

## **Лекция 4. Открытые системы и модель OSI**

Универсальный тезис о пользе стандартизации в компьютерных сетях приобретает особое значение. Сеть — это соединение разного оборудования, отсюда возникает проблема совместимости. Для создания различных сетей необходимо соблюдение всеми производителями оборудования и сетевыми администраторами общепринятых правил.

В компьютерных сетях идеологической основой стандартизации является многоуровневый подход к разработке средств сетевого взаимодействия. Именно на основе этого подхода была разработана стандартная семиуровневая модель взаимодействия открытых систем, ставшая своего рода универсальным языком сетевых специалистов.

### **1. Многоуровневый подход**

#### **1.1. Декомпозиция задачи сетевого взаимодействия**

Организация взаимодействия между устройствами в сети является сложной задачей. Для решения сложных задач используется универсальный прием — декомпозиция, то есть разбиение одной сложной задачи на несколько более простых задач-модулей.

Декомпозиция состоит в четком определении функций каждого модуля, а также порядка их взаимодействия (интерфейсов). В результате достигается логическое упрощение задачи, и появляется возможность модификации отдельных модулей без изменения остальной части системы.

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. 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. 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 тоже представляются в виде иерархически организованного множества модулей. Очевидно, что решение задачи, порученной вышележащему уровню, может быть получено путем многократных обращений к нижележащему уровню.

#### **1.2. 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 размера 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.

В сущности, протокол и интерфейс выражают одно и то же понятие, но традиционно в сетях за ними закрепили разные области действия. *Протоколы* определяют правила взаимодействия модулей одного уровня в разных узлах, а *интерфейсы* — правила взаимодействия модулей соседних уровней в одном узле.

Средства каждого уровня должны отрабатывать, во-первых, свой 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 — формально определенной процедурой и протоколом — программным модулем, реализующим эту процедуру, аналогично соотношению между алгоритмом решения некоторой задачи и программой, решающей эту задачу.

Протоколы реализуются не только компьютерами, но и другими сетевыми устройствами — концентраторами, мостами, коммутаторами, маршрутизаторами и т. д.

## **2. Модель OSI**

### **2.1. Общая характеристика модели OSI**

В начале 80-х годов была разработана модель, которая сыграла значительную роль в развитии сетей. Эта модель называется *моделью взаимодействия открытых систем (Open System Interconnection, OSI)* или *моделью OSI*. Модель OSI определяет различные уровни взаимодействия систем в сетях с коммутацией пакетов, дает им стандартные имена и указывает, какие функции должен выполнять каждый уровень. Полное описание этой модели занимает более 1000 страниц текста.

В модели OSI средства взаимодействия делятся на семь уровней (сверху вниз): *прикладной, представительный, сеансовый, транспортный, сетевой,*

*канальный и физический*. Каждый уровень имеет дело с одним определенным аспектом взаимодействия сетевых устройств.

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

Следует также иметь в виду, что приложение может взять на себя функции некоторых верхних уровней модели OSI. Например, некоторые СУБД имеют встроенные средства удаленного доступа к файлам. В этом случае приложение, выполняя доступ к удаленным ресурсам, не использует системную файловую службу; оно обходит верхние уровни модели OSI и обращается напрямую к системным средствам, ответственным за транспортировку сообщений по сети, которые располагаются на нижних уровнях модели OSI.

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

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

Когда сообщение по сети поступает на машину-адресат, оно принимается ее физическим уровнем и последовательно перемещается вверх с уровня на

уровень. Каждый уровень анализирует и обрабатывает заголовок своего уровня, выполняя соответствующие данному уровню функции, а затем удаляет этот заголовок и передает сообщение вышележащему уровню.

Наряду с термином *сообщение* (message) существуют и другие термины, применяемые сетевыми специалистами для обозначения единиц обмена данными в процедурах обмена. В стандартах ISO для обозначения единиц обмена данными, 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).

## 2.2. Физический уровень

**Физический уровень (*Physical layer*)** имеет дело с передачей битов по физическим каналам связи (например, витая пара). К этому уровню имеют отношение характеристики физических сред передачи данных, такие как полоса пропускания, волновое сопротивление и др. На этом же уровне определяются характеристики электрических сигналов, передающих дискретную информацию, например уровень напряжения передаваемого сигнала, тип кодирования. Кроме этого, здесь стандартизуются типы разъемов и назначение каждого контакта.

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 м, манчестерский код для представления данных, а также некоторые другие характеристики среды и электрических сигналов.

## 2.3. Канальный уровень

На физическом уровне просто пересылаются биты. При этом не учитывается, что в некоторых 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. Другой задачей канального уровня является 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 битов в начало и конец каждого кадра для его выделения, а также вычисляет контрольную сумму, обрабатывая все байты кадра определенным способом и добавляя 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. **Функция исправления ошибок не является обязательной для канального уровня.**

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 совершенно 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.

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» могут служить широко распространенные протоколы PPP и LAP-B. Для доставки сообщений между конечными узлами через всю сеть используются средства более высокого сетевого уровня.

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.

## **2.4. Сетевой уровень**

**Сетевой уровень (*Network layer*)** служит для образования единой транспортной системы, объединяющей несколько сетей, причем эти сети могут использовать совершенно разные принципы передачи сообщений между конечными узлами и обладать произвольной структурой связей. Функции сетевого уровня достаточно разнообразны. Начнем их рассмотрение на примере объединения локальных сетей.

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 характер структуры связей между составляющими сетями отличается 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 на ее основании 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* (*hop* — прыжок), каждый раз выбирая подходящий маршрут. Таким образом, маршрут представляет собой последовательность маршрутизаторов, через которые проходит пакет.

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 по этому маршруту; оно зависит от пропускной способности каналов связи и интенсивности трафика, которая может изменяться с течением времени. Выбор маршрута может осуществляться и по другим критериям, например надежности передачи.

Сетевой уровень может также решать 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.

На сетевом уровне определяются два вида протоколов. Первый вид — *сетевые протоколы* (*network protocols*) — реализуют продвижение пакетов через сеть. 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 их сути.

Примерами протоколов сетевого уровня являются протокол межсетевого взаимодействия IP стека TCP/IP и протокол межсетевого обмена пакетами IPX стека Novell.

## 2.5. Транспортный уровень

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. **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 мультимплексирования 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. С другой стороны, этот выбор зависит от того, насколько надежной является система транспортировки данных в сети, обеспечиваемая уровнями, расположенными ниже транспортного — сетевым, канальным и физическим.

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 нижних четырех 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. Оставшиеся три верхних уровня решают задачи предоставления прикладных сервисов на основании имеющейся транспортной подсистемы.

## 2.6. Сеансовый уровень

**Сеансовый уровень (*Session layer*) обеспечивает управление взаимодействием: 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 с начала. 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.

## 2.7. 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 кодов ASCII и EBCDIC. На этом уровне может выполняться шифрование и дешифрование данных, благодаря которым 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.

## 2.8. 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 свою совместную работу, например, по протоколу электронной почты. Единица данных, которой оперирует прикладной уровень, обычно называется *сообщением (message)*.

Существует очень большое разнообразие 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.

## 2.9. Сетезависимые и сетенезависимые 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 с оборудования Ethernet 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 на более скоростную технологию



Fast Ethernet не требует никаких изменений в программных средствах, реализующих функции прикладного, представительного и сеансового уровней.

Транспортный уровень является промежуточным, он скрывает детали функционирования нижних уровней от верхних. Это позволяет разрабатывать приложения, не зависящие от технических средств непосредственной транспортировки сообщений.

Компьютер с установленной на нем сетевой ОС взаимодействует с другим компьютером по протоколам всех семи уровней. Это взаимодействие компьютеры 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 (мост), либо на физическом, канальном и сетевом, иногда захватывая и транспортный уровень (маршрутизатор).

### **3. Стандартизация сетей**

#### **3.1. Понятие «открытая система»**

Модель OSI, как это следует из ее названия (Open System Interconnection), описывает взаимосвязи открытых систем.

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*. 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.

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.

Соблюдение принципов открытости при построении сетей 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;
- простоту освоения и обслуживания сети.

Ярким примером открытой системы является международная сеть Интернет. Само название стандартов, определяющих работу сети Интернет — Request For Comments (RFC), что можно перевести как «запрос на комментарии», — показывает гласный и открытый характер принимаемых стандартов.

### **3.2. Модульность и стандартизация**

Модульность — это одно из неотъемлемых и естественных свойств вычислительных сетей. Сеть состоит из огромного числа различных модулей — компьютеров, сетевых адаптеров, мостов, маршрутизаторов, модемов, операционных систем и модулей приложений. Разнообразные требования, предъявляемые предприятиями к компьютерным сетям, привели к такому же разнообразию выпускаемых для построения сети устройств и программ. В результате совершенно необходимым оказалось принятие многочисленных стандартов, которые гарантировали бы совместимость оборудования и программ различных фирм-изготовителей. Модульный подход только тогда дает преимущества, когда он сопровождается следованием стандартам. Большинство стандартов, принимаемых сегодня, носят открытый характер.

Сегодня в секторе сетевого оборудования и программ с совместимостью продуктов разных производителей сложилась следующая ситуация. Практически все продукты, как программные, так и аппаратные, совместимы по функциям и свойствам, которые были внедрены в практику уже достаточно давно и стандарты на которые уже разработаны и приняты по крайней мере 3-4 года назад. В то же время очень часто принципиально новые устройства, протоколы и свойства оказываются несовместимыми даже у ведущих производителей.

### **3.3. Источники стандартов**

Работы по стандартизации вычислительных сетей ведутся большим количеством организаций. В зависимости от статуса организаций различают следующие виды стандартов:

- *стандарты отдельных фирм* (например, графический интерфейс OPEN LOOK для UNIX-систем фирмы Sun);
- *стандарты специальных комитетов и объединений*, создаваемых несколькими фирмами, например, стандарты союза Fast Ethernet Alliance по разработке стандартов 100 Мбит Ethernet;
- *национальные стандарты*, например, стандарты безопасности для операционных систем, разработанные Национальным центром компьютерной безопасности (NCSC) Министерства обороны США;
- *международные стандарты*, например, модель и стек коммуникационных протоколов OSI Международной организации по стандартизации (ISO).

Некоторые стандарты, непрерывно развиваясь, могут переходить из одной категории в другую. В частности, фирменные стандарты на продукцию, получившую широкое распространение, обычно становятся международными стандартами «де-факто», так как вынуждают производителей из разных стран следовать фирменным стандартам, чтобы обеспечить совместимость своих изделий с этими популярными продуктами. Например, из-за феноменального успеха персонального компьютера компании IBM фирменный стандарт на архитектуру IBM PC стал международным стандартом де-факто.

Более того, ввиду широкого распространения некоторые фирменные стандарты становятся основой для национальных и международных стандартов «де-юре». Например, стандарт Ethernet, первоначально разработанный компаниями Digital Equipment, Intel и Xerox, через некоторое время и в несколько измененном виде был принят как национальный стандарт IEEE 802.3, а затем организация ISO утвердила его в качестве международного стандарта ISO 8802.3.

Далее приводятся краткие сведения об организациях, наиболее активно и успешно занимающихся разработкой стандартов в области вычислительных сетей.

- *Международная организация по стандартизации (International Organization for Standardization, ISO)*, часто называемая также *International Standards Organization*, представляет собой ассоциацию ведущих национальных организаций по стандартизации разных стран. Главным достижением ISO явилась модель взаимодействия открытых систем OSI, которая в настоящее время является концептуальной основой стандартизации в области вычислительных сетей.

- *Международный союз электросвязи (International Telecommunications Union, ITU)* — организация, являющаяся в настоящее время специализированным органом Организации Объединенных Наций. Наиболее значительную роль в стандартизации вычислительных сетей играет постоянно действующий в рамках этой организации сектор телекоммуникационной стандартизации (ITU Telecommunication Standardization Sector, ITU-T). ITU-T разрабатывает международные стандарты в области телефонии, телематических служб (электронной почты, факсимильной связи, телетекста, телекса и т. д.), передачи данных, аудио- и видеосигналов. Раз в четыре года издаются труды ITU-T в виде так называемой «Книги», которая на самом деле представляет собой целый набор обычных книг, сгруппированных в выпуски, которые, в свою очередь, объединяются в тома. Каждый том и выпуск содержат логически взаимосвязанные рекомендации. Например, том III Синей книги содержит рекомендации для цифровых сетей с интеграцией услуг (ISDN).

- *Институт инженеров по электротехнике и радиоэлектронике (Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE)* — национальная организация США, определяющая сетевые стандарты. В 1981 году рабочая группа 802 этого института сформулировала основные требования, которым должны удовлетворять локальные вычислительные сети. Группа 802 определила множество стандартов, из них самыми известными являются

стандарты 802.1, 802.2, 802.3 и 802.5, которые описывают общие понятия, используемые в области локальных сетей, а также стандарты на два нижних уровня сетей Ethernet и Token Ring.

□ *Европейская ассоциация производителей компьютеров (European Computer Manufacturers Association, ECMA)* — некоммерческая организация, активно сотрудничающая с ITU-T и ISO, занимается разработкой стандартов и технических обзоров, относящихся к компьютерной и коммуникационной технологиям. Известна своим стандартом ECMA-101, используемым при передаче отформатированного текста и графических изображений с сохранением оригинального формата.

□ *Ассоциация производителей компьютеров и оргтехники (Computer and Business Equipment Manufacturers Association, CBEMA)* — организация американских фирм-производителей аппаратного обеспечения; аналогична европейской ассоциации ЕКМА; участвует в разработке стандартов на обработку информации и соответствующее оборудование.

□ *Ассоциация электронной промышленности (Electronic Industries Association, EIA)* — промышленно-торговая группа производителей электронного и сетевого оборудования; является национальной коммерческой ассоциацией США; проявляет значительную активность в разработке стандартов для проводов, коннекторов и других сетевых компонентов. Ее наиболее известный стандарт - RS-232C.

□ *Министерство обороны США (Department of Defense, DoD)* имеет многочисленные подразделения, занимающиеся созданием стандартов для компьютерных систем. Одной из самых известных разработок DoD является стек транспортных протоколов TCP/IP.

□ *Американский национальный институт стандартов (American National Standards Institute, ANSI)* — эта организация представляет США в Международной организации по стандартизации ISO. Комитеты ANSI ведут работу по разработке стандартов в различных областях вычислительной техники. В области микрокомпьютеров ANSI разрабатывает стандарты на языки программирования, интерфейс SCSI.

Особую роль в выработке международных открытых стандартов играют стандарты Интернета.

Основным их разработчиком является Internet Society (ISOC) — профессиональное сообщество, которое занимается общими вопросами эволюции и роста Интернета как глобальной коммуникационной инфраструктуры. Под управлением ISOC работает Internet Architecture Board (IAB) — организация, в ведении которой находится технический контроль и координация работ для Интернета. IAB координирует направление исследований и новых разработок для стека TCP/IP и является конечной инстанцией при определении новых стандартов Интернета.

В IAB входят две основные группы: Internet Engineering Task Force (IETF) и Internet Research Task Force (IRTF). IETF — это инженерная группа, которая занимается решением ближайших технических проблем Интернета. Именно

IETF определяет спецификации, которые затем становятся стандартами Интернета. В свою очередь, IRTF координирует долгосрочные исследовательские проекты по протоколам TCP/IP.

В любой организации, занимающейся стандартизацией, процесс выработки и принятия стандарта состоит из ряда обязательных этапов, которые, собственно, и составляют процедуру стандартизации. Рассмотрим эту процедуру на примере разработки стандартов Интернета.

1. Сначала в IETF представляется так называемый *рабочий проект (draft)* в виде, доступном для комментариев. Он публикуется в Интернете, после чего широкий круг заинтересованных лиц включается в обсуждение этого документа, в него вносятся исправления, и наконец наступает момент, когда можно зафиксировать содержание документа. На этом этапе проекту присваивается номер RFC (возможен и другой вариант развития событий — после обсуждения рабочий проект отвергается и удаляется из Интернета).

2. После присвоения номера проект приобретает статус *предлагаемого стандарта*. В течение 6 месяцев этот предлагаемый стандарт проходит проверку практикой, в результате в него вносятся изменения.

3. Если результаты практических исследований показывают эффективность предлагаемого стандарта, то ему со всеми внесенными изменениями присваивается статус *проекта стандарта*. Затем в течение не менее 4 месяцев проходят его дальнейшие испытания «на прочность», в число которых входит создание по крайней мере двух программных реализаций.

4. Если во время пребывания в ранге проекта стандарта в документ не было внесено никаких исправлений, то ему может быть присвоен статус *официального стандарта* Интернета. Список утвержденных официальных стандартов Интернета публикуется в виде документа RFC и доступен в Интернете.

Следует заметить, что все стандарты Интернета носят название RFC с соответствующим порядковым номером, но далеко не все RFC являются стандартами Интернета — часто эти документы представляют собой комментарии к какому-либо стандарту или просто описания некоторой проблемы Интернета.

### **3.4. Стандартные стеки коммуникационных протоколов**

Важнейшим направлением стандартизации в области вычислительных сетей является стандартизация коммуникационных протоколов. В настоящее время в сетях используется большое количество стеков коммуникационных протоколов. Наиболее популярными являются стеки: TCP/IP, IPX/SPX, NetBIOS/SMB, DECnet, SNA и OSI. Все эти стеки, кроме SNA, на нижних уровнях (физическом и канальном), используют одни и те же хорошо стандартизованные протоколы Ethernet, Token Ring, FDDI и некоторые другие, которые позволяют использовать во всех сетях одну и ту же аппаратуру. Зато на верхних уровнях все стеки работают по своим собственным протоколам. Эти протоколы часто не соответствуют рекомендуемой модели OSI разбиению на уровни. В частности, функции сеансового и представительного уровня, как

правило, объединены с прикладным уровнем. Такое несоответствие связано с тем, что модель OSI появилась как результат обобщения уже существующих и реально используемых стеков, а не наоборот.

### **3.4.1. Стек OSI**

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

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

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

### **3.4.2. Стек TCP/IP**

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

Стек TCP/IP на нижнем уровне поддерживает все популярные стандарты физического и канального уровней. Для локальных сетей — это Ethernet, Token Ring, FDDI, для глобальных — протоколы работы на аналоговых

коммутируемых и выделенных линиях SLIP, PPP, протоколы территориальных сетей X.25 и ISDN.

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

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

Стремительный рост популярности Интернета привел к тому, что сегодня в мире подавляющее большинство компьютеров использует стек TCP/IP. Сейчас любая промышленная операционная система обязательно включает программную реализацию этого стека в своем комплекте поставки.

Хотя протоколы TCP/IP неразрывно связаны с Интернетом, существует большое количество локальных, корпоративных и территориальных сетей, непосредственно не являющихся частями Интернета, в которых также используют протоколы TCP/IP. Чтобы отличать их от Интернета, эти сети называют сетями TCP/IP или просто IP-сетями.

Очень полезным свойством этого протокола является его способность фрагментировать пакеты, что позволяет передавать информацию в больших разнородных сетях, в каждой из частей которых может быть установлена собственная величина максимальной длины единицы передаваемых данных (кадра).

Другим преимуществом технологии TCP/IP является гибкая система адресации, позволяющая проще включать в интернет сети разных технологий.

Однако, как и всегда, за получаемые преимущества надо платить, и платой здесь оказываются высокие требования к ресурсам и сложность администрирования IP-сетей.

### **3.4.3. Стек IPX/SPX**

Стек IPX/SPX является оригинальным стеком протоколов фирмы Novell, разработанным для сетевой операционной системы NetWare еще в начале 80-х годов. Протоколы сетевого и сеансового уровней Internetwork Packet Exchange (IPX) и Sequenced Packet Exchange (SPX), которые дали название стеку, являются прямой адаптацией протоколов XNS фирмы Xerox, распространенных в гораздо меньшей степени, чем стек IPX/SPX. Популярность стека IPX/SPX непосредственно связана с операционной системой Novell NetWare, популярность которой сейчас значительно уступает операционным системам Microsoft.

Сейчас стек IPX/SPX реализован не только в NetWare, но и в нескольких других популярных сетевых ОС, например SCO UNIX, Sun Solaris, Microsoft Windows NT/2000.

#### 3.4.4. Стек NetBIOS/SMB

Стек NetBIOS/SMB широко используется в продуктах компаний IBM и Microsoft. На физическом и канальном уровнях этого стека задействованы все наиболее распространенные протоколы Ethernet, Token Ring, FDDI и др. На верхних уровнях работают протоколы NetBEUI и SMB.

Протокол NetBIOS (Network Basic Input/Output System) появился в 1984 году. В дальнейшем этот протокол был заменен так называемым протоколом расширенного пользовательского интерфейса NetBEUI — NetBIOS Extended User Interface. Для обеспечения совместимости приложений в качестве интерфейса к протоколу NetBEUI был сохранен интерфейс NetBIOS. Этот протокол содержит много полезных сетевых функций, которые можно отнести к сетевому, транспортному и сеансовому уровням модели OSI, однако с его помощью невозможна маршрутизация пакетов. Это ограничивает применение протокола NetBEUI локальными сетями, не разделенными на подсети, и делает невозможным его использование в составных сетях. Некоторые ограничения NetBEUI снимаются реализацией этого протокола NBF (NetBEUI Frame), которая включена в операционную систему Microsoft Windows NT.

Протокол SMB (Server Message Block) выполняет функции сеансового, представительного и прикладного уровней. На основе SMB реализуется файловая служба, а также службы печати и передачи сообщений между приложениями.

Стеки протоколов SNA фирмы IBM, DECnet корпорации Digital Equipment и AppleTalk/AFP фирмы Apple применяются в основном в операционных системах и сетевом оборудовании этих фирм.

В табл. 1 показано соответствие некоторых, наиболее популярных протоколов уровням модели OSI. Часто это соответствие весьма условно, так как модель OSI — это только руководство к действию, причем достаточно общее, а конкретные протоколы разрабатывались для решения специфических задач, причем многие из них появились до разработки модели OSI. В большинстве случаев разработчики стеков отдавали предпочтение скорости работы сети в ущерб модульности — ни один стек, кроме стека OSI, не разбит на семь уровней. Чаще всего в стеке явно выделяются 3-4 уровня: уровень сетевых адаптеров, в котором реализуются протоколы физического и канального уровней, сетевой уровень, транспортный уровень и уровень служб, вбирающий в себя функции сеансового, представительного и прикладного уровней.

**Таблица 1.**

Модель OSI	IBM/Micros oft	TCP/IP	Novell	Стек OSI
------------	-------------------	--------	--------	----------



Прикладной				<b>Telnet, FTP, SNMP, SMTP, WWW</b>			<b>X.400, X.500, FTAM</b>
Представительный		<b>SMB</b>				<b>NCP, SAP</b>	<b>Представительный протокол OSI</b>
Сеансовый							<b>Сеансовый протокол OSI</b>
Транспортный		<b>NetBIOS</b>		<b>TCP</b>		<b>SPX</b>	<b>Транспортный протокол OSI</b>
Сетевой				<b>IP, RIP, OSPF</b>		<b>IPX, RIP, NLSP</b>	<b>ES-ES, IS-IS</b>
Канальный		802.3 (Ethernet), 802.5 (Token Ring), FDDI, Fast Ethernet, SLIP, 100VG-AnyLAN, X.25, ATM, LAP-B, LAP-D, PPP					
Физический		Коаксиал, экранированная и неэкранированная витая пара, оптоволокно, радиоволны					