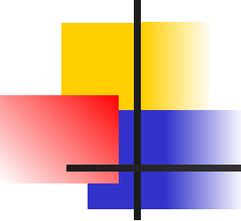


Структуризация инфокоммуникационных сетей

БГАРФ, кафедра ИБ

Зензин Александр
Степанович, к.т.н.
Copyright © 2017

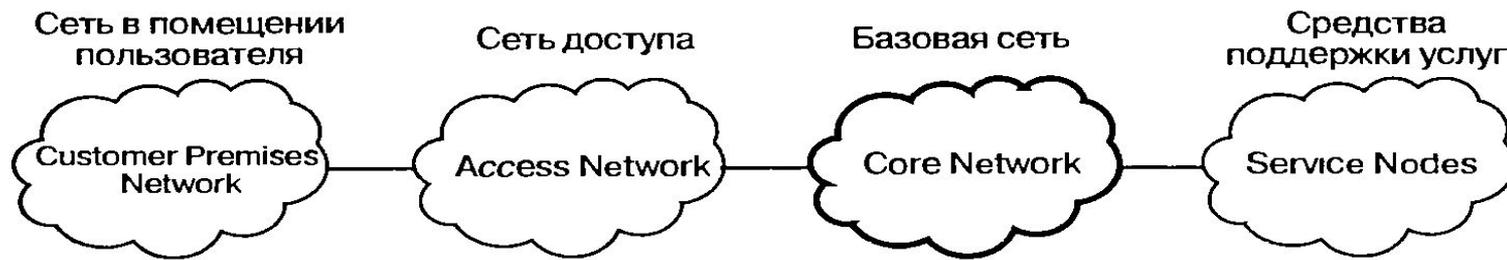


Обзор

1. Конвергенция сетей.
2. Конвергенция компьютерных и телекоммуникационных сетей.
3. Логическая и физическая структуризация инфокоммуникационных сетей.
4. Протокол и стек протоколов.
5. Уровни модели OSI и протоколы.

Конвергенция сетей

Международным союзом электросвязи (ITU) определена модель глобальной информационной инфраструктуры:



В сферу **операторов связи** входят сети связи, образующие базовые сети и сети доступа. Образовательным стандартом определены три компонента сетей связи: телефонные сети общего пользования (ТФОП), сети подвижной связи (СПС) и сети документальной связи (СДС), которые также именуется как **сети передачи данных** (СПД) или **компьютерные сети**.

К **телекоммуникационным** сетям относятся телефонные сети (ТФОП и СПС), радиосети и телевизионные сети.

«*Конвергенция телекоммуникационных сетей*» – возникновение сходства в структуре сетей связи, в используемых ими аппаратно-программных средствах и в совокупности услуг, предоставляемых абонентам.

Например, в 90-е годы различия между локальными и глобальными сетевыми технологиями стали сглаживаться. Изолированные ранее локальные сети начали объединять друг с другом, при этом в качестве связующей среды использовались глобальные сети. Тесная интеграция при этом привела к взаимопроникновению соответствующих технологий.

Конвергенция компьютерных сетей

Сближение в методах передачи данных происходит на платформе цифровой передачи данных по ВОЛС. На ВОЛС построены сегодня все скоростные компьютерные сети (WAN, MAN и LAN), а также магистрали первичных сетей SDH и DWDM, предоставляющие свои цифровые каналы для объединения оборудования глобальных компьютерных сетей.

Высокое качество цифровых каналов изменило требования к протоколам глобальных компьютерных сетей. На первый план вместо процедур обеспечения надежности вышли процедуры обеспечения гарантированной средней скорости доставки информации, а также механизмы приоритетной обработки пакетов особенно чувствительного к задержкам трафика, например голосового. Эти изменения нашли отражение в новых технологиях глобальных сетей, таких как Frame Relay и ATM. В них искажения битов очень редки и ошибочные пакеты выгоднее просто уничтожить, а проблемы восстановления ошибочных пакетов перепоручить ПО более высокого уровня, которое непосредственно не входит в состав сетей Frame Relay и ATM.

Большой вклад в сближение LAN и WAN внесло доминирование протокола IP. Этот протокол сегодня работает поверх любых технологий локальных и глобальных сетей (Ethernet, Token Ring, ATM, Frame Relay), объединяя различные подсети в единую сеть.

Сегодня глобальные сети, работающие на основе скоростных цифровых каналов, существенно расширили спектр предоставляемых услуг и догнали в этом отношении локальные сети. Созданы службы доставки мультимедийной информации в реальном времени, например – гипертекстовая информационная служба World Wide Web. В сети Интернет ее интерактивные возможности превзошли возможности многих аналогичных служб локальных сетей. Процесс переноса технологий из глобальной сети Интернет в локальные стали называть **intranet-технологиями** (intra - внутренний). В ЛВС – защита информации как в глобальных, ибо сегменты уже не изолированные. Ethernet 10G уже для LAN и WAN.

Конвергенция компьютерных и телекоммуникационных сетей

С каждым годом усиливается тенденция сближения компьютерных и телекоммуникационных сетей разных видов. Предпринимаются попытки создания универсальной, так называемой **мультисервисной** сети, способной предоставлять услуги как компьютерных, так и телекоммуникационных сетей.

Главное, что объединяет телекоммуникационные сети с компьютерными сетями, — то, что в качестве ресурса, предоставляемого клиентам, выступает **информация**. Однако эти сети, как правило, представляют информацию в разном виде. Так, изначально компьютерные сети разрабатывались для передачи алфавитно-цифровой информации, которую часто называют просто данными, в результате у компьютерных сетей имеется и другое название — **сети передачи данных**, в то время как телефонные сети и радиосети были созданы для передачи только голосовой информации, а телевизионные сети передают и голос, и изображение.

Несмотря на это, конвергенция телекоммуникационных и компьютерных сетей идет по нескольким направлениям.

Прежде всего, наблюдается **сближение видов услуг**, предоставляемых клиентам. Первая и не очень успешная попытка создания мультисервисной сети, способной оказывать различные услуги, в том числе услуги телефонии и передачи данных, привела к появлению технологии **цифровых сетей с интегрированным обслуживанием** (Integrated Services Digital Network, ISDN). Однако на практике ISDN предоставляет сегодня в основном телефонные услуги. Сегодня на роль глобальной **мультисервисной сети нового поколения**, претендует Интернет.

Конвергенция компьютерных и телекоммуникационных сетей

Наибольшую привлекательность сейчас представляют собой новые виды комбинированных услуг, в которых сочетаются несколько традиционных услуг, например, услуга **универсальной службы сообщений**, объединяющей электронную почту, телефонию, факсимильную службу и пейджинговую связь. Наибольших успехов на практическом поприще достигла IP-телефония, услугами которой прямо или косвенно сегодня пользуются миллионы людей. Однако для того, чтобы стать мультисервисной сетью, Интернету еще предстоит пройти большой путь.

Технологическое сближение сетей происходит сегодня на основе цифровой передачи информации различного типа, метода коммутации пакетов и программирования услуг. Телефония уже давно сделала ряд шагов навстречу компьютерным сетям, прежде всего, за счет представления голоса в цифровой форме, что делает принципиально возможным передачу телефонного и компьютерного трафика по одним и тем же цифровым каналам (телевидение также может сегодня передавать изображение в цифровой форме). Телефонные сети широко используют комбинацию методов коммутации каналов и пакетов. Так, для передачи служебных сообщений (называемых **сообщениями сигнализации**) применяются протоколы коммутации пакетов, аналогичные протоколам компьютерных сетей, а для передачи собственно голоса между абонентами коммутируется традиционный составной канал.

Дополнительные услуги телефонных сетей, такие как переадресация вызова, конференцсвязь, телеголосование и другие, могут создаваться с помощью, так называемой **интеллектуальной сети** (Intelligent Network, IN), по своей сути являющейся компьютерной сетью с серверами, на которых программируется логика услуг.

Конвергенция компьютерных и телекоммуникационных сетей

Сегодня пакетные методы коммутации постепенно теснят традиционные для телефонных сетей методы коммутации каналов даже при передаче голоса. У этой тенденции есть достаточно очевидная причина — на основе метода коммутации пакетов можно более эффективно использовать пропускную способность каналов связи и коммутационного оборудования. Например, паузы в телефонном разговоре могут составлять до 40 % общего времени соединения, однако только пакетная коммутация позволяет «вырезать» паузы и использовать высвободившуюся пропускную способность канала для передачи трафика других абонентов. Другой веской причиной перехода к коммутации пакетов является популярность Интернета — сети, построенной на основе данной технологии.

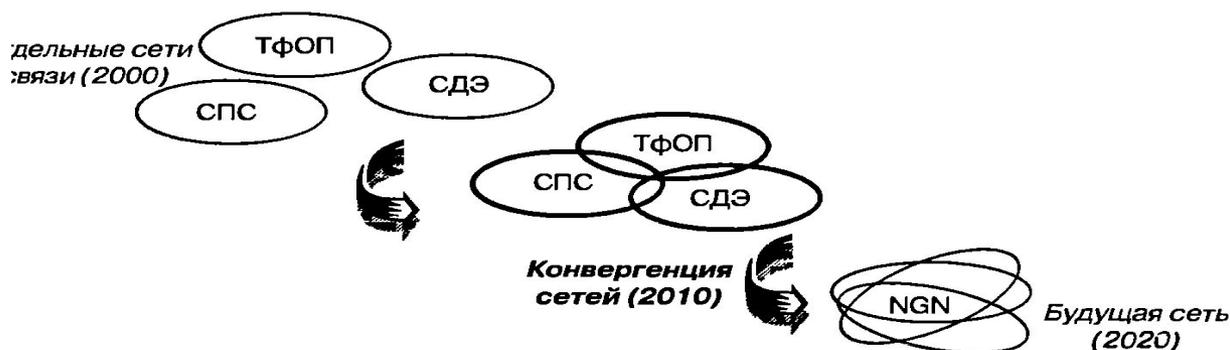
Использование коммутации пакетов для одновременной передачи через пакетные сети разнородного трафика — голоса, видео и текста — сделало актуальным разработку новых методов **обеспечения требуемого качества обслуживания (Quality of Service, QoS)**. Методы QoS призваны минимизировать уровень задержек для чувствительного к ним трафика, например голосового, и одновременно гарантировать среднюю скорость и динамичную передачу пульсаций для трафика данных.

Однако неверно было бы говорить, что методы коммутации каналов морально устарели и у них нет будущего. На новом витке спирали развития они находят свое применение, но уже в новых технологиях.

Компьютерные сети тоже многое позаимствовали у телефонных и телевизионных сетей. В частности они берут на вооружение методы обеспечения отказоустойчивости телефонных сетей, за счет которых последние демонстрируют высокую степень надежности, так недостающую порой Интернету и корпоративным сетям.

Конвергенция компьютерных и телекоммуникационных сетей

Сегодня становится все более очевидным, что мультисервисная сеть нового поколения не может быть создана в результате «победы» какой-нибудь одной технологии или подхода. Ее может породить только процесс конвергенции, когда от каждой технологии будет взято все самое лучшее и соединено в некоторый новый сплав, который и даст требуемое качество для поддержки существующих и создания новых услуг. Взамен термина **мультисервисная сеть** появился новый термин — **инфокоммуникационная сеть** или сеть следующего поколения (**Next Generation Network, NGN**), который прямо говорит о двух составляющих современной сети - информационной (компьютерной) и телекоммуникационной.



1. К началу XXI в. возникают задачи, иногда использующие общие ресурсы, например, цифровые тракты, созданные в одном кабеле. иональными
2. В начале текущего столетия началось сближение трех различных сетей, т.е. их конвергенция.
3. Результатом процесса конвергенции станет полное объединение сетей. Появится сеть следующего поколения, известная как NGN (Next Generation Network).

Внутри телекоммуникационных сетей также наблюдаются процессы конвергенции.

1. Структура ГТС обычно соответствовала полносвязному графу, а в междугородных и сельских транспортных сетях практическое применение нашли структуры типа «дерево» и «звезда». В наши дни все перечисленные выше транспортные сети строятся, в основном, на базе кольцевых топологий. Хотя все эти сети значительно различаются по величине обслуживаемой территории (в этом смысле никакой конвергенции между ними быть не может), но принципы их построения заметно сближаются.
2. АТС в ГТС связывались многопарными кабелями. В это же время сеть междугородной связи строилась за счет установки ручных коммутаторов, которые соединялись между собой воздушными линиями связи, уплотняемыми малоканальными аналоговыми системами передачи. В настоящее время цифровая коммутационная техника и программное обеспечение позволяют максимально унифицировать все виды станций, используемых в телефонной сети. Разработан комплекс аппаратно-программных средств, позволяющий выпускать международные, междугородные, городские и сельские станции.
Кроме того, одни и те же цифровые системы передачи синхронной иерархии успешно работают как в международной сети, так и в сетях абонентского доступа. Кабель с оптическими волокнами также стал той средой передачи сигналов, которая применяется на всех уровнях иерархии транспортных сетей.
3. Функциональные возможности ТФОП (ISDN) и современной сотовой сети сближаются.

Логическая и физическая структуризация инфокоммуникационных сетей

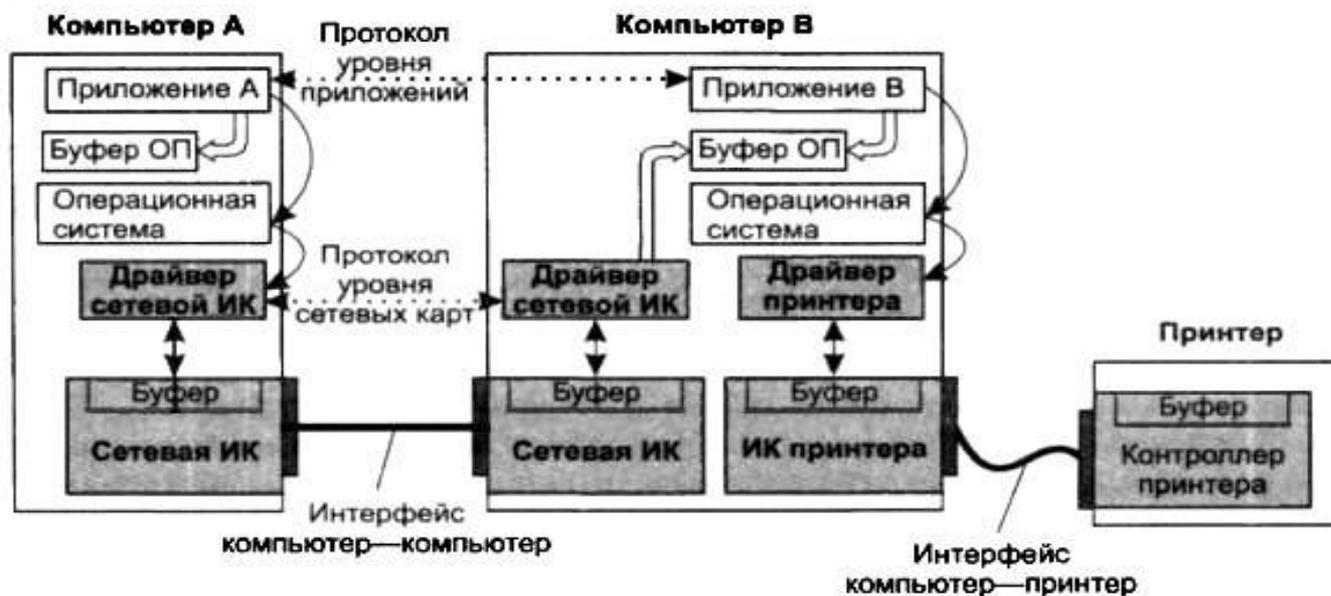
Для связи устройств в них, прежде всего, должны быть предусмотрены *внешние интерфейсы*. **Интерфейс** – в широком смысле – формально определенная логическая и/или физическая граница между взаимодействующими независимыми объектами. Интерфейс задает параметры, процедуры и характеристики взаимодействия объектов.

Разделяют физический и логический интерфейсы.

- ❑ Физический интерфейс (называемый также портом) — определяется набором электрических связей и характеристиками сигналов. Обычно он представляет собой разъем с набором контактов, каждый из которых имеет определенное назначение, например, это может быть группа контактов для передачи данных, контакт синхронизации данных и т. п. Пара разъемов соединяется кабелем, состоящим из набора проводов, каждый из которых соединяет соответствующие контакты. В таких случаях говорят о создании линии, или канала, связи между двумя устройствами.
- ❑ Логический интерфейс (называемый также протоколом) — это набор информационных сообщений определенного формата, которыми обмениваются два устройства или две программы, а также набор правил, определяющих логику обмена этими сообщениями.

Логическая и физическая структуризация инфокоммуникационных сетей

На рисунке мы видим интерфейсы двух типов: компьютер - компьютер и компьютер - периферийное устройство.



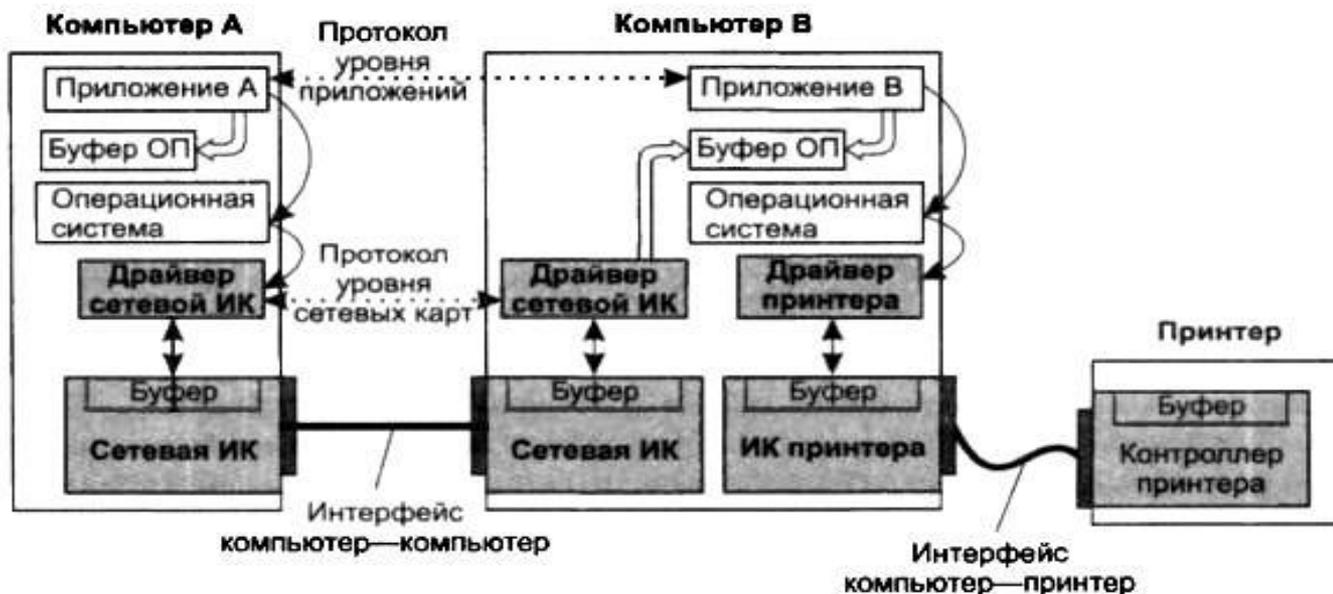
1. Интерфейс компьютер—компьютер позволяет двум компьютерам обмениваться информацией. С каждой стороны он реализуется парой:

- аппаратным модулем, называемым сетевым адаптером, или сетевой интерфейсной картой (Network Interface Card, NIC);
- драйвером сетевой интерфейсной карты — специальной программой, управляющей работой сетевой интерфейсной карты.

Логическая и физическая структуризация инфокоммуникационных сетей

2. Интерфейс компьютер—периферийное устройство (в данном случае интерфейс компьютер—принтер) позволяет компьютеру управлять работой периферийного устройства (ПУ). Этот интерфейс реализуется:

- со стороны компьютера — интерфейсной картой и драйвером ПУ (принтера), подобным сетевой интерфейсной карте и ее драйверу;
- со стороны ПУ — контроллером ПУ (принтера), обычно представляющий собой аппаратное устройство, принимающее от компьютера как данные, например байты информации, которую нужно распечатать на бумаге, так и команды, которые он обрабатывает, управляя электромеханическими частями периферийного устройства, например выталкивая лист бумаги из принтера или перемещая магнитную головку диска.



Протокол и стек протоколов

Многоуровневое представление средств сетевого взаимодействия имеет свою специфику, связанную с тем, что в процессе обмена сообщениями участвуют, по меньшей мере, две стороны, то есть в данном случае необходимо организовать согласованную работу двух иерархий аппаратных и программных средств 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 на всех уровнях, начиная от самого низкого — уровня передачи битов, и заканчивая самым высоким, реализующим обслуживание пользователей сети.

На рис.1 показана модель взаимодействия двух узлов. С каждой стороны средства взаимодействия представлены четырьмя уровнями. Каждый уровень поддерживает интерфейсы двух типов. Во-первых, это интерфейсы услуг с выше- и нижележащим уровнями «своей» иерархии средств. Во-вторых, это интерфейс со средствами взаимодействия другой стороны, расположенными на том же уровне иерархии. Этот тип интерфейса называют протоколом. Таким образом, протокол всегда является одноранговым интерфейсом.

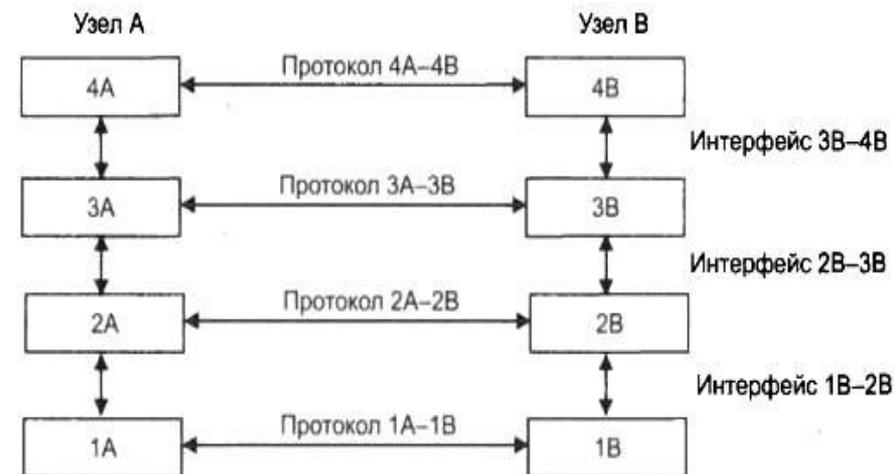


Рис. 1 Взаимодействие двух узлов

Иерархически организованный набор протоколов, достаточный для организации взаимодействия узлов в сети, называется **стеком протоколов**.

Протокол и стек протоколов

Протоколы нижних уровней часто реализуются комбинацией программных и аппаратных средств, протоколы верхних уровней, как правило, программными средствами.

Программный модуль, реализующий некоторый протокол, называют *протокольной сущностью*, или, для краткости, тоже протоколом. Понятно, что один и тот же протокол может быть реализован с разной степенью эффективности. Именно поэтому при сравнении протоколов следует учитывать не только логику их работы, но и качество программной реализации. Более того, на эффективность взаимодействия устройств в сети влияет качество всей совокупности протоколов, составляющих стек, в частности то, насколько рационально распределены функции между протоколами разных уровней и насколько хорошо определены интерфейсы между ними.

Протокольные сущности одного уровня двух взаимодействующих сторон обмениваются сообщениями в соответствии с определенным для них протоколом. Сообщения состоят из заголовка и поля данных (иногда оно может отсутствовать). Обмен сообщениями является своеобразным языком общения, с помощью которого каждая из сторон «объясняет» другой стороне, что необходимо сделать на каждом этапе взаимодействия. Работа каждого протокольного модуля состоит в интерпретации заголовков поступающих к нему сообщений и выполнении связанных с этим действий. Заголовки сообщений разных протоколов имеют разную структуру, что соответствует различиям в их функциональности. Понятно, что чем сложнее структура заголовка сообщения, тем более сложные функции возложены на соответствующий протокол.

Уровни модели OSI и протоколы

Эталонная модель OSI состоит из 7 уровней.

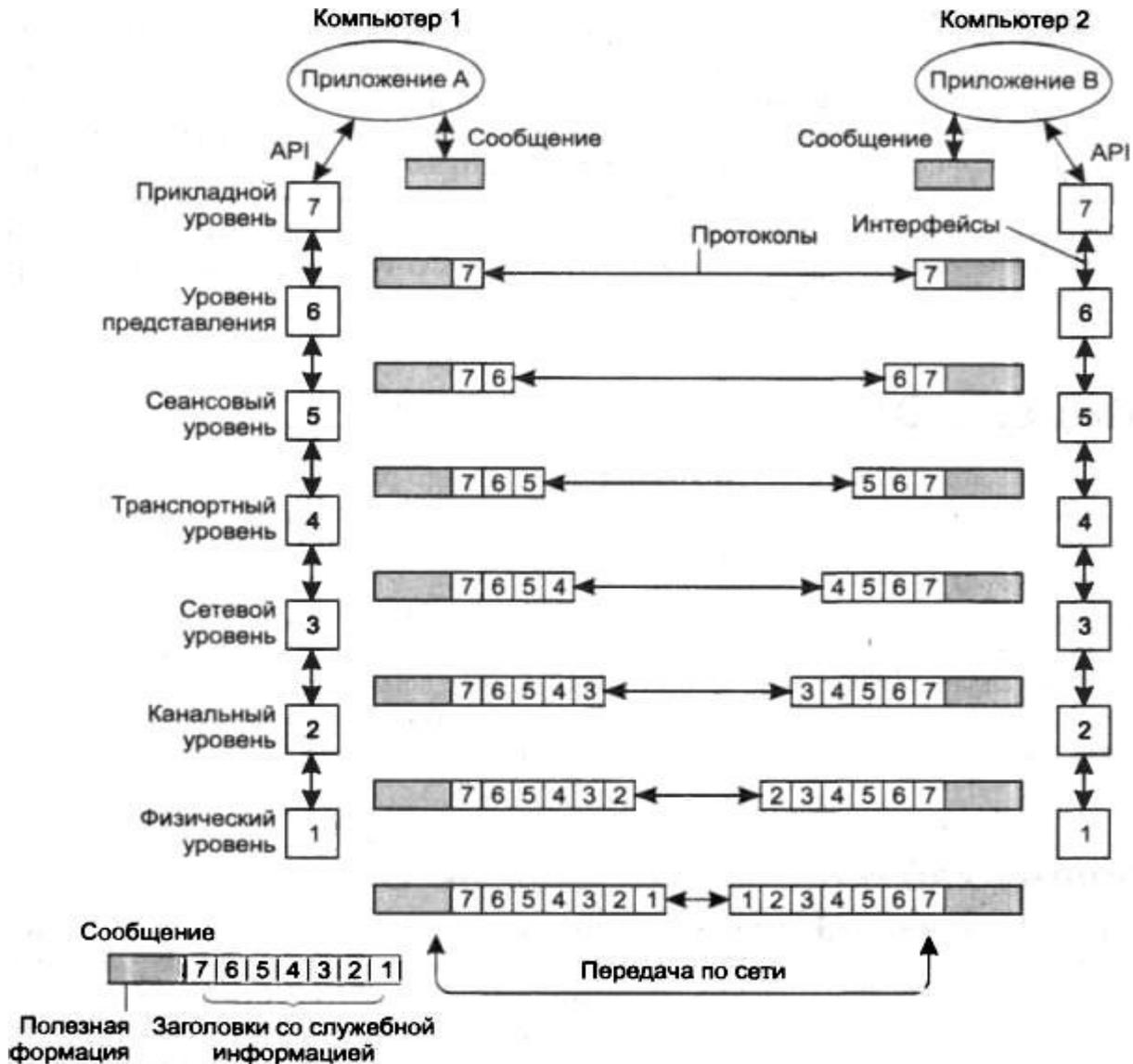


Рис. 1. Модель взаимодействия открытых систем ISO/OSI

Уровни модели OSI и протоколы

Три нижних уровня предоставляет сетевые услуги. Протоколы, реализующие эти уровни, должны быть предусмотрены в каждом узле сети. Четыре верхних уровня предоставляет услуги самим конечным пользователям и, таким образом, связаны с ними, а не с сетью.



Функции архитектур многоуровневой связи

Физический уровень обеспечивает передачу потока битов по физическим каналам связи, таким как коаксиальный кабель, витая пара, оптоволоконный кабель или цифровой территориальный канал. С этой целью на физическом уровне определяются механические, электрические, функциональные и процедурные характеристики, описывающие доступ к соединению (скорость, способ кодирования, метод передачи, топология, а также некоторые другие характеристики среды и электрических сигналов). Функции физического уровня реализуются на всех устройствах, подключенных к сети. Со стороны компьютера функции физического уровня выполняются сетевыми адаптерами или последовательными портами. Физический уровень не вникает в смысл информации, которую он передает. Для него эта информация представляет собой однородный поток битов, которые нужно доставить без искажений и в соответствии с заданной тактовой частотой.

В сетях, построенных на основе разделяемой среды, физический уровень выполняет еще одну функцию – проверяет доступность разделяемой среды. Эту функцию иногда выделяют в отдельный подуровень **управления доступом к среде** (Medium Access Control, MAC).

Уровни модели OSI и протоколы

Уровень **канала передачи данных** обеспечивает прозрачность соединения для сетевого уровня. Для этого канал предлагает сетевому уровню следующие услуги:

- установление логического соединения между взаимодействующими узлами;
- согласование в рамках соединения скоростей передатчика и приемника информации;
- обеспечение надежной передачи, обнаружение и коррекция ошибок.

Для решения этой задачи канальный уровень формирует из пакетов, поступающих из сетевого уровня, собственные протокольные единицы данных – **кадры**, состоящие из поля данных, в которое инкапсулируется пакет, и заголовка. Важнейшей информацией заголовка кадра является адрес назначения, на основании которого коммутаторы сети будут продвигать пакет.

Процедура надежной и безошибочной передачи кадров по физическому каналу обычно требует синхронизации по первому символу в кадре, распознавания конца кадра, обнаружения ошибочных символов, если таковые возникнут, и исправления таких символов каким-либо способом. (Обычно это делается путем запроса на повторную передачу кадра, в котором обнаружены один или несколько ошибочных символов).

Реально можно рассмотреть два главных приложения и соответствующие им протоколы. В случае большой распределённости сети, например, в глобальных сетях, протокол канала реализуется на каждом отдельном участке двухточечного соединения: отправитель – промежуточная схема – промежуточная схема –... – получатель. Международным стандартом, в частности, является протокол HDLC, разработанный ISO.

Уровни модели OSI и протоколы

В случае локальной сети имеется только один канал, и сеть образуется в результате подключения к нему конечных пользователей. Для локальных сетей Комиссией 802 Института Инженеров электротехники и радиоэлектроники (IEEE) разработано семейство стандартов. Эти стандарты предусматривают протоколы для канала передачи данных и физического уровня для двух различных алгоритмов управления доступом к среде: методы случайного и маркерного доступа. Однако, со середины 90-х годов преимущества и доступность **коммутируемых локальных сетей** «отменили» сам принцип разделения среды в проводных сетях. Коммутаторы локальных сетей сблизили различные технологии ЛВС, так как в сети, где все связи между узлами являются индивидуальными, различаются только форматами кадров, принятых в стандартах этих технологий.

Протокол канального уровня обычно работает в пределах сети, являющейся одной из составляющих более крупной составной сети, объединенной протоколами сетевого уровня. Адреса, с которыми работает протокол канального уровня, используются для доставки кадров только в пределах этой сети, а для перемещения пакетов между сетями применяются уже адреса следующего, сетевого, уровня.

В локальных сетях канальный уровень поддерживает весьма мощный и законченный набор функций по пересылке сообщений между узлами сети. В некоторых случаях протоколы канального уровня локальных сетей оказываются самодостаточными транспортными средствами и могут допускать работу непосредственно поверх себя протоколов прикладного уровня или приложений без привлечения средств сетевого и транспортного уровней. Тем не менее для качественной передачи сообщений в сетях с произвольной топологией функций канального уровня оказывается недостаточно.

Уровни модели OSI и протоколы

Сетевой уровень (network layer) служит для образования единой транспортной системы, объединяющей несколько сетей, называемой составной сетью.

На рис. 1 показано несколько сетей, каждая из которых использует собственную технологию канального уровня: Ethernet, FDDI, Token Ring, ATM, Frame Relay. На базе этих технологий любая из указанных сетей может связывать между собой любых пользователей, но только своей сети, и не способна обеспечить передачу данных в другую сеть. Причина такого положения вещей очевидна и кроется в существенных отличиях одной технологии от другой.

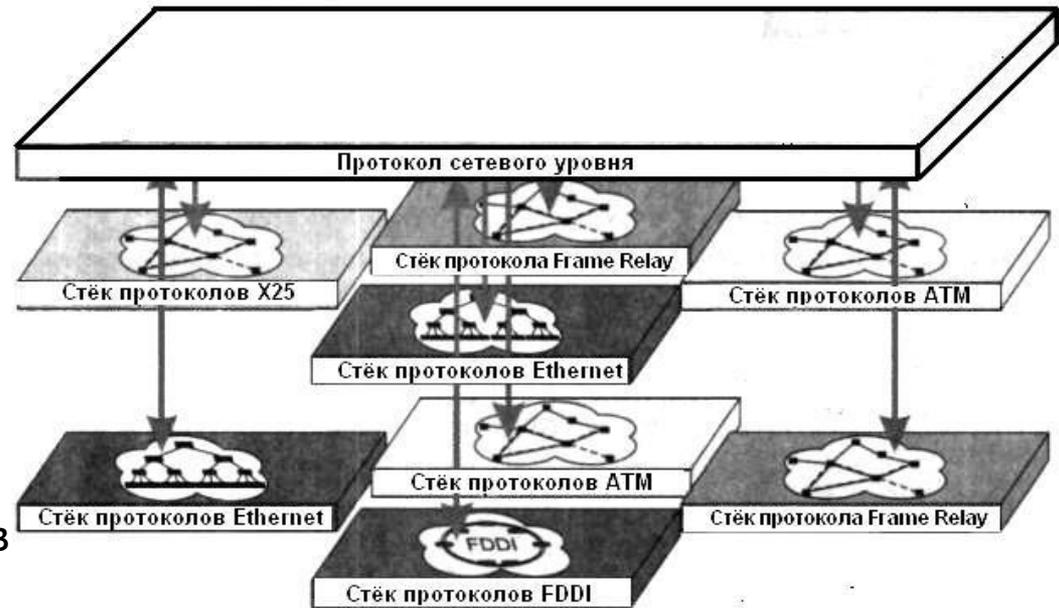
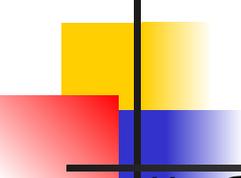


Рис. 1. Необходимость сетевого уровня

Даже наиболее близкие технологии LAN — Ethernet, FDDI, Token Ring, — имеющие одну и ту же систему адресации (адреса подуровня MAC, называемые MAC-адресами), отличаются друг от друга форматом используемых кадров и логикой работы протоколов.

Еще больше отличий между технологиями LAN и WAN. Во многих технологиях WAN задействована техника предварительно устанавливаемых виртуальных каналов, идентификаторы которых применяются в качестве адресов. Все технологии имеют собственные форматы кадров (в технологии ATM кадр даже называется иначе — ячейкой) и, конечно, собственные стеки протоколов.



Уровни модели OSI и протоколы

Чтобы связать между собой сети, построенные на основе столь отличающихся технологий, нужны дополнительные средства, и такие средства предоставляет сетевой уровень.

Функции сетевого уровня реализуются:

- группой протоколов;
- специальными устройствами — маршрутизаторами.

Одной из функций маршрутизатора является физическое соединение сетей.

Маршрутизатор имеет несколько сетевых интерфейсов, подобных интерфейсам компьютера, к каждому из которых может быть подключена одна сеть. Таким образом, все интерфейсы маршрутизатора можно считать узлами разных сетей. Маршрутизатор может быть реализован программно на базе универсального компьютера (например, типовая конфигурация Unix или Windows включает программный модуль маршрутизатора). Однако чаще маршрутизаторы реализуются на базе специализированных аппаратных платформ. В состав программного обеспечения маршрутизатора входят протокольные модули сетевого уровня.

Итак, чтобы связать сети, показанные на рис. 1, необходимо соединить все эти сети маршрутизаторами и установить протокольные модули сетевого уровня на все конечные узлы пользователей, которые хотели бы связываться через составную сеть (рис. 2).

Уровни модели OSI и протоколы

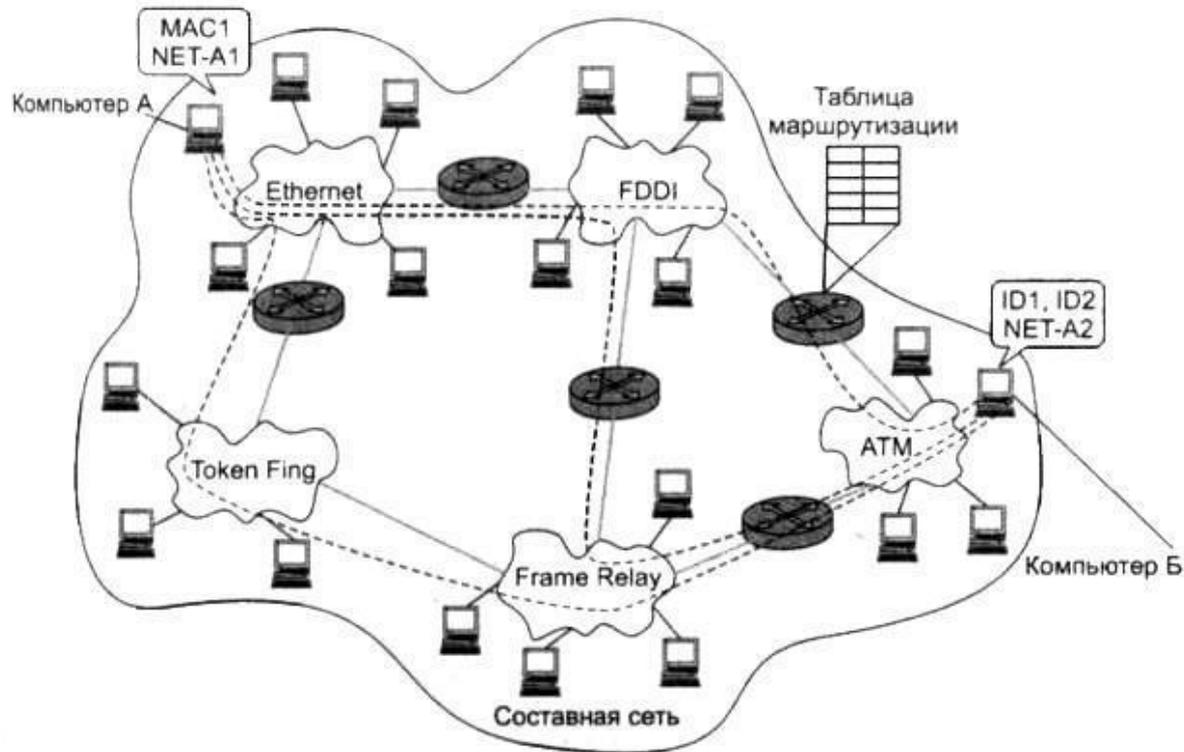


Рис.2. Пример составной сети

Данные, которые необходимо передать через составную сеть, поступают на сетевой уровень от вышележащего транспортного уровня. Эти данные снабжаются заголовком сетевого уровня. Данные вместе с заголовком образуют пакет — так называется PDU сетевого уровня. Заголовок пакета сетевого уровня имеет унифицированный формат, не зависящий от форматов кадров канального уровня тех сетей, которые могут входить в составную сеть, и несет, наряду с другой служебной информацией, данные об адресе назначения этого пакета.

Уровни модели OSI и протоколы

Для того чтобы протоколы сетевого уровня могли доставлять пакеты любому узлу составной сети, эти узлы должны иметь адреса, уникальные в пределах данной составной сети. Такие адреса называются *сетевыми*, или *глобальными*. Каждый узел составной сети, который намерен обмениваться данными с другими узлами составной сети, наряду с адресом, назначенным ему на канальном уровне, должен иметь сетевой адрес. Например, на рис. 2 компьютер в сети Ethernet, входящей в составную сеть, имеет адрес канального уровня MAC1 и адрес сетевого уровня NET-A1; аналогично в сети ATM узел, адресуемый идентификаторами виртуальных каналов ID1 и ID2, имеет сетевой адрес NET-A2. В пакете в качестве адреса назначения должен быть указан адрес сетевого уровня, на основании которого определяется маршрут пакета.

Определение маршрута является важной задачей сетевого уровня. Маршрут описывается последовательностью сетей (или маршрутизаторов), через которые должен пройти пакет, чтобы попасть к адресату. Например, на рис. 2 штриховой линией показано три маршрута, по которым могут быть переданы данные от компьютера А к компьютеру Б. Маршрутизатор собирает информацию о топологии связей между сетями и на основе этой информации строит таблицы коммутации, которые в данном случае носят специальное название таблиц маршрутизации.

В соответствии с многоуровневым подходом сетевой уровень для решения своей задачи обращается к нижележащему канальному уровню. Весь путь через составную сеть разбивается на участки от одного маршрутизатора до другого, причем каждый участок соответствует пути через отдельную сеть.

Для того чтобы передать пакет через очередную сеть, сетевой уровень помещает его в *поле данных кадра соответствующей канальной технологии*, указывая в заголовке кадра канальный адрес интерфейса следующего маршрутизатора.

Уровни модели OSI и протоколы

Сеть, используя свою канальную технологию, доставляет кадр с инкапсулированным в него пакетом по заданному адресу. Маршрутизатор извлекает пакет из прибывшего кадра и после необходимой обработки передает пакет для дальнейшей транспортировки в следующую сеть, предварительно упаковав его в новый кадр канального уровня в общем случае другой технологии. Таким образом, сетевой уровень играет роль координатора, организующего совместную работу сетей, построенных на основе разных технологий.

Итак, основная функция *сетевого уровня* состоит в том, чтобы установить **маршрут** для передачи данных по сети или при необходимости через несколько сетей от узла передачи до узла назначения. Этот уровень предусматривает также управление протоколом или перегрузками с целью предотвращения переполнения сетевых ресурсов (накопителей в узлах и каналов передачи), которое может привести к прекращению работы. При выполнении этих функций на сетевом уровне используется услуга нижестоящего уровня – канала передачи данных, которая обеспечивает передачу по сетевому маршруту блока данных, введенного в канал на противоположном конце.

В сети с коммутацией пакетов блок данных, передаваемых по сетевому маршруту от одного конца к другому, содержит адресную информацию. Блоки или кадры данных, передаваемых по каналу связи через сеть, состоят из пакетов и управляющей информации в виде заголовков и окончаний, добавляемых к пакету непосредственно перед его отправлением из узла. Эта управляющая информация дает возможности принимающему узлу на другом конце канала выполнить требуемую синхронизацию и обнаружить ошибки. В каждом принимающем узле управляющая информация отделяется от остальной части пакета, а затем вновь добавляется, когда этот узел в свою очередь передает пакет по каналу в следующий соседний узел.

Уровни модели OSI и протоколы

Описанный принцип добавления управляющей информации к данным в архитектуре OSI расширен и включает возможность добавления управляющей информации на каждом уровне архитектуры. Как это происходит показано на рисунке (В случае канала может быть доставлено также окончание, но принцип последовательного добавления к пакету данных управляющей информации сохраняется). На каждом уровне блок данных принимается от вышестоящего уровня, к данным добавляется управляющая информация, и блок передается нижестоящему уровню.

На приемном конце соответствующего уровня архитектуры используется только заголовок (управляющая информация). При этом подходе данный уровень не «просматривает» блок данных, который он получает от вышестоящего уровня. Следовательно, уровни самостоятельны и изолированы друг от друга. Указанная особенность приводит к ценному свойству концепции многоуровневой архитектуры: уровни могут *удаляться и заменяться новыми*.

Реализация (программные продукты, воплощающие многоуровневую архитектуру) может быть изменена.

В результате получается прозрачность для вышестоящего уровня при условии, что сигналы сопряжения, проходящие между уровнями, поддерживаются неизменными (оконечные пользователи могут ощущать изменение характеристик вследствие того, что характеристики передачи, задержек и блокировок могут зависеть от конкретной реализации архитектуры).



Уровни модели OSI и протоколы

Некоторые реализации протоколов помещают служебную информацию не только в начале сообщения в виде заголовка, но и в конце в виде так называемого *концевика*.

Сообщение достигает нижнего, физического, уровня, который собственно и передает его по линиям связи машине-адресату. К этому моменту сообщение «обрастает» заголовками всех уровней (рис. 2).

Физический уровень помещает сообщение на физический выходной интерфейс компьютера 1, и оно начинает свое «путешествие» по сети (до этого момента сообщение передавалось от одного уровню другому в пределах компьютера 1).

Когда сообщение по сети поступает на входной интерфейс компьютера 2, оно принимается его физическим уровнем и последовательно перемещается вверх с уровня на уровень. Каждый уровень анализирует и обрабатывает заголовок своего уровня, выполняя соответствующие функции, а затем удаляет этот заголовок и передает сообщение вышележащему уровню.

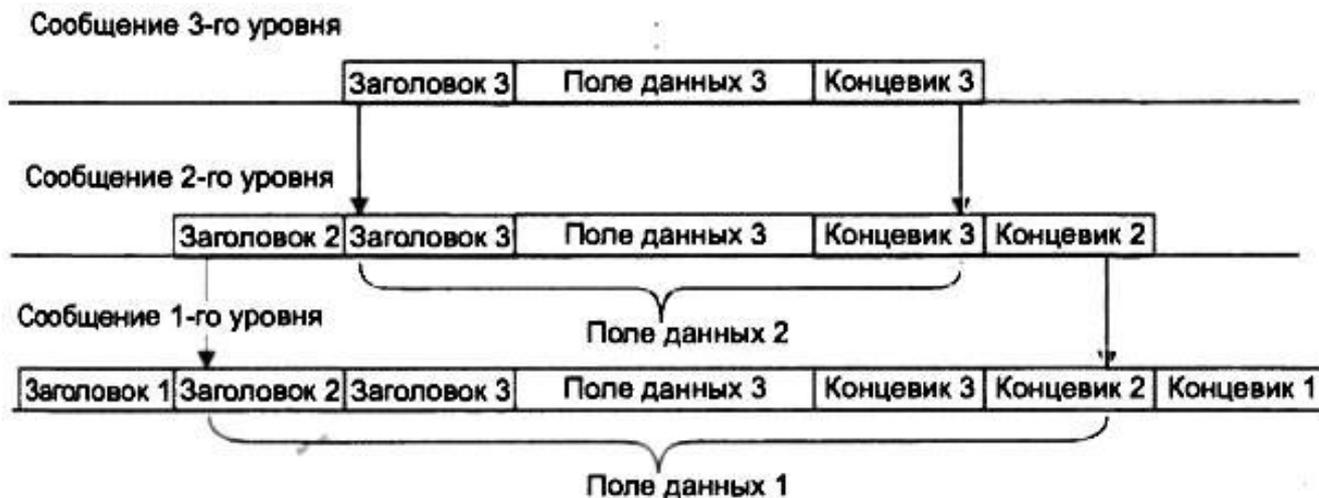
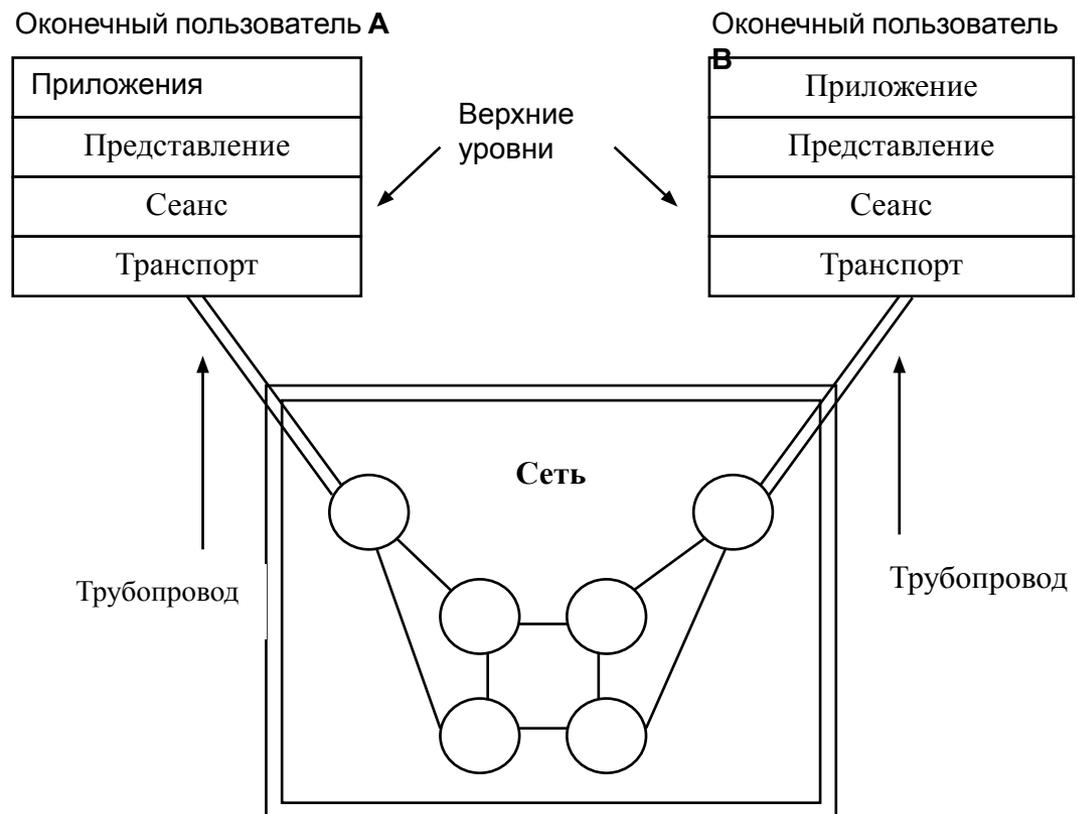


Рис. 2. Вложенность сообщений различных уровней

Уровни модели OSI и протоколы

Таким образом, пакетная передача через сеть от одного оконечного пользователя к другому в общем случае состоит в передаче фактической (полезной) информации и управляющей информации добавляемой на различных уровнях и подлежащей удалению, когда пакет поступает по назначению и начинает восстанавливаться на своем пути через эти уровни. (Мы пренебрегаем в этом вводном обсуждении возможностью сегментации или формирования блоков, т.е. объединения блоков данных, которое может также выполняться на каждом уровне).

Оконечному пользователю сеть может представляться как «прозрачный трубопровод», основная задача которого, как уже говорилось, передать по маршруту блоки данных от источника к получателю, доставив их своевременно в желаемый конец. Тогда задача верхних уровней – фактическая доставка данных в правильном виде и распознаваемой форме. Эти верхние уровни не знают о существовании сети. Они обеспечивают только требующуюся от них услугу. Эта идея графически представлена на рисунке.



Услуга "прозрачный трубопровод"

Уровни модели OSI и протоколы

Транспортный уровень обеспечивает приложениям или верхним уровням стека - прикладному, представления и сеансовому, которые называются *транспортными пользователями* – передачу данных с той степенью надежности, которая им требуется. Этим пользователям транспортный уровень предоставляет *транспортные соединения*, конечные точки которых являются **портами** вычислительной сети. При этом между парой транспортных пользователей может быть установлено одно либо более транспортных соединений. Транспортный сервис обеспечивается передачей как нормальных, так и скоростных (с высшим приоритетом) транспортных сервисных блоков данных.

Работа транспортного уровня определяется его протоколами, которые относятся к протоколам типа «конец - конец». Этим определением подчеркивается, что протоколы транспортного уровня определяют передачу информации по всей транспортной сети от одного ее **порта** до другого.

Модель OSI определяет пять классов транспортного сервиса от низшего класса 0 до высшего класса 4. Эти виды сервиса отличаются качеством предоставляемых услуг: срочностью, возможностью восстановления прерванной связи, наличием средств мультиплексирования нескольких соединений между различными прикладными протоколами через общий транспортный протокол, а главное – способностью к обнаружению и исправлению ошибок передачи, таких как искажение, потеря и дублирование пакетов.

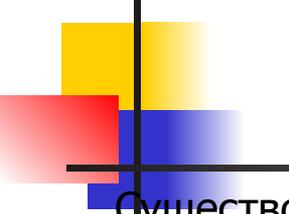
Выбор класса сервиса транспортного уровня определяется, с одной стороны, тем, в какой степени задача обеспечения надежности решается самими приложениями и протоколами более высоких, чем транспортный, уровней. С другой стороны, этот выбор зависит от того, насколько надежной является система транспортировки данных в сети, обеспечиваемая уровнями, расположенными ниже транспортного: сетевым, канальным, физическим.

Уровни модели OSI и протоколы

Так, если качество каналов передачи связи очень высокое и вероятность возникновения ошибок, не обнаруженных протоколами более низких уровней, невелика, то разумно воспользоваться одним из облегченных сервисов транспортного уровня, не обремененных многочисленными проверками, квитированием и другими приемами повышения надежности. Если же транспортные средства нижних уровней очень ненадежны, то целесообразно обратиться к наиболее развитому сервису транспортного уровня, который работает, используя максимум средств для обнаружения и устранения ошибок, включая предварительное установление логического соединения, контроль доставки сообщений по контрольным суммам и циклической нумерации пакетов, установление тайм-аутов доставки и т.д.

Все протоколы, начиная с транспортного уровня и выше, реализуются *программными средствами* конечных узлов сети – компонентами их операционных систем. В качестве примера транспортного протокола можно привести протоколы TCP и UDP стека TCP/IP, которые будем рассматривать в данном курсе.

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 представления прикладных сервисов, используя нижележащую транспортную подсистему.



Уровни модели OSI и протоколы

Существование сеанса, или переговора, между двумя пользователями означает необходимость установления и прекращения сеанса. Это делается на **уровне сеанса**. Этот уровень при необходимости также управляет переговорами, чтобы гарантировать правильный обмен данными. Диалог между пользователями сеансовой услуги (т.е. сторонами уровня представления и вышестоящего уровня) может состоять из нормального или ускоренного обмена данными. Он может быть дуплексным, т.е. с одновременной двусторонней передачей, когда каждая сторона имеет возможность независимо вести передачу, или полудуплексным, т.е. с одновременной передачей только в одну сторону. В последнем случае для передачи управления с одной стороны к другой применяются специальные метки.

Уровень сеанса предоставляет *услугу синхронизации* для преодоления любых обнаруженных ошибок. При этой услуге метки синхронизации должны вставляться в поток данных пользователями услуги сеанса. Если будет обнаружена ошибка, сеансовое соединение должно быть возвращено в определенное состояние, пользователи должны вернуться в определенную точку диалогового потока, сбросить часть переданных данных и затем восстановить передачу, начиная с этой точки. Уровень сеанса предусматривает также при желании функцию управления *активностью*. При осуществлении этой функции диалог может быть разбит на отрезки активности, каждый из которых может быть при желании идентифицирован. Тогда диалог может быть прерван и продолжен в любой момент, начиная со следующего отрезка активности.

Таким образом, уровень сеанса дает возможность пользователям вести надлежащий диалог, повторяя части, считающимися ошибочными, позволяя клиентам прервать диалог и продолжать его в любое более позднее время, управлять возвращением и уходом диалога между двумя сторонами.

Уровни модели OSI и протоколы

Уровень представления управляет и преобразует синтаксис блоков данных, которыми обмениваются конечные пользователи. Уровень представления изолирует прикладные процессы на прикладном уровне от разнообразий в представлении и синтаксисе фактически передаваемых данных. Уровень представления дает средства для двух объектов, желающих связаться на прикладном уровне, обеспечивая обмен информацией относительно синтаксиса данных, передаваемых между объектами. Это может быть сделано либо в форме имен, если обоим связываемым системам известен синтаксис, который будет использован, либо в форме описания используемого синтаксиса, если одной из сторон он неизвестен. Когда синтаксис передаваемой информации отличается от синтаксиса, используемого принимающей системой, уровень представления должен обеспечивать соответствующие преобразования. Кроме управления синтаксисом обмена между объектами, уровень представления должен обеспечивать открытие и закрытие связи, управлять состояниями уровня и контролировать ошибки.

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 могут выполняться шифрование и дешифрование данных, благодаря которым секретность обмена данными обеспечивается сразу для всех прикладных служб. Примером такого протокола является протокол SSL (Secure Socket Layer — слой защищенных сокетов), который обеспечивает секретный обмен сообщениями для протоколов прикладного уровня стека TCP/IP.

Уровни модели OSI и протоколы

Прикладной уровень – это в действительности просто набор разнообразных протоколов, с помощью которых пользователи сети получают доступ к разделяемым ресурсам, таким как файлы, принтеры или гипертекстовые веб-страницы, а также организуют свою совместную работу, например, по протоколу электронной почты. Единица данных, которой оперирует прикладной уровень, обычно называют *сообщением*.

Именно этот уровень обеспечивает взаимопонимание двух прикладных процессов, способствующих осуществлению желаемой обработки информации на каждом конце сети. Этот уровень ответственен за семантику информации (Семантическая **информация** — смысловой аспект **информации**, отражающий отношение между формой сообщения и его смысловым содержанием), которой обмениваются два прикладных процесса.

Очевидно, что не все приложения и связанные с ними прикладные процессы могут или должны быть стандартизированы. Приложения, затрагивающие частную коммерческую систему конкретного пользователя, могут не подлежать стандартизации. Однако некоторые процедуры являются общими для всех прикладных протоколов. Деятельность по стандартизации ISO сосредоточена на таких процедурах, называемых общими элементами прикладных услуг.

В рамках Эталонной модели OSI дополнительно разработаны три вида обслуживания прикладного уровня и основные на них протоколы: OSI Virtual Terminal Service (виртуальный терминал), OSI File Service (файл) и OSI Management and Transfer (службы и протоколы передачи заданий и манипуляции). Услуга виртуального терминала, как показывает ее название, применяется для предоставления доступа к терминалу процесса пользователя в удаленной системе. Услуга файла предоставляет дистанционный доступ, управление и передачу информации, накопленной в форме файлов. Таким образом, становится возможным, чтобы несовместимый с моделью OSI файловые системы могли работать с ней вместе. Услуга передачи задания и манипуляции позволяет выполнять распределенную обработку информации, включающую функции подчинения заданий, обработку заданий и текущий контроль заданий.

Еще пример - протокол HTTP, с помощью которого браузер взаимодействует с веб - сервером, а также сетевые файловые службы: NFS и FTP в стеке TCP/IP и SMB в Microsoft Windows.

Уровни модели OSI и протоколы

Уровень	Ключевое слово	Структура данных	Ответственность
7. Прикладной уровень	Разделение между задачами	Сообщение	Предоставление сетевого сервиса
6. Уровень представлений	Формирование	Пакет	Трансляция данных и файлов Шифрование данных Сжатие данных
5. Сеансовый уровень	Диалог	Пакет	Управление сессией, установление сеанса связи Ведение самого диалога Контроль за ошибками Обработка транзакций (совокупности пакетов) Поддержка вызовов удалённых процедур
4. Транспортный уровень	Надёжность	Сегменты Дейтаграммы Пакеты	Надёжность передачи Гарантированная доставка Мультиплексирование сессии верхних уровней
3. Сетевой уровень	Дейтаграмма	Дейтаграмма	Маршрутизация логических адресов Создание и ведение таблицы маршрутов Фрагментация и сборка данных Неориентированная и надёжная доставка
2. Канальный уровень	Кадр	Кадр или пакет	Окончательная доставка по физическому адресу устройства Синхронизация кадров Доступ к среде передач
1. Физический уровень	Биты	Биты	Синхронизация битов Сигнализация Признак аналоговой или цифровой информации Электрическая и механическая спецификация

Понятие открытой системы

Открытой может быть названа любая система (компьютер, вычислительная сеть, ОС, программный пакет, другие аппаратные и программные продукты), которая построена в соответствии с *открытыми спецификациями*.

Под открытыми спецификациями понимаются опубликованные, общедоступные спецификации, соответствующие стандартам и принятые в результате достижения согласия после всестороннего обсуждения всеми заинтересованными сторонами.

Для реальных систем полная открытость является недостижимым идеалом. Как правило, даже в системах, называемых открытыми, этому определению соответствуют лишь некоторые части, поддерживающие внешние интерфейсы. Например, открытость семейства операционных систем Unix заключается, помимо всего прочего, в наличии *стандартизованного программного интерфейса* между ядром и приложениями, что позволяет легко переносить приложения из среды одной версии Unix в среду другой версии.

Модель OSI касается только одного аспекта открытости, а именно — открытости *средств взаимодействия* устройств, связанных в компьютерную сеть: - Здесь под открытой системой понимается *сетевое устройство*, готовое взаимодействовать с другими сетевыми устройствами по стандартным правилам, определяющим формат, содержание и значение принимаемых и отправляемых сообщений.

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

- возможность построения сети из аппаратных и программных средств различных производителей, придерживающихся одного и того же стандарта;
- безболезненная замена отдельных компонентов сети другими, более совершенными, что позволяет сети развиваться с минимальными затратами;
- легкость сопряжения одной сети с другой.

Стек OSI

Важно различать модель OSI и стек протоколов OSI. В то время как модель OSI является концептуальной схемой взаимодействия открытых систем, стек OSI представляет собой набор спецификаций конкретных протоколов.

В отличие от других стеков протоколов, стек OSI полностью соответствует модели OSI, включая спецификации протоколов для всех семи уровней взаимодействия, определенных в этой модели. Это и понятно, разработчики стека OSI использовали модель OSI как прямое руководство к действию.

Сетевой уровень включает сравнительно редко используемые протоколы Connection-oriented Network Protocol (CONP) и Connectionless Network Protocol (CLNP). Как следует из названий, первый из них ориентирован на соединение (connection-oriented), второй — нет (connectionless).

Более популярны протоколы маршрутизации стека OSI: ES-IS (End System — Intermediate System) между конечной и промежуточной системами и IS-IS (Intermediate System — Intermediate System) между промежуточными системами.

Наиболее популярными службами прикладного уровня 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).



Рис. 1. Стек протоколов OSI

Стек IPX/SPX

Стек IPX/SPX является оригинальным стеком протоколов фирмы Novell, разработанным для сетевой операционной системы NetWare еще в начале 80-х годов. Структура стека IPX/SPX и его соответствие модели OSI иллюстрирует рис. 1. Название стеку дали протоколы сетевого и транспортного уровней — Internetwork Packet Exchange (IPX) и Sequenced Packet Exchange (SPX). К сетевому уровню этого стека отнесены также протоколы маршрутизации RIP и NLSP. А в качестве представителей трех верхних уровней на рисунке приведены два популярных протокола: протокол удаленного доступа к файлам NetWare Core Protocol (NCP) и протокол объявления о сервисах Service Advertising Protocol (SAP)..

Многие особенности стека IPX/SPX обусловлены ориентацией ранних версий ОС NetWare на работу в локальных сетях небольших размеров, состоящих из персональных компьютеров со скромными ресурсами. Понятно, что для таких компьютеров компании Novell нужны были протоколы, на реализацию которых требовалось бы минимальное количество оперативной памяти (ограниченной в IBM-совместимых компьютерах под управлением MS-DOS объемом 640 Кбайт) и которые бы быстро работали на процессорах небольшой вычислительной мощности.

Однако в крупных корпоративных сетях они слишком перегружали медленные глобальные связи широковещательными пакетами, интенсивно используемыми несколькими протоколами этого стека, например протоколом SAP. Это обстоятельство, а также тот факт, что стек IPX/SPX является собственностью фирмы Novell и на его реализацию нужно получать лицензию (то есть открытые спецификации не поддерживались), долгое время ограничивали распространенность его только сетями NetWare.

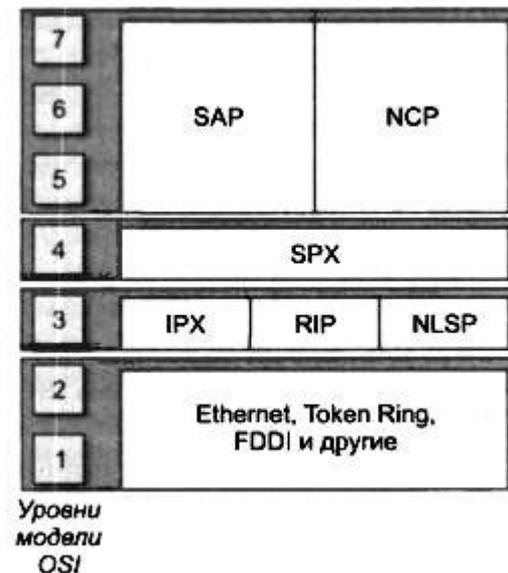


Рис. 1. Стек протоколов IPX/SPX

Стек NetBIOS/SMB

Стек NetBIOS/SMB является совместной разработкой компаний IBM и Microsoft (рис. 1). На физическом и канальном уровнях этого стека также задействованы уже получившие распространение протоколы, такие как Ethernet, Token Ring, FDDI, а на верхних уровнях — специфические протоколы NetBEUI и SMB.

Протокол Network Basic Input/Output System (NetBIOS) появился в 1984 году как сетевое расширение стандартных функций базовой системы ввода-вывода (BIOS) IBM PC для сетевой программы PC Network фирмы IBM. В дальнейшем этот протокол был заменен так называемым протоколом расширенного пользовательского интерфейса NetBEUI (NetBIOS Extended User Interface). Для совместимости приложений в качестве интерфейса к протоколу NetBEUI был сохранен интерфейс NetBIOS. NetBEUI разрабатывался как эффективный протокол, потребляющий немного ресурсов и предназначенный для сетей, насчитывающих не более 200 рабочих станций. Этот протокол содержит много полезных сетевых функций, которые можно отнести к 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.

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

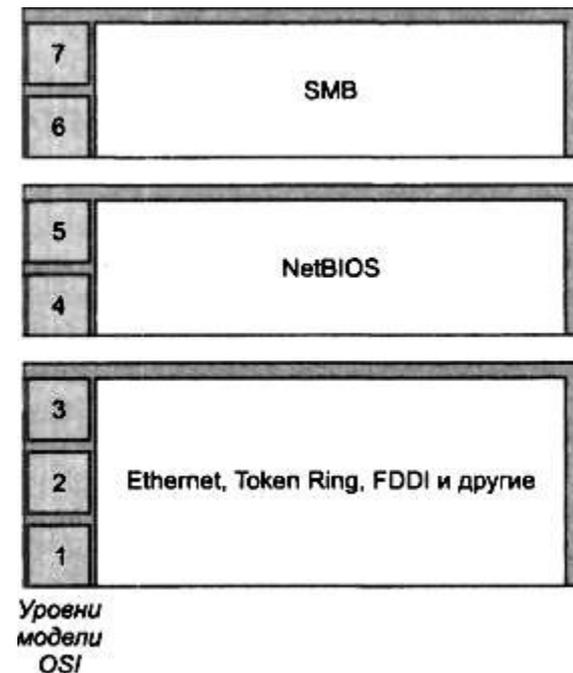


Рис. 1. Стек NetBIOS/SMB

Стандартные стеки коммуникационных протоколов

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 в Интернете, а также в огромном числе корпоративных сетей. Мы подробно рассмотрим этот стек протоколов в соответствующей части курса.

Модель OSI	IBM/Microsoft	TCP/IP	Novell	Стек OSI
Прикладной		Telnet, FTP, SNMP, SMTP, WWW		X.400, X.500, FTAM
Представления	SMB		NCP, SAP	Протокол уровня представления OSI
Сеансовый				Сеансовый протокол OSI
Транспортный	NetBIOS	TCP	SPX	Транспортный протокол OSI
Сетевой		IP, RIP, OSPF	IPX, RIP, NLSP	ES-ES, IS-IS
Канальный	802.3 (Ethernet), 802.5 (Token Ring), FDDI, ATM, PPP			
Физический	Коаксиал, экранированная и неэкранированная витая пара, оптоволокно, радиоволны			

Рис. 1. Соответствие популярных стеков протоколов модели OSI

Распределение протоколов по элементам сети

Из рисунка видно, что полный стек протоколов реализован только на конечных узлах, а промежуточные узлы поддерживают протоколы всего трех нижних уровней. Это объясняется тем, что коммуникационным устройствам для продвижения пакетов достаточно функциональности нижних трех уровней. Более того, коммуникационное устройство может поддерживать только протоколы двух нижних уровней или даже одного физического уровня — это зависит от типа устройства. Конечные узлы сети (компьютеры и компьютеризированные устройства, например мобильные телефоны) всегда предоставляют как информационные, так и транспортные услуги, а промежуточные узлы сети — только транспортные.

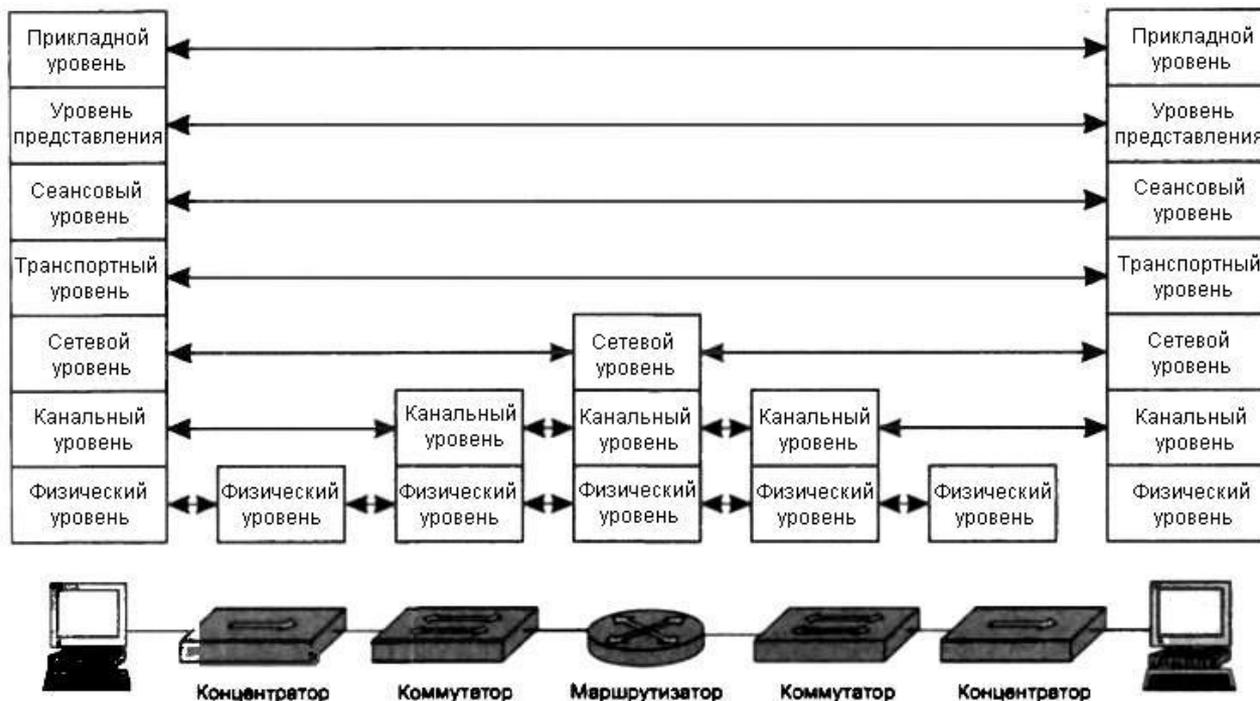


Рис. 1. Соответствие функций различных устройств сети уровням модели OSI