прекращение сеанса без потери данных.
9. Передача особых сообщений о ходе проведения сеанса.

Сеансовый уровень отвечает за организацию сеансов обмена данными между оконечными машинами. Протоколы сеансового уровня обычно являются составной частью протоколов трех верхних уровней модели.

Тема 5. Транспортный уровень (Transport Layer)

Транспортный уровень предназначен для передачи пакетов через коммуникационную сеть. На транспортном уровне пакеты разбиваются на блоки.

На пути от отправителя к получателю пакеты могут быть искажены или утеряны. Хотя некоторые приложения имеют собственные средства обработки ошибок, существуют и такие, которые предпочитают сразу иметь дело с надежным соединением. Работа транспортного уровня заключается в том, чтобы обеспечить приложениям или верхним уровням модели (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.

Транспортный уровень определяет адресацию физических устройств (систем, их частей) в сети. Этот уровень гарантирует доставку блоков информации адресатам и управляет этой доставкой. Его главной задачей является обеспечение эффективных, удобных и надежных форм передачи информации

между системами. Когда в процессе обработки находится более одного пакета, транспортный уровень контролирует очередность прохождения пакетов. Если проходит дубликат принятого ранее сообщения, то данный уровень опознает это и игнорирует сообщение.

В функции транспортного уровня входят:

1. Управление передачей по сети и обеспечение целостности блоков данных.
2. Обнаружение ошибок, частичная их ликвидация и сообщение о неисправленных ошибках.
3. Восстановление передачи после отказов и неисправностей.
4. Укрупнение или разделение блоков данных.
5. Предоставление приоритетов при передаче блоков (нормальная или срочная).
6. Подтверждение передачи.
7. Ликвидация блоков при тупиковых ситуациях в сети.

Начиная с транспортного уровня, все вышележащие протоколы реализуются программными средствами, обычно включаемыми в состав сетевой операционной системы.

Наиболее распространенные протоколы транспортного уровня включают в себя:

- TCP (Transmission Control Protocol) протокол управления передачей стека TCP/IP;
- UDP (User Datagram Protocol) пользовательский протокол дейтаграмм стека TCP/IP;
- NCP (NetWare Core Protocol) базовый протокол сетей NetWare;
- SPX (Sequenced Packet eXchange) упорядоченный обмен пакетами стека Novell;
- TP4 (Transmission Protocol) – протокол передачи класса 4.

Тема 6. Сетевой уровень (Network Layer)

Сетевой уровень обеспечивает прокладку каналов, соединяющих абонентские и административные системы через коммуникационную сеть, выбор маршрута наиболее быстрого и надежного пути.

Сетевой уровень устанавливает связь в вычислительной сети между двумя системами и обеспечивает прокладку виртуальных каналов между ними. *Виртуальный или логический канал* - это такое функционирование компонентов сети, которое создает взаимодействующим компонентам иллюзию прокладки между ними нужного тракта. Кроме этого, сетевой уровень сообщает транспортному уровню о появляющихся ошибках. Сообщения сетевого уровня принято называть *пакетами* (packet). В них помещаются фрагменты данных. Сетевой уровень отвечает за их адресацию и доставку.

Прокладка наилучшего пути для передачи данных называется *маршрутизацией*, и ее решение является главной задачей сетевого уровня. Эта проблема осложняется тем, что самый короткий путь не всегда самый лучший. Часто критерием при выборе маршрута является время передачи данных по этому маршруту; оно зависит от пропускной способности каналов связи и интенсивности трафика, которая может изменяться с течением времени. 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, например, надежности передачи.

Протокол канального уровня обеспечивает доставку данных между любыми узлами только в сети с соответствующей *типовой топологией*. Это очень 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.

Таким образом, внутри сети доставка данных регулируется канальным уровнем, а вот доставкой данных между сетями занимается сетевой уровень. При организации доставки пакетов на сетевом уровне используется понятие *номер сети*. В этом случае *адрес* получателя состоит из *номера сети* и *номера компьютера* в этой сети.

Сети соединяются между собой специальными устройствами, называемыми маршрутизаторами. *Маршрутизатор* это устройство, которое собирает информацию о топологии межсетевых соединений и на ее основании пересылает пакеты сетевого уровня в сеть назначения. Для того чтобы передать сообщение от отправителя, находящегося в одной сети, получателю, находящемуся в другой сети, нужно совершить некоторое количество транзитных передач (*hops*) между сетями, каждый раз, выбирая подходящий маршрут. Таким образом, маршрут представляет собой последовательность маршрутизаторов, по которым проходит пакет.

Сетевой уровень отвечает за деление пользователей на группы и маршрутизацию пакетов на основе преобразования MAC-адресов в сетевые адреса. Сетевой уровень обеспечивает также прозрачную передачу пакетов на транспортный уровень.

Сетевой уровень выполняет функции:

1. Создание сетевых соединений и идентификация их портов.
2. Обнаружение и исправление ошибок, возникающих при передаче через коммуникационную сеть.
3. Управление потоками пакетов.
4. Организация (упорядочение) последовательностей пакетов.
5. Маршрутизация и коммутация.
6. Сегментирование и объединение пакетов.

На сетевом уровне определяется два вида протоколов. Первый вид относится к определению *правил передачи пакетов* с данными конечных узлов от узла к маршрутизатору и между маршрутизаторами. 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*. 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.

Наиболее часто на сетевом уровне используются протоколы:

- IP (Internet Protocol) протокол Internet, сетевой протокол стека TCP/IP, который предоставляет адресную и маршрутную информацию;
- IPX (Internetwork Packet Exchange) протокол межсетевого обмена пакетами, предназначенный для адресации и маршрутизации пакетов в сетях Novell;
- X.25 международный стандарт для глобальных коммуникаций с коммутацией пакетов (частично этот протокол реализован на уровне 2);
- CLNP (Connection Less Network Protocol) сетевой протокол без организации соединений.

Тема 7. Канальный уровень (Data Link)

Единицей информации канального уровня являются *кадры (frame)*. Кадры – это логически организованная структура, в которую можно помещать данные. Задача канального уровня передавать кадры от сетевого уровня к физическому уровню.

На физическом уровне просто пересылаются биты. При этом не учитывается, что в некоторых сетях, в которых линии связи используются попеременно несколькими парами взаимодействующих компьютеров, физическая среда передачи может быть занята. Поэтому одной из задач канального уровня является проверка доступности среды передачи. Другой задачей канального уровня является реализация механизмов обнаружения и коррекции ошибок.

Канальный уровень обеспечивает корректность передачи каждого кадра, помещая специальную последовательность бит, в начало и конец каждого кадра, чтобы отметить его, а также вычисляет контрольную сумму, суммируя все байты кадра определенным способом и добавляя контрольную сумму к кадру. Когда кадр приходит, 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.

Задача канального уровня - брать пакеты, поступающие с сетевого уровня и готовить их к передаче, укладывая в кадр соответствующего размера. Этот уровень обязан определить, где начинается и где заканчивается блок, а также обнаруживать ошибки передачи.

На этом же уровне определяются правила использования физического уровня узлами сети. Электрическое представление данных в ЛВС (биты данных, методы кодирования данных и маркеры) распознаются на этом и только на этом уровне. Здесь обнаруживаются и исправляются (путем требований повторной передачи данных) ошибки.

Канальный уровень обеспечивает создание, передачу и прием кадров данных. Этот уровень обслуживает запросы сетевого уровня и использует сервис физического уровня для приема и передачи пакетов. Спецификации IEEE 802.X делят канальный уровень на два подуровня:

- *LLC (Logical Link Control)* управление логическим каналом осуществляет логический контроль связи. Подуровень LLC обеспечивает обслуживание сетевого уровня и связан с передачей и приемом пользовательских сообщений.
- *MAC (Media Access Control)* контроль доступа к среде. Подуровень MAC регулирует доступ к разделяемой физической среде (передача маркера или обнаружение коллизий или столкновений) и управляет доступом к каналу связи. Подуровень *LLC* находится выше подуровня *MAC*.

Канальный уровень определяет доступ к среде и управление передачей посредством процедуры передачи данных по каналу. При больших размерах передаваемых блоков данных канальный уровень делит их на кадры и передает кадры в виде последовательностей. При получении кадров уровень формирует из них переданные блоки данных. Размер блока данных зависит от способа передачи, качества канала, по которому он передается.

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.

Канальный уровень может выполнять следующие виды функций:

1. Организация (установление, управление, расторжение) канальных соединений и идентификация их портов.
2. Организация и передача кадров.
3. Обнаружение и исправление ошибок.
4. Управление потоками данных.
5. Обеспечение прозрачности логических каналов (передачи по ним данных, закодированных любым способом).

Наиболее часто используемые протоколы на канальном уровне включают:

- HDLC (High Level Data Link Control) протокол управления каналом передачи данных высокого уровня, для последовательных соединений;
- IEEE 802.2 LLC (тип I и тип II) обеспечивают MAC для сред 802.x;
- Ethernet сетевая технология по стандарту IEEE 802.3 для сетей, использующая шинную топологию и коллективный доступ с прослушиванием несущей и обнаружением конфликтов;
- Token ring сетевая технология по стандарту IEEE 802.5, использующая кольцевую топологию и метод доступа к кольцу с передачей маркера;
- FDDI (Fiber Distributed Date Interface Station) сетевая технология по стандарту IEEE 802.6, использующая оптоволоконный носитель;
- X.25 международный стандарт для глобальных коммуникаций с коммутацией пакетов;
- Frame relay сеть, организованная из технологий X25 и ISDN.

Тема 8. Физический уровень (Physical Layer)

Физический уровень предназначен для сопряжения с *физическими средствами соединения*. *Физические средства соединения* – это совокупность *физической среды*, аппаратных и программных средств, обеспечивающая передачу сигналов между системами. *Физическая среда* – это материальная субстанция, через которую осуществляется передача сигналов. Физическая среда является основой, на которой строятся физические средства соединения. В качестве физической среды широко используются эфир, металлы, оптическое стекло и кварц.

Физический уровень состоит из Подуровня стыковки со средой и Подуровня преобразования передачи.

Первый из них обеспечивает сопряжение потока данных с используемым физическим каналом связи. Второй осуществляет преобразования, связанные с применяемыми протоколами. Физический уровень обеспечивает физический интерфейс с каналом передачи данных, а также описывает процедуры передачи сигналов в канал и получения их из канала. На этом уровне определяются электрические, механические, функциональные и процедурные параметры для физической связи в системах. Физический уровень получает пакеты данных от вышележащего канального уровня и преобразует их в оптические или электрические сигналы, соответствующие 0 и 1 бинарного потока. Эти сигналы посылаются через среду передачи на приемный узел. Механические и электрические / оптические свойства среды передачи определяются на физическом уровне и включают:

- тип кабелей и разъемов;
- разводку контактов в разъемах;
- схему кодирования сигналов для значений 0 и 1.

Физический уровень выполняет следующие функции:

1. Установление и разъединение физических соединений.
2. Передача сигналов в последовательном коде и прием.
3. Прослушивание, в нужных случаях, каналов.
4. Идентификация каналов.
5. Оповещение о появлении неисправностей и отказов.

Оповещение о появлении неисправностей и отказов связано с тем, что на физическом уровне происходит обнаружение определенного класса событий, мешающих нормальной работе сети (столкновение кадров, посланных сразу несколькими системами, обрыв канала, отключение питания, потеря механического контакта и т. д.). Виды сервиса, предоставляемого каналному уровню, определяются протоколами физического уровня. Прослушивание канала необходимо в тех случаях, когда к одному каналу подключается группа систем, но одновременно передавать сигналы разрешается только одной из них. Поэтому прослушивание канала позволяет определить, свободен ли он для передачи. В ряде случаев для более четкого определения структуры физический уровень разбивается на несколько подуровней. Например, физический уровень беспроводной сети делится на три подуровня рис. 2.5.

1c	Подуровень, не зависимый от физических средств соединения
1б	Переходный подуровень,
1а	Подуровень, зависимый от физических средств соединения

Рис. 2.5 Физический уровень беспроводной локальной сети

Функции физического уровня реализуются во всех устройствах, подключенных к сети. Со стороны компьютера функции физического уровня выполняются сетевым адаптером. Повторители являются единственным типом оборудования, которое работает только на физическом уровне.

Выполняется преобразование данных, поступающих от более высокого уровня, в сигналы передающие по кабелю. В глобальных сетях на этом уровне могут использоваться модемы и интерфейс RS-232C. В локальных сетях для преобразования данных применяют сетевые адаптеры, обеспечивающие скоростную передачу данных в цифровой форме. Пример протокола физического уровня - это широко известный интерфейс RS-232C / CCITT V.2, который является наиболее широко распространенной стандартной последовательной связью между компьютерами и периферийными устройствами.

Можно считать этот уровень, отвечающим за аппаратное обеспечение.

Физический уровень может обеспечивать как асинхронную (последовательную) так и синхронную (параллельную) передачу, которая применяется для некоторых мэйнфреймов и мини - компьютеров. На Физическом уровне должна быть определена схема кодирования для представления двоичных значений с целью их передачи по каналу связи. Во многих локальных сетях используется манчестерское кодирование.

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 на кабеле, и другие характеристики среды и электрических сигналов.

К числу наиболее распространенных спецификаций физического уровня относятся:

- EIA-RS-232-C, CCITT V.24/V.28 - механические/электрические характеристики несбалансированного последовательного интерфейса;
- EIA-RS-422/449, CCITT V.10 - механические, электрические и оптические характеристики сбалансированного последовательного интерфейса;
- Ethernet – сетевая технология по стандарту IEEE 802.3 для сетей, использующая шинную топологию и коллективный доступ с прослушиванием несущей и обнаружением конфликтов;
- Token ring – сетевая технология по стандарту IEEE 802.5, использующая кольцевую топологию и метод доступа к кольцу с передачей маркера;

Тема 9. Сетезависимые протоколы

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, протоколы этих уровней тесно связаны с технической реализацией сети, с используемым коммуникационным оборудованием. Например, переход на оборудование FDDI означает смену протоколов физического и канального уровня во всех узлах сети.

Три верхних уровня сеансовый, уровень представления и прикладной ориентированы на приложения и мало зависят от технических особенностей построения сети. На протоколы этих уровней не влияют никакие изменения в топологии сети, замена оборудования или переход на другую сетевую технологию. Так, переход от Ethernet на высокоскоростную технологию 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 уровней. Это позволяет разрабатывать приложения, не зависящие от технических средств, непосредственно занимающихся транспортировкой сообщений.

Одна рабочая станция взаимодействует с другой рабочей станцией посредством протоколов всех семи уровней. Это взаимодействие станции осуществляют через различные коммуникационные устройства: концентраторы, модемы, мосты, коммутаторы, маршрутизаторы, мультиплексоры. В зависимости от типа коммуникационное устройство может работать:

- либо только на физическом уровне (повторитель);
- либо на физическом и канальном уровнях (мост);
- либо на физическом, канальном и сетевом уровнях, иногда захватывая и транспортный уровень (маршрутизатор).

Модель OSI представляет собой 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, сервисами, предоставляемыми на верхних уровнях, и прочими параметрами.

Тема 10. Стеки коммуникационных протоколов

Иерархически организованная совокупность протоколов, решающих задачу взаимодействия узлов сети, называется *стеком коммуникационных протоколов*.

Протоколы соседних уровней, находящихся в одном узле, взаимодействуют друг с другом также в соответствии с четко определенными правилами и с помощью стандартизованных форматов сообщений. Эти правила принято называть *интерфейсом*. Интерфейс определяет набор услуг, которые нижележащий уровень предоставляет вышележащему уровню.

Вопросы

1. Что такое OSI?
2. Каково назначение базовой модели взаимодействия открытых систем?
3. На какие уровни разбита базовая модель OSI?
4. Какие функции несет уровень в модели взаимодействия открытых систем?
5. На какие единицы разбивается информация для передачи данных по сети?
6. Что обеспечивает горизонтальная составляющая модели взаимодействия открытых систем?
7. Какие элементы являются основными элементами для базовой модели взаимодействия открытых систем?

8. Какие функции выполняются на физическом уровне?
9. Какие вопросы решаются на физическом уровне?
10. Какой уровень модели OSI преобразует данные в общий формат для передачи по сети?
11. Какое оборудование используется на физическом уровне?
12. Какие известны спецификации физического уровня?
13. Перечислить функции канального уровня.
14. Какие функции канального уровня?
15. На какие подуровни разделяется канальный уровень и каковы их функции?
16. Функцией какого уровня является засекречивание и реализация форм представления данных?.
17. Какие протоколы используются на канальном уровне?
18. Какое оборудование используется на канальном уровне?
19. Какие функции выполняются и какие протоколы используются на сетевом уровне?
20. Какое оборудование используется на сетевом уровне?
21. Перечислить функции транспортного уровня.
22. Какие протоколы используются на транспортном уровне?
23. Перечислить оборудование транспортного уровня.
24. Дать определение сеансового уровня.
25. Какой уровень отвечает за доступ приложений в сеть?
26. Задачи уровня представления данных.
27. Перечислить функции прикладного уровня.
28. Перечислить протоколы верхних уровней.
29. Дать определение стандартных стеков коммуникационных протоколов

Лекция 2. Стандарты и стеки протоколов

Тема 1. Спецификации стандартов

Спецификации Institute of Electrical and Electronics Engineers IEEE802 определяют стандарты для физических компонентов сети. Эти компоненты – сетевая карта (Network Interface Card – NIC) и сетевой носитель (network media), которые относятся к физическому и канальному уровням модели OSI. Спецификации IEEE802 определяют механизм доступа адаптера к каналу связи и механизм передачи данных. Стандарты IEEE802 подразделяют канальный уровень на подуровни:

- Logical Link Control (LLC) – подуровень управления логической связью;
- Media Access Control (MAC) – подуровень управления доступом к устройствам.

Спецификации IEEE 802 делятся на двенадцать стандартов:

802.1

Стандарт 802.1 (Internetworking – объединение сетей) задает механизмы управления сетью на MAC – уровне. В разделе 802.1 приводятся основные понятия и определения, общие характеристики и требования к локальным сетям, а также поведение маршрутизации на канальном уровне, где логические адреса должны быть преобразованы в их физические адреса и наоборот.

802.2

Стандарт 802.2 (Logical Link Control – управление логической связью) определяет функционирование подуровня LLC на канальном уровне модели OSI. LLC обеспечивает интерфейс между методами доступа к среде и сетевым уровнем.

802.3

Стандарт 802.3 (Ethernet Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection – CSMA/CD LANs Ethernet – множественный доступ к сетям Ethernet с проверкой несущей и обнаружением конфликтов) описывает физический уровень и подуровень MAC для сетей, использующих шинную топологию и коллективный доступ с прослушиванием несущей и обнаружением конфликтов. Прототипом этого метода является метод доступа стандарта Ethernet (10BaseT, 10Base2, 10Base5). Метод доступа CSMA/CD. 802.3 также включает технологии Fast Ethernet (100BaseTx, 100BaseFx, 100BaseFl).

100Base-Tx – двухпарная витая пара. Использует метод MLT-3 для передачи сигналов 5-битовых порций кода 4B/5B по витой паре, а также имеется функция автопереговоров (Auto-negotiation) для выбора режима работы порта.

100Base-T4 – четырехпарная витая пара. Вместо кодирования 4В/5В в этом методе используется кодирование 8В/6Т.

100BaseFх – многомодовое оптоволокно. Эта спецификация определяет работу протокола Fast Ethernet по многомодовому оптоволокну в полудуплексном и полнодуплексном режимах на основе хорошо проверенной схемы кодирования и передачи оптических сигналов, использующейся уже на протяжении ряда лет в стандарте FDDI. Как и в стандарте FDDI, каждый узел соединяется с сетью двумя оптическими волокнами, идущими от приемника (Rx) и от передатчика (Tx).

Этот метод доступа используется в сетях с общей шиной (к которым относятся и радиосети, породившие этот метод). Все компьютеры такой сети имеют непосредственный доступ к общей шине, поэтому она может быть использована для передачи данных между любыми двумя узлами сети. Простота схемы подключения - это один из факторов, определивших успех стандарта Ethernet. Говорят, что кабель, к которому подключены все станции, работает в режиме *коллективного доступа (multiply access – МА)*.

Метод доступа CSMA/CD определяет основные временные и логические соотношения, гарантирующие корректную работу всех станций в сети.

Все данные, передаваемые по сети, помещаются в кадры определенной структуры и снабжаются уникальным адресом станции назначения. Затем кадр передается по кабелю. Все станции, подключенные к кабелю, могут распознать факт передачи кадра, и та станция, которая узнает собственный адрес в заголовках кадра, записывает его содержимое в свой внутренний буфер, обрабатывает полученные данные и посылает по кабелю кадр-ответ. Адрес станции-источника также включен в исходный кадр, поэтому станция-получатель знает, кому нужно послать ответ.

802.4

Стандарт 802.4 (Token Bus LAN – локальные сети Token Bus) определяет метод доступа к шине с передачей маркера, прототип – ArcNet.

При подключении устройств в ArcNet применяют топологию «шина» или «звезда». Адаптеры ArcNet поддерживают метод доступа Token Bus (маркерная шина) и обеспечивают производительность 2,5 Мбит/с. Этот метод предусматривает следующие правила:

- все устройства, подключённые к сети, могут передавать данные, только получив разрешение на передачу (маркер);
- в любой момент времени только одна станция в сети обладает таким правом;
- кадр, передаваемый одной станцией, одновременно анализируется всеми остальными станциями сети.

В сетях ArcNet используется асинхронный метод передачи данных (в сетях Ethernet и Token Ring применяется синхронный метод), т. е. передача каждого байта в ArcNet выполняется посылкой ISU (Information Symbol

Unit – единица передачи информации), состоящей из трёх служебных старт/стоповых битов и восьми битов данных.

802.5

Стандарт 802.5 (Token Ring LAN – локальные сети Token Ring) описывает метод доступа к кольцу с передачей маркера, прототип – Token Ring.

Сети стандарта Token Ring, так же как и сети Ethernet, используют разделяемую среду передачи данных, которая состоит из отрезков кабеля, соединяющих все станции сети в кольцо. Кольцо рассматривается как общий разделяемый ресурс, и для доступа к нему используется не случайный алгоритм, как в сетях Ethernet, а детерминированный, основанный на передаче станциями права на использование кольца в определенном порядке. Право на использование кольца передается с помощью кадра специального формата, называемого маркером, или токеном.

802.6

Стандарт 802.6 (Metropolitan Area Network – городские сети) описывает рекомендации для региональных сетей.

802.7

Стандарт 802.7 (Broadband Technical Advisory Group – техническая консультационная группа по широкополосной передаче) описывает рекомендации по широкополосным сетевым технологиям, носителям, интерфейсу и оборудованию.

802.8

Стандарт 802.8 (Fiber Technical Advisory Group – техническая консультационная группа по оптоволоконным сетям) содержит обсуждение использования оптических кабелей в сетях 802.3 – 802.6, а также рекомендации по оптоволоконным сетевым технологиям, носителям, интерфейсу и оборудованию, прототип – сеть FDDI (Fiber Distributed Data Interface).

Стандарт FDDI использует оптоволоконный кабель и доступ с применением маркера. Сеть FDDI строится на основе двух оптоволоконных колец, которые образуют основной и резервный пути передачи данных между узлами сети. Использование двух колец – это основной способ повышения отказоустойчивости в сети FDDI, и узлы, которые хотят им воспользоваться, должны быть подключены к обоим кольцам. Скорость сети до 100 Мб/с. Данная технология позволяет включать до 500 узлов на расстоянии 100 км.

802.9

Стандарт 802.9 (Integrated Voice and Data Network – интегрированные сети передачи голоса и данных) задает архитектуру и интерфейсы устройств одновременной передачи данных и голоса по одной линии, а также содержит рекомендации по гибридным сетям, в которых объединяют голосовой трафик и трафик данных в одной и той же сетевой среде.

802.10

В стандарте 802.10 (Network Security – сетевая безопасность) рассмотрены вопросы обмена данными, шифрования, управления сетями и безопасности в сетевых архитектурах, совместимых с моделью OSI.

802.11

Стандарт 802.11 (Wireless Network – беспроводные сети) описывает рекомендации по использованию беспроводных сетей.

802.12

Стандарт 802.12 описывает рекомендации по использованию сетей 100VG – AnyLAN со скоростью 100 Мб/с и методом доступа по очереди запросов и по приоритету (Demand Priority Queuing – DPQ, Demand Priority Access – DPA).

Технология 100VG – это комбинация *Ethernet* и *Token-Ring* со скоростью передачи 100 Мбит/с, работающая на неэкранированных витых парах. В проекте 100Base-VG усовершенствован метод доступа с учетом потребности мультимедийных приложений. В спецификации 100VG предусматривается поддержка волоконно-оптических кабельных систем. Технология 100VG использует метод доступа – обработка запросов по приоритету (demand priority access). В этом случае узлам сети предоставляется право равного доступа. Концентратор опрашивает каждый порт и проверяет наличие запроса на передачу, а затем разрешает этот запрос в соответствии с приоритетом. Имеется два уровня приоритетов – высокий и низкий.

Тема 2. Протоколы и стеки протоколов

Согласованный набор протоколов разных уровней, достаточный для организации межсетевого взаимодействия, называется *стеком протоколов*. Для каждого уровня определяется набор функций–запросов для взаимодействия с выше лежащим уровнем, который называется *интерфейсом*. Правила взаимодействия двух машин могут быть описаны в виде набора процедур для каждого из уровней, которые называются *протоколами*.

Существует достаточно много стеков протоколов, широко применяемых в сетях. Это и стеки, являющиеся международными и национальными

стандартами, и фирменные стеки, получившие распространение благодаря распространенности оборудования той или иной фирмы. Примерами популярных стеков протоколов могут служить стек IPX/SPX фирмы Novell, стек TCP/IP, используемый в сети Internet и во многих сетях на основе операционной системы UNIX, стек OSI международной организации по стандартизации, стек DECnet корпорации Digital Equipment и некоторые другие.

Стеки протоколов разбиваются на три уровня:

- сетевые;
- транспортные;
- прикладные.

Сетевые протоколы

Сетевые протоколы предоставляют следующие услуги: адресацию и маршрутизацию информации, проверку на наличие ошибок, запрос повторной передачи и установление правил взаимодействия в конкретной сетевой среде. Ниже приведены наиболее популярные сетевые протоколы.

- **DDP** (Datagram Delivery Protocol – Протокол доставки дейтаграмм). Протокол передачи данных Apple, используемый в Apple Talk.
- **IP** (Internet Protocol – Протокол Internet). Протокол стека TCP/IP, обеспечивающий адресную информацию и информацию о маршрутизации.
- **IPX** (Internetwork Packet eXchange – Межсетевой обмен пакетами) в NWLink. Протокол Novel NetWare, используемый для маршрутизации и направления пакетов.
- **NetBEUI** (NetBIOS Extended User Interface – расширенный пользовательский интерфейс базовой сетевой системы ввода вывода). Разработанный совместно IBM и Microsoft, этот протокол обеспечивает транспортные услуги для **NetBIOS**.

Транспортные протоколы

Транспортные протоколы предоставляют следующие услуги надежной транспортировки данных между компьютерами. Ниже приведены наиболее популярные транспортные протоколы.

- **ATP** (Apple Talk Protocol – Транзакционный протокол Apple Talk) и **NBP** (Name Binding Protocol – Протокол связывания имен). Сеансовый и транспортный протоколы Apple Talk.
- **NetBIOS** (Базовая сетевая система ввода вывода). NetBIOS Устанавливает соединение между компьютерами, а **NetBEUI** предоставляет услуги передачи данных для этого соединения.

- **SPX** (Sequenced Packet eXchange – Последовательный обмен пакетами) в NWLink. Протокол Novel NetWare, используемый для обеспечения доставки данных.
- **TCP** (Transmission Control Protocol – Протокол управления передачей). Протокол стека TCP/IP, отвечающий за надежную доставку данных.

Прикладные протоколы

Прикладные протоколы отвечают за взаимодействие приложений. Ниже приведены наиболее популярные прикладные протоколы.

- **AFP** (Apple Talk File Protocol – Файловый протокол Apple Talk). Протокол удаленного управления файлами Macintosh.
- **FTP** (File Transfer Protocol – Протокол передачи файлов). Протокол стека TCP/IP, используемый для обеспечения услуг по передачи файлов.
- **NCP** (NetWare Core Protocol – Базовый протокол NetWare). Оболочка и редиректоры клиента Novel NetWare.
- **SNMP** (Simple Network Management Protocol – Простой протокол управления сетью). Протокол стека TCP/IP, используемый для управления и наблюдения за сетевыми устройствами.
- **HTTP** (Hyper Text Transfer Protocol) – протокол передачи гипертекста и другие протоколы.

Тема 3. Стек OSI

Следует различать стек протоколов OSI и модель OSI рис.3.1. Стек OSI – это набор вполне конкретных спецификаций протоколов, образующих согласованный стек протоколов. Этот стек протоколов поддерживает правительство США в своей программе GOSIP. Стек OSI в отличие от других стандартных стеков полностью соответствует модели взаимодействия OSI и включает спецификации для всех семи уровней модели взаимодействия открытых систем

Модель OSI

Стек OSI

Уровень приложения	X.400	X.500	VT	FTAM	JTM	другие
Уровень представления	Представительный протокол OSI					
Уровень сеанса	Сеансовый протокол OSI					
Уровень транспорта	Транспортные протоколы OSI (классы 0-4)					
Уровень сети	Сетевые протоколы с установлением и без установления соединения					
Канальный уровень	Ethernet (OSI-8802.3, IEEE-802.3)	Token Bus (OSI-8802.4, IEEE-802.4)	Token Ring (OSI-8802.5, IEEE-802.5)	X.25 HDLS LAP-B	ISDN	FDDI (ISO-9314)
Физический уровень						

Рис. 3.1 Стек OSI

На *физическом и канальном уровнях* стек OSI поддерживает спецификации Ethernet, Token Ring, FDDI, а также протоколы LLC, X.25 и ISDN.

На *сетевом уровне* реализованы протоколы, как без установления соединений, так и с установлением соединений.

Транспортный протокол стека OSI скрывает различия между сетевыми сервисами с установлением соединения и без установления соединения, так что пользователи получают нужное качество обслуживания независимо от нижележащего сетевого уровня. Чтобы обеспечить это, транспортный уровень требует, чтобы пользователь задал нужное качество обслуживания. Определены 5 классов транспортного сервиса, от низшего класса 0 до высшего класса 4, которые отличаются степенью устойчивости к ошибкам и требованиями к восстановлению данных после ошибок.

Сервисы *прикладного уровня* включают передачу файлов, эмуляцию терминала, службу каталогов и почту. Из них наиболее перспективными являются служба каталогов (стандарт X.500), электронная почта (X.400), протокол виртуального терминала (VT), протокол передачи, доступа и управления файлами (FTAM), протокол пересылки и управления работами (JTM). В последнее время ISO сконцентрировала свои усилия именно на сервисах верхнего уровня.

Тема 4. Архитектура стека протоколов Microsoft TCP/IP

Набор многоуровневых протоколов, или как называют стек *TCP/IP*, предназначен для использования в различных вариантах сетевого окружения. Стек *TCP/IP* с точки зрения системной архитектуры соответствует эталонной модели OSI (Open Systems Interconnection – взаимодействие открытых систем) и позволяет обмениваться данными по сети приложениям и службам, работающим практически на любой платформе, включая Unix, Windows, Macintosh и другие.

Модель OSI	Модель TCP/IP		
Уровень приложения	Сокеты Windows		
Уровень представления	NetBIOS		
Уровень сеанса	Интерфейс TDI		
Уровень транспорта	TCP		
Уровень сети	UDP		
	ICMP IP ARP		
	IGMP RARP		
	Интерфейс NDIS		
Канальный уровень	Ethernet		
Физический уровень	FDDI		
	Драйверы сетевых карт		
	Сетевые адаптеры		
	PPP		
	Трансляция кадров		
	Уровень сетевого интерфейса		

Рис. 3.2 Соответствие семиуровневой модели OSI и четырехуровневой модели TCP/IP

Реализация TCP/IP фирмы Microsoft [1] соответствует четырехуровневой модели вместо семиуровневой модели, как показано на рис. 3.2. Модель TCP/IP включает большее число функций на один уровень, что приводит к уменьшению числа уровней. В модели используются следующие уровни:

- уровень *Приложения* модели TCP/IP соответствует уровням *Приложения*, *Представления* и *Сеанса* модели OSI;
- уровень *Транспорта* модели TCP/IP соответствует аналогичному уровню *Транспорта* модели OSI;
- *межсетевой* уровень модели TCP/IP выполняет те же функции, что и уровень *Сети* модели OSI;
- уровень сетевого интерфейса модели TCP/IP соответствует *Канальному* и *Физическому* уровням модели OSI.

Уровень Приложения

Через уровень *Приложения* модели TCP/IP приложения и службы получают доступ к сети. Доступ к протоколам TCP/IP осуществляется посредством двух программных интерфейсов (API – Application Programming Interface):

- Сокеты Windows;
- NetBIOS.

Интерфейс *сокетов Windows*, или как его называют *WinSock*, является сетевым программным интерфейсом, предназначенным для облегчения взаимодействия между различными TCP/IP – приложениями и семействами протоколов.

Интерфейс *NetBIOS* используется для связи между процессами (IPC – Interposes Communications) служб и приложений ОС Windows. *NetBIOS* выполняет три основных функции:

- определение имен NetBIOS;
- служба дейтаграмм NetBIOS;
- служба сеанса NetBIOS.

В таблице 3.1 приведено семейство протоколов TCP/IP.

Таблица 3.1

Название протокола	Описание протокола
WinSock	Сетевой программный интерфейс
NetBIOS	Связь с приложениями ОС Windows
TDI	Интерфейс транспортного драйвера (Transport Driver Interface) позволяет создавать

	компоненты сеансового уровня.
TCP	Протокол управления передачей (Transmission Control Protocol)
UDP	Протокол пользовательских дейтаграмм (User Datagram Protocol)
ARP	Протокол разрешения адресов (Address Resolution Protocol)
RARP	Протокол обратного разрешения адресов (Reverse Address Resolution Protocol)
IP	Протокол Internet (Internet Protocol)
ICMP	Протокол управляющих сообщений Internet (Internet Control Message Protocol)
IGMP	Протокол управления группами Интернета (Internet Group Management Protocol),
NDIS	Интерфейс взаимодействия между драйверами транспортных протоколов
FTP	Протокол пересылки файлов (File Transfer Protocol)
TFTP	Простой протокол пересылки файлов (Trivial File Transfer Protocol)

Уровень транспорта

Уровень транспорта TCP/IP отвечает за установления и поддержания соединения между двумя узлами. Основные функции уровня:

- подтверждение получения информации⁴
- управление потоком данных;
- упорядочение и ретрансляция пакетов.

В зависимости от типа службы могут быть использованы два протокола:

- TCP (Transmission Control Protocol – протокол управления передачей);
- UDP (User Datagram Protocol – пользовательский протокол дейтаграмм).

TCP обычно используют в тех случаях, когда приложению требуется передать большой объем информации и убедиться, что данные своевременно получены адресатом. Приложения и службы, отправляющие небольшие объемы данных и не нуждающиеся в получении подтверждения, используют протокол UDP, который является протоколом без установления соединения.

Протокол управления передачей (TCP)

Протокол TCP отвечает за надежную передачу данных от одного узла сети к другому. Он создает сеанс с установлением соединения, иначе говоря

виртуальный канал между машинами. Установление соединения происходит в три шага:

1. Клиент, запрашивающий соединение, отправляет серверу пакет, указывающий номер порта, который клиент желает использовать, а также код (определенное число) ISN (Initial Sequence number).
2. Сервер отвечает пакетом, содержащий ISN сервера, а также ISN клиента, увеличенный на 1.
3. Клиент должен подтвердить установление соединения, вернув ISN сервера, увеличенный на 1.

Трехступенчатое открытие соединения устанавливает номер порта, а также ISN клиента и сервера. Каждый, отправляемый TCP – пакет содержит номера TCP – портов отправителя и получателя, номер фрагмента для сообщений, разбитых на меньшие части, а также контрольную сумму, позволяющую убедиться, что при передачи не произошло ошибок.

Пользовательский протокол дейтаграмм (UDP)

В отличие от TCP UDP не устанавливает соединения. Протокол UDP предназначен для отправки небольших объемов данных без установки соединения и используется приложениями, которые не нуждаются в подтверждении адресатом их получения. UDP также использует номера портов для определения конкретного процесса по указанному IP адресу. Однако UDP порты отличаются от TCP портов и, следовательно, могут использовать те же номера портов, что и TCP, без конфликта между службами.

Межсетевой уровень

Межсетевой уровень отвечает за маршрутизацию данных внутри сети и между различными сетями. На этом уровне работают маршрутизаторы, которые зависят от используемого протокола и используются для отправки пакетов из одной сети (или ее сегмента) в другую (или другой сегмент сети). В стеке TCP/IP на этом уровне используется протокол IP.

Протокол Интернета IP

Протокол IP обеспечивает обмен дейтаграммами между узлами сети и является протоколом, не устанавливающим соединения и использующим дейтаграммы для отправки данных из одной сети в другую. Данный протокол не ожидает получение подтверждения (ASK, Acknowledgment) отправленных пакетов от узла адресата. Подтверждения, а также повторные отправки пакетов осуществляется протоколами и процессами, работающими на верхних уровнях модели.

К его функциям относится фрагментация дейтаграмм и межсетевая адресация. Протокол IP предоставляет управляющую информацию для сборки фрагментированных дейтаграмм. Главной функцией протокола является межсетевая и глобальная адресация. В зависимости от размера

сети, по которой будет маршрутизироваться дейтаграмма или пакет, применяется одна из трех схем адресации.

Адресация в IP-сетях

Каждый компьютер в сетях TCP/IP имеет адреса трех уровней: физический (MAC-адрес), сетевой (IP-адрес) и символьный (DNS-имя).

Физический, или локальный адрес узла, определяемый технологией, с помощью которой построена сеть, в которую входит узел. Для узлов, входящих в локальные сети - это MAC-адрес сетевого адаптера или порта маршрутизатора, например, 11-A0-17-3D-BC-01. Эти адреса назначаются производителями оборудования и являются уникальными адресами, так как управляются централизованно. Для всех существующих технологий локальных сетей MAC – адрес имеет формат 6 байтов: старшие 3 байта - идентификатор фирмы производителя, а младшие 3 байта назначаются уникальным образом самим производителем.

Сетевой, или IP-адрес, состоящий из 4 байт, например, 109.26.17.100. Этот адрес используется на сетевом уровне. Он назначается администратором во время конфигурирования компьютеров и маршрутизаторов. IP-адрес состоит из двух частей: номера сети и номера узла. Номер сети может быть выбран администратором произвольно, либо назначен по рекомендации специального подразделения Internet (Network Information Center, NIC), если сеть должна работать как составная часть Internet. Обычно провайдеры услуг Internet получают диапазоны адресов у подразделений NIC, а затем распределяют их между своими абонентами. Номер узла в протоколе IP назначается независимо от локального адреса узла. Деление IP-адреса на поле номера сети и номера узла - гибкое, и граница между этими полями может устанавливаться произвольно. Узел может входить в несколько IP-сетей. В этом случае узел должен иметь несколько IP-адресов, по числу сетевых связей. IP-адрес характеризует не отдельный компьютер или маршрутизатор, а одно сетевое соединение.

Символьный адрес, или DNS-имя, например, SERV1.IBM.COM. Этот адрес назначается администратором и состоит из нескольких частей, например, имени машины, имени организации, имени домена. Такой адрес используется на прикладном уровне, например, в протоколах FTP или telnet.

Протоколы сопоставления адреса ARP и RARP

Для определения локального адреса по IP-адресу используется протокол разрешения адреса *Address Resolution Protocol (ARP)*. ARP работает различным образом в зависимости от того, какой протокол канального уровня работает в данной сети – протокол локальной сети (Ethernet, Token Ring, FDDI) с возможностью широковещательного доступа одновременно ко всем узлам сети, или же протокол глобальной сети (X.25, frame relay), как правило, не поддерживающий широковещательный доступ.

Существует также протокол, решающий обратную задачу – нахождение IP-адреса по известному локальному адресу. Он называется реверсивный ARP – *RARP (Reverse Address Resolution Protocol)* и используется при старте бездисковых станций, не знающих в начальный момент своего IP-адреса, но знающих адрес своего сетевого адаптера.

В локальных сетях ARP использует широковещательные кадры протокола канального уровня для поиска в сети узла с заданным IP-адресом.

Узел, которому нужно выполнить отображение IP-адреса на локальный адрес, формирует ARP-запрос, вкладывает его в кадр протокола канального уровня, указывая в нем известный IP-адрес, и рассылает запрос широковещательно. Все узлы локальной сети получают ARP-запрос и сравнивают указанный там IP-адрес с собственным адресом. В случае их совпадения узел формирует ARP-ответ, в котором указывает свой IP-адрес и свой локальный адрес и отправляет его уже направленно, так как в ARP-запросе отправитель указывает свой локальный адрес. ARP-запросы и ответы используют один и тот же формат пакета.

Протокол ICMP

Протокол управления сообщениями Интернета (ICMP – Internet Control Message Protocol) используется IP и другими протоколами высокого уровня для отправки и получения отчетов о состоянии переданной информации. Этот протокол используется для контроля скорости передачи информации между двумя системами. Если маршрутизатор, соединяющий две системы, перегружен трафиком, он может отправить специальное сообщение ICMP – ошибку для уменьшения скорости отправления сообщений.

Протокол IGMP

Узлы локальной сети используют протокол управления группами Интернета (IGMP – Internet Group Management Protocol), чтобы зарегистрировать себя в группе. Информация о группах содержится на маршрутизаторах локальной сети. Маршрутизаторы используют эту информацию для передачи групповых сообщений.

Групповое сообщение, как и широковещательное, используется для отправки данных сразу нескольким узлам.

NDIS

Network Device Interface Specification – спецификация интерфейса сетевого устройства, программный интерфейс, обеспечивающий взаимодействие между драйверами транспортных протоколов, и соответствующими драйверами сетевых интерфейсов. Позволяет использовать несколько протоколов, даже если установлена только одна сетевая карта.

Уровень сетевого интерфейса

Этот уровень модели TCP/IP отвечает за распределение IP-дейтаграмм. Он работает с ARP для определения информации, которая должна быть помещена в заголовок каждого кадра. Затем на этом уровне создается кадр, подходящий для используемого типа сети, такого как Ethernet, Token Ring или ATM, затем IP-дейтаграмма помещается в область данных этого кадра, и он отправляется в сеть.

Вопросы

1. Назначение спецификации стандартов IEEE802.
2. Какой стандарт описывает сетевую технологию Ethernet?
3. Какой стандарт определяет задачи управления логической связью?
4. Какой стандарт задает механизмы управления сетью?
5. Какой стандарт описывает сетевую технологию ArcNet?
6. Какой стандарт описывает сетевую технологию Token Ring?
7. Какой стандарт содержит рекомендации по оптоволоконным сетевым технологиям?
8. Что такое интерфейс уровня базовой модели OSI?
9. Что такое протокол уровня базовой модели OSI?
10. Дать определение стека протоколов.
11. На какие уровни разбиваются стеки протоколов?
12. Назвать наиболее популярные сетевые протоколы.
13. Назвать наиболее популярные транспортные протоколы.
14. Назвать наиболее популярные прикладные протоколы.
15. Перечислить наиболее популярные стеки протоколов.
16. Назначение программных интерфейсов сокетов Windows и NetBIOS.
17. Чем отличается протокол TCP от UDP?
18. Функции протокола IP.
19. Какие существуют виды адресации в IP-сетях?
20. Какой протокол необходим для определения локального адреса по IP-адресу?
21. Какой протокол необходим для определения IP-адреса по локальному адресу?
22. Какой протокол используется для управления сообщениями Интернета?
23. Назначение уровня сетевого интерфейса стека TCP/IP.