

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ, СЕТИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

Часть 2. ИНФОРМАЦИОННЫЕ СЕТИ

Профессор, к.т.н. Жигалин Анатолий Георгиевич

1 ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

1.3 Понятие «открытая система»

Сети — это соединение разного оборудования, а значит, проблема совместимости является одной из наиболее острых. Без принятия всеми производителями общепринятых правил построения оборудования создание сетей было бы невозможно.

Поэтому все развитие компьютерной отрасли в конечном счете отражено в стандартах.

В сетях основой стандартизации является многоуровневый подход, основе которого была разработана стандартная семиуровневая модель взаимодействия открытых систем.

Протокол. Интерфейс. Стек протоколов

Многоуровневое представление сетевого взаимодействия имеет свою специфику. В процессе обмена сообщениями участвуют две машины, поэтому необходимо организовать согласованную работу двух «иерархий».

При передаче сообщений оба участника обмена должны принять множество соглашений. Например, они должны согласовать уровни и форму электрических сигналов, способ определения длины сообщений, договориться о методах контроля достоверности и т. п. Соглашения должны быть приняты для всех уровней, начиная от самого низкого — уровня передачи битов — до самого высокого, реализующего сервис для пользователей сети.

Формализованные правила, определяющие последовательность и формат сообщений, которыми обмениваются сетевые компоненты, лежащие на одном уровне, но в разных узлах, называются протоколом.

Формализованные правила, определяющие последовательность и формат сообщений, которыми обмениваются компоненты, находящиеся в одном узле в соседних уровнях, называются интерфейсом.

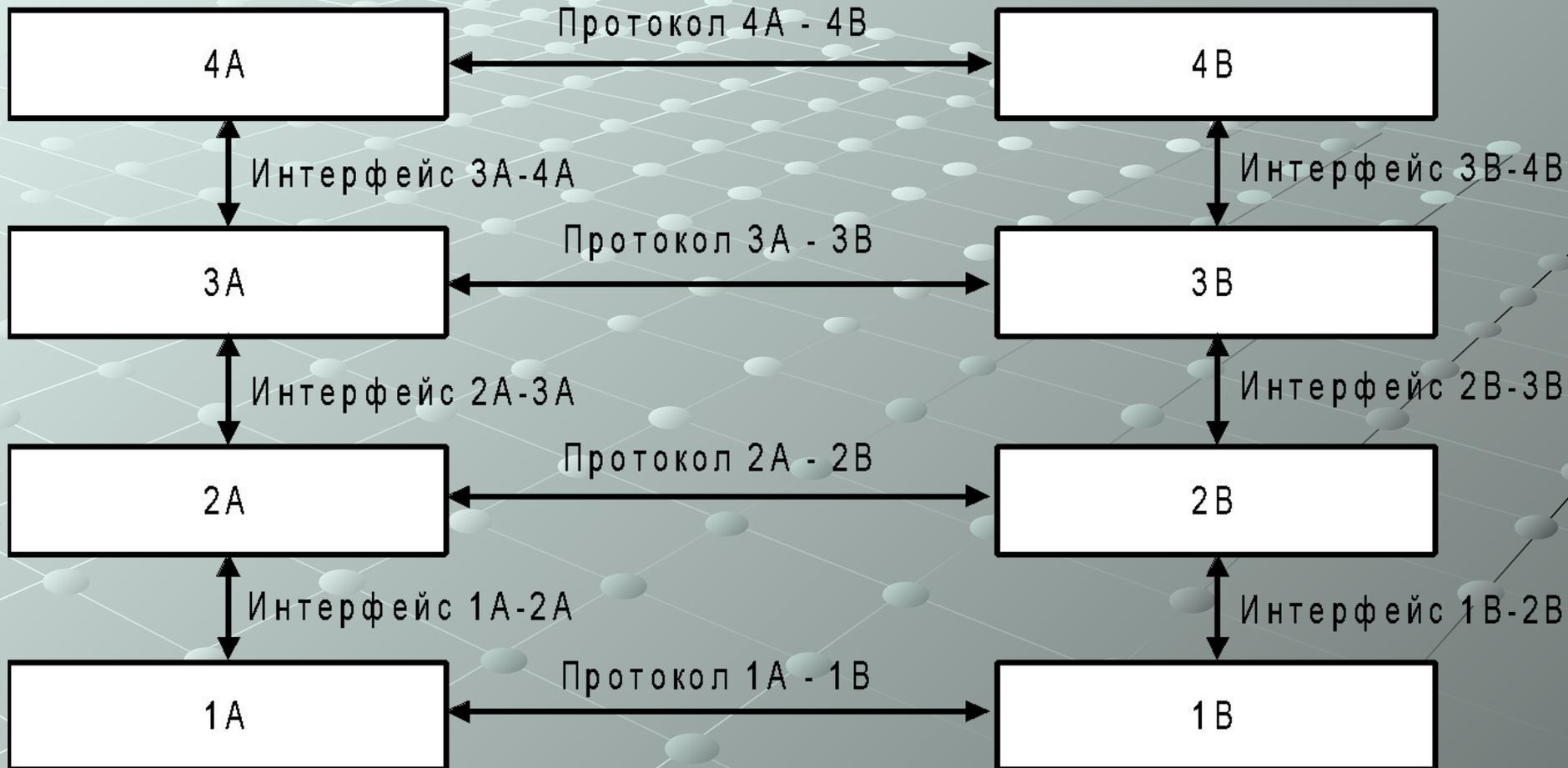
Средства каждого уровня должны обрабатывать, во-первых, свой собственный протокол, а во-вторых, интерфейсы с соседними уровнями.

Иерархически организованный набор протоколов, достаточный для обеспечения взаимодействия узлов в сети, называется стеком коммуникационных протоколов.

Взаимодействие модулей двух узлов

Узел А

Узел В



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.

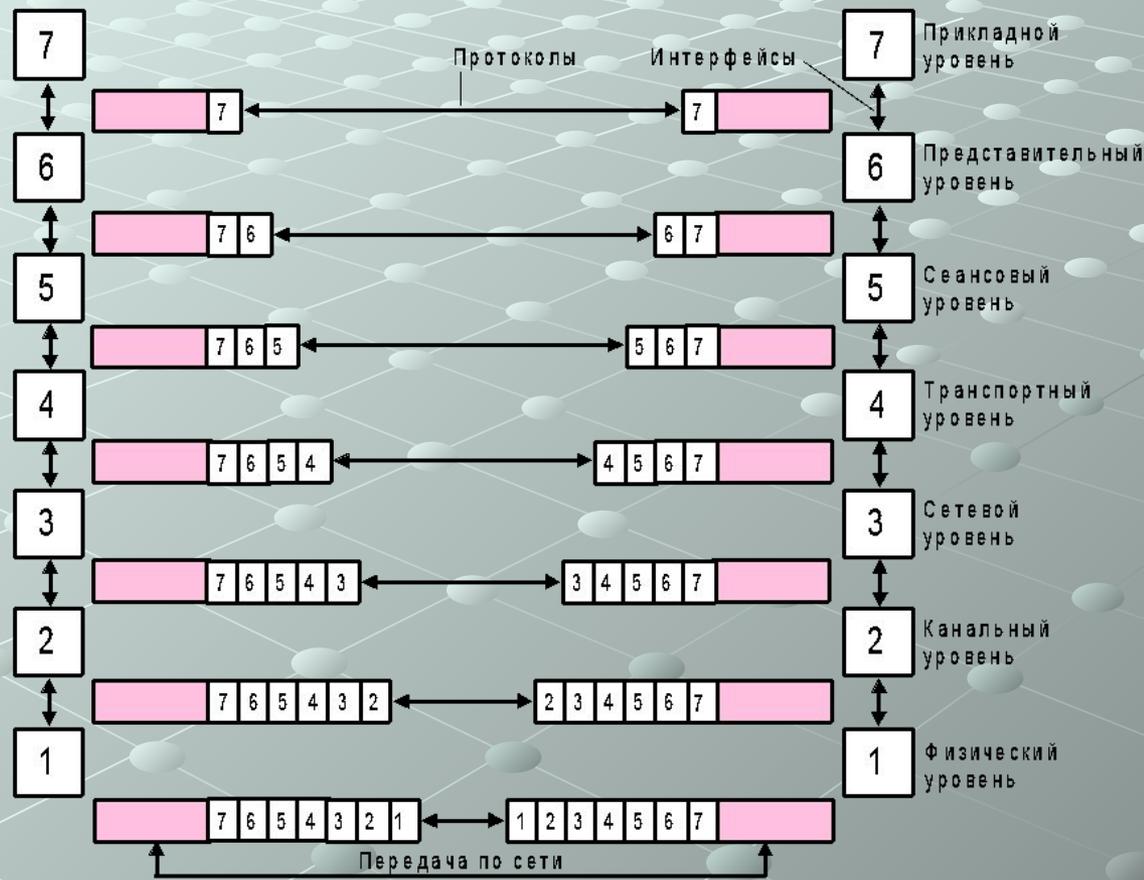
Протоколы реализуются не только компьютерами, но и другими сетевыми устройствами — концентраторами, мостами, коммутаторами, маршрутизаторами и т. д.

Модель OSI

В начале 80-х годов международные организации по стандартизации разработали модель взаимодействия открытых систем (Open System Interconnection, OSI) или моделью OSI. Она описывает различные уровни взаимодействия систем, дает им стандартные имена и указывает, какие функции должен выполнять каждый уровень.

Компьютер 1

Компьютер 2



В модели OSI средства взаимодействия делятся на семь уровней:
 прикладной
 представительный
 сеансовый
 транспортный
 сетевой
 канальный
 физический



Пусть приложение обращается с запросом к прикладному уровню, например к файловой службе. На основании этого запроса ПО 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.

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.

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

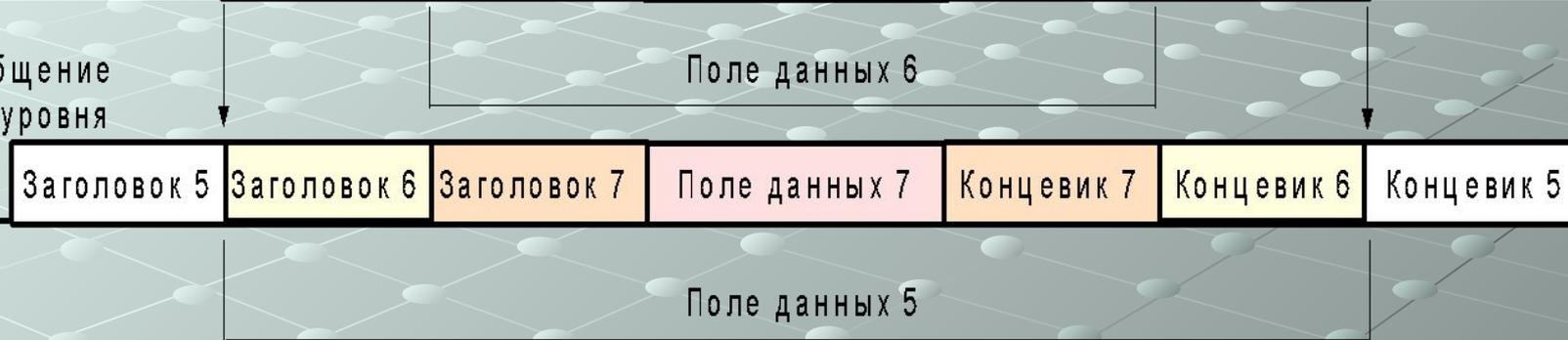
Сообщение
7-го уровня



Сообщение
6-го уровня



Сообщение
5-го уровня



и т.д.

Когда сообщение поступает на машину-адресат, оно принимается ее физическим уровнем и последовательно перемещается вверх. Каждый уровень анализирует и обрабатывает заголовок своего уровня, выполняя соответствующие функции, а затем удаляет этот заголовок и передает сообщение вышележащему уровню.

В модели OSI различают два основных типа протоколов. В протоколах с установлением соединения (connection-oriented) перед обменом данными отправитель и получатель должны сначала установить соединение и, возможно, согласовать параметры протокола, которые будут использоваться при обмене данными. После завершения диалога они должны разорвать это соединение. Телефон — пример взаимодействия по такому протоколу.

Вторая группа протоколов — протоколы без предварительного установления соединения, (connectionless). Такие протоколы называются также дейтаграммными протоколами. Отправитель просто передает сообщение, когда оно готово. Опускание письма в почтовый ящик — пример использования такого протокола.

Уровни модели OSI

Физический уровень (*Physical layer, Phy*)

Имеет дело с передачей битов по физическим каналам связи. На этом уровне определяются характеристики электрических сигналов, передающих дискретную информацию, например, крутизна фронтов импульсов, уровни напряжения или тока передаваемого сигнала, тип кодирования, скорость передачи сигналов. 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.

Канальный уровень (Data Link layer)

На физическом уровне не учитывается, что в тех сетях, где линии связи используются (разделяются) несколькими парами взаимодействующих компьютеров, физическая среда передачи может быть занята. Поэтому одной из задач канального уровня является проверка доступности среды передачи данных.

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 бит 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.

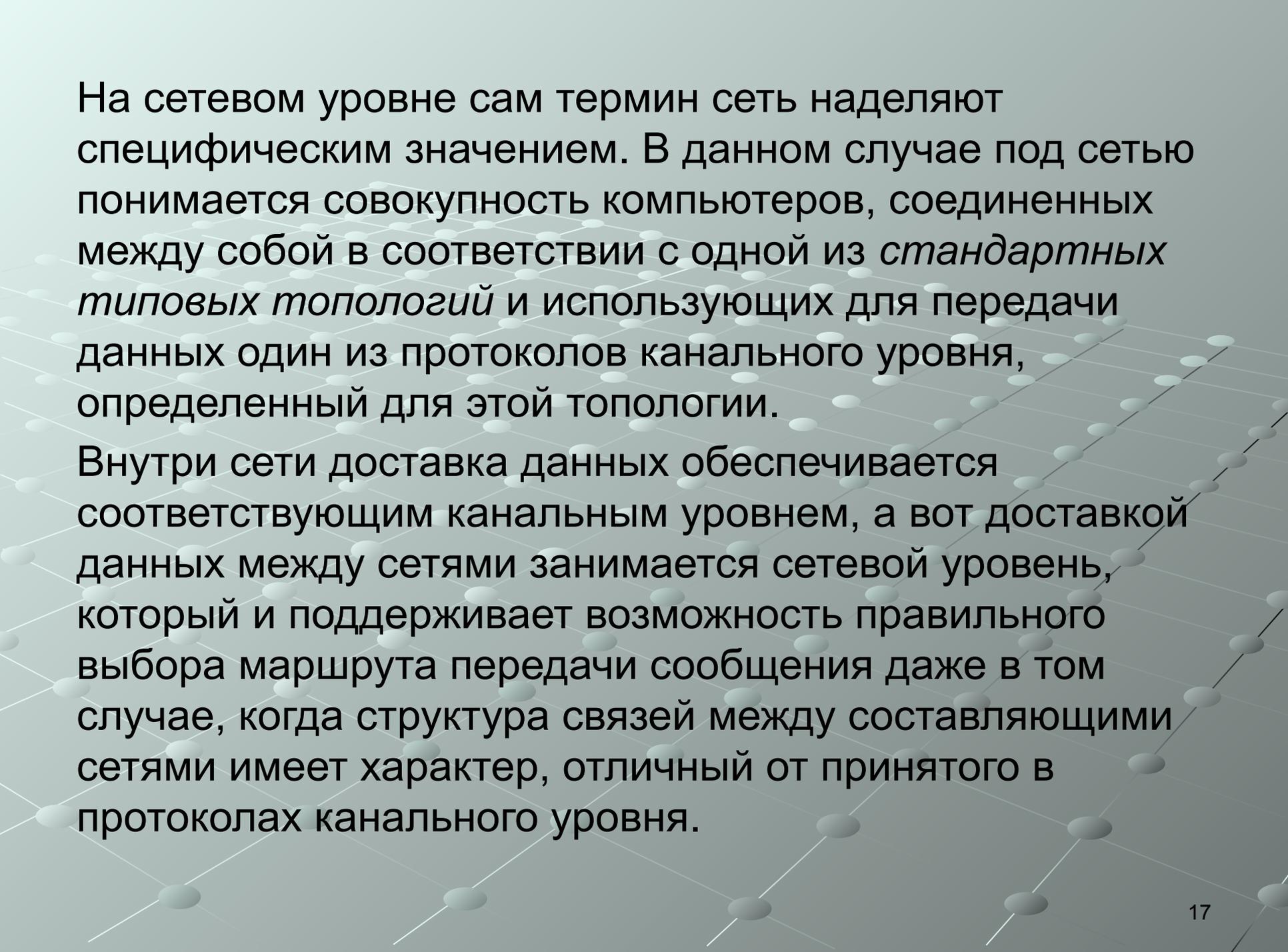
Протоколы канального уровня используются компьютерами, мостами, коммутаторами и маршрутизаторами. В компьютерах функции канального уровня реализуются сетевыми адаптерами и их драйверами.

Канальный уровень представляет собой весьма мощный и законченный набор функций по пересылке сообщений между узлами сети. В некоторых случаях протоколы канального уровня оказываются самодостаточными транспортными средствами и могут допускать работу поверх них непосредственно протоколов прикладного уровня или приложений, без привлечения средств сетевого и транспортного уровней. Тем не менее, для обеспечения качественной транспортировки сообщений в сетях любых топологий и технологий функций канального уровня оказывается недостаточно, поэтому в модели OSI решение этой задачи возлагается на два следующих уровня — сетевой и транспортный.

Сетевой уровень (Network layer)

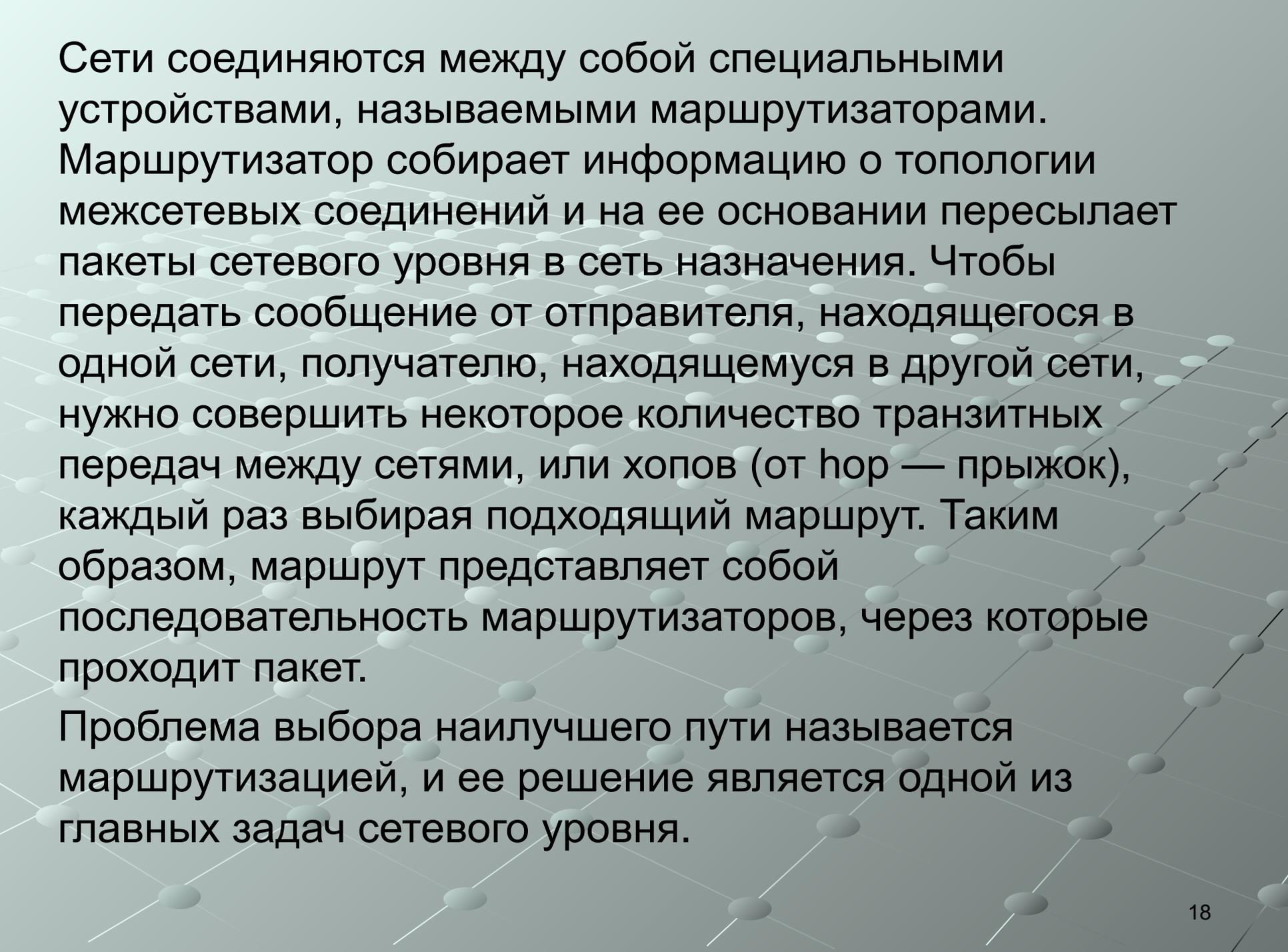
Сетевой уровень служит для образования единой транспортной системы, объединяющей несколько сетей, причем эти сети могут иметь различную и обладать произвольной топологией.

Протоколы канального уровня локальных сетей обеспечивают доставку данных между любыми узлами только в сети с соответствующей типовой топологией, например, топологией иерархической звезды. Это очень жесткое ограничение, которое не позволяет строить сети с развитой структурой, например, сети, объединяющие несколько сетей предприятия в единую сеть, или высоконадежные сети, в которых существуют избыточные связи между узлами.



На сетевом уровне сам термин сеть наделяют специфическим значением. В данном случае под сетью понимается совокупность компьютеров, соединенных между собой в соответствии с одной из *стандартных типовых топологий* и использующих для передачи данных один из протоколов канального уровня, определенный для этой топологии.

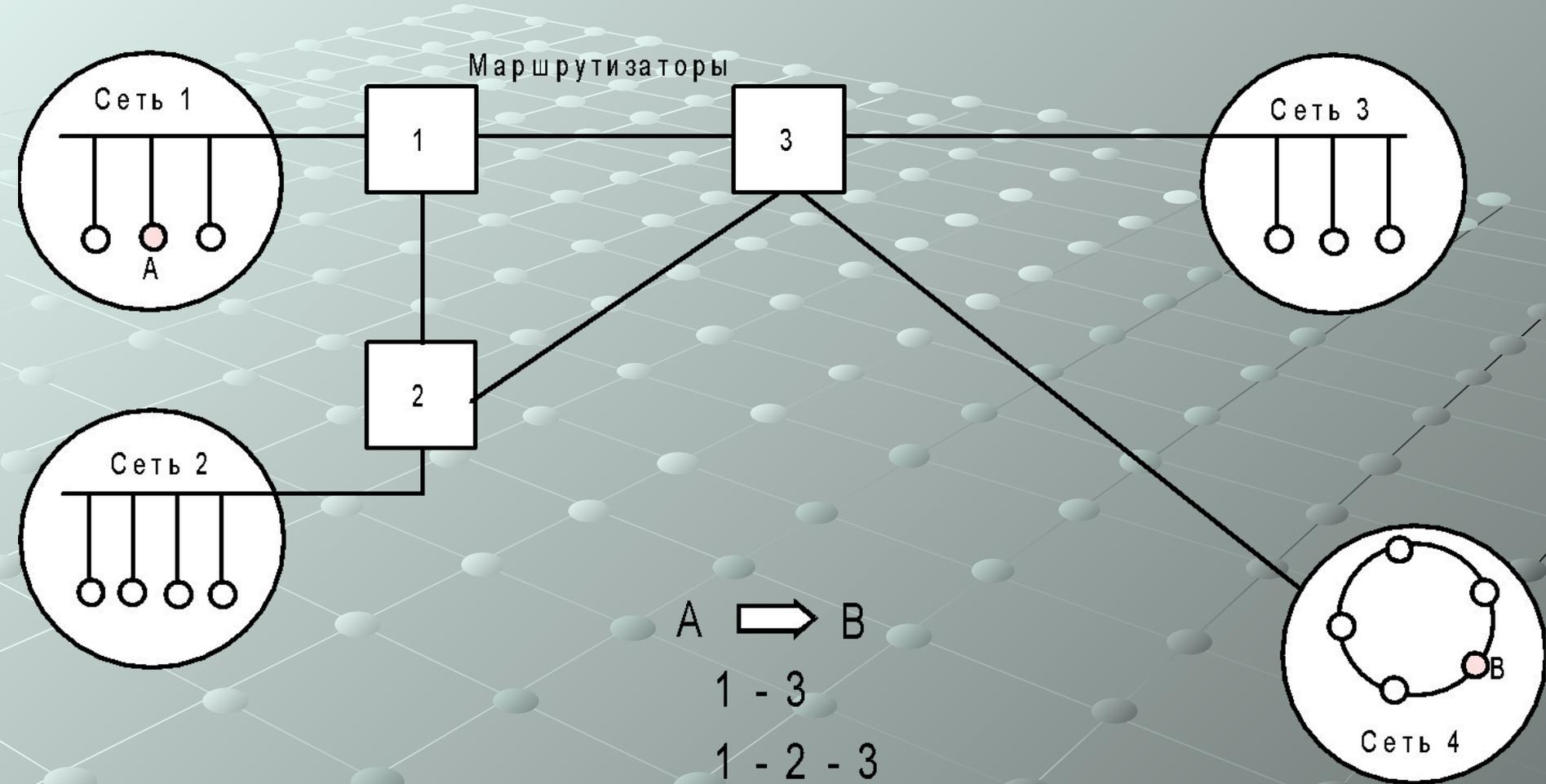
Внутри сети доставка данных обеспечивается соответствующим канальным уровнем, а вот доставкой данных между сетями занимается сетевой уровень, который и поддерживает возможность правильного выбора маршрута передачи сообщения даже в том случае, когда структура связей между составляющими сетями имеет характер, отличный от принятого в протоколах канального уровня.



Сети соединяются между собой специальными устройствами, называемыми маршрутизаторами. Маршрутизатор 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 (от 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.

Пример составной сети



Часто критерием при выборе маршрута является время передачи данных по этому маршруту; оно зависит от пропускной способности каналов связи и интенсивности трафика, которая может изменяться с течением времени.

Некоторые алгоритмы маршрутизации пытаются приспособиться к изменению нагрузки, в то время как другие принимают решения на основе средних показателей за длительное время. Выбор маршрута может осуществляться и по другим критериям, например надежности передачи.

Сетевой уровень решает также 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 (packets). При организации доставки пакетов на сетевом уровне используется понятие «номер сети». В этом случае адрес получателя состоит из старшей части — номера сети и младшей — номера узла в этой сети.

Все узлы одной сети должны иметь одну и ту же старшую часть адреса, поэтому термину «сеть» на сетевом уровне можно дать и другое, более формальное определение: сеть — это совокупность узлов, сетевой адрес которых содержит один и тот же номер сети.

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

Другой вид протоколов называют протоколами обмена маршрутной информацией или просто протоколами маршрутизации (routing protocols). С помощью этих протоколов маршрутизаторы собирают информацию о топологии межсетевых соединений.

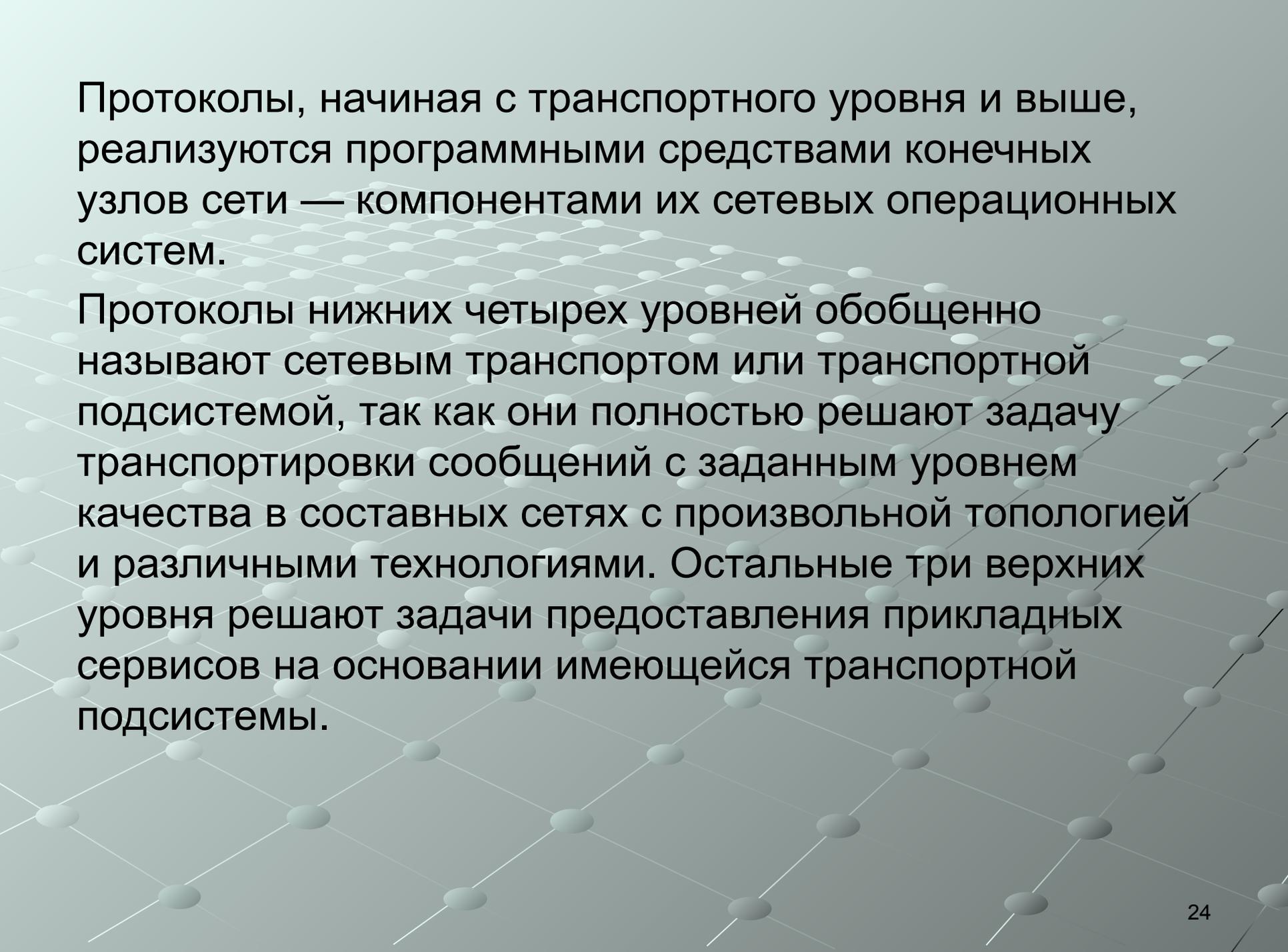
Протоколы сетевого уровня реализуются программными модулями операционной системы, а также программными и аппаратными средствами маршрутизаторов.

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.

Транспортный уровень (Transport layer)

На пути от отправителя к получателю пакеты могут быть искажены или потеряны. Транспортный уровень 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. Они отличаются качеством предоставляемых услуг: срочностью, возможностью восстановления прерванной связи, способностью к обнаружению и исправлению ошибок передачи, таких как искажение, потеря и дублирование пакетов.

A background network diagram consisting of a grid of white nodes connected by thin white lines, set against a light gray gradient background. The nodes are arranged in a regular pattern, and the lines connect them in a grid-like structure, extending across the entire page.

Протоколы, начиная с транспортного уровня и выше, реализуются программными средствами конечных узлов сети — компонентами их сетевых операционных систем.

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. Остальные три верхних уровня решают задачи предоставления прикладных сервисов на основании имеющейся транспортной подсистемы.

Сеансовый уровень (Session layer)

Обеспечивает управление диалогом: фиксирует, какая из сторон является активной в настоящий момент, предоставляет средства синхронизации. Последние позволяют вставлять контрольные точки в длинные передачи, чтобы в случае отказа можно было вернуться назад к последней контрольной точке, а не начинать все 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.

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 которому секретность обмена данными обеспечивается сразу для всех прикладных служб.

Прикладной уровень (Application layer)

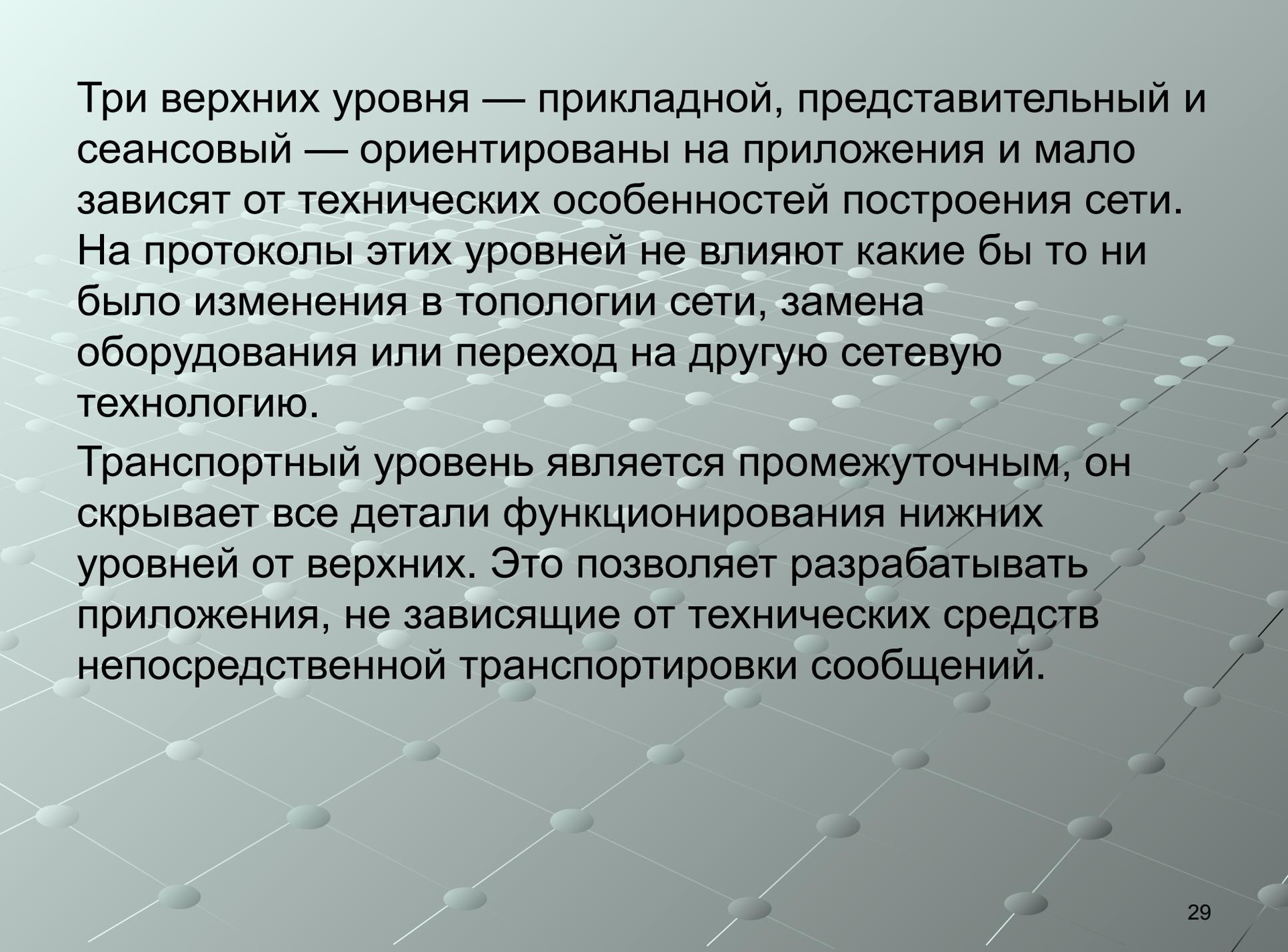
Это набор разнообразных протоколов, с помощью которых пользователи сети получают доступ к разделяемым ресурсам, таким как файлы, принтеры или гипертекстовые Web-страницы, а также организуют свою совместную работу, например, с помощью протокола электронной почты. Единица данных, которой оперирует прикладной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

Существует очень большое разнообразие служб прикладного уровня. Примеры: NCP в операционной системе Novell NetWare, SMB в Microsoft Windows NT, NFS, FTP и TFTP, входящие в стек TCP/IP.

Сетезависимые и сетезависимые уровни

Функции всех уровней модели OSI могут быть отнесены к одной из двух групп: либо к функциям, зависящим от конкретной технической реализации сети, либо к функциям, ориентированным на работу с приложениями.

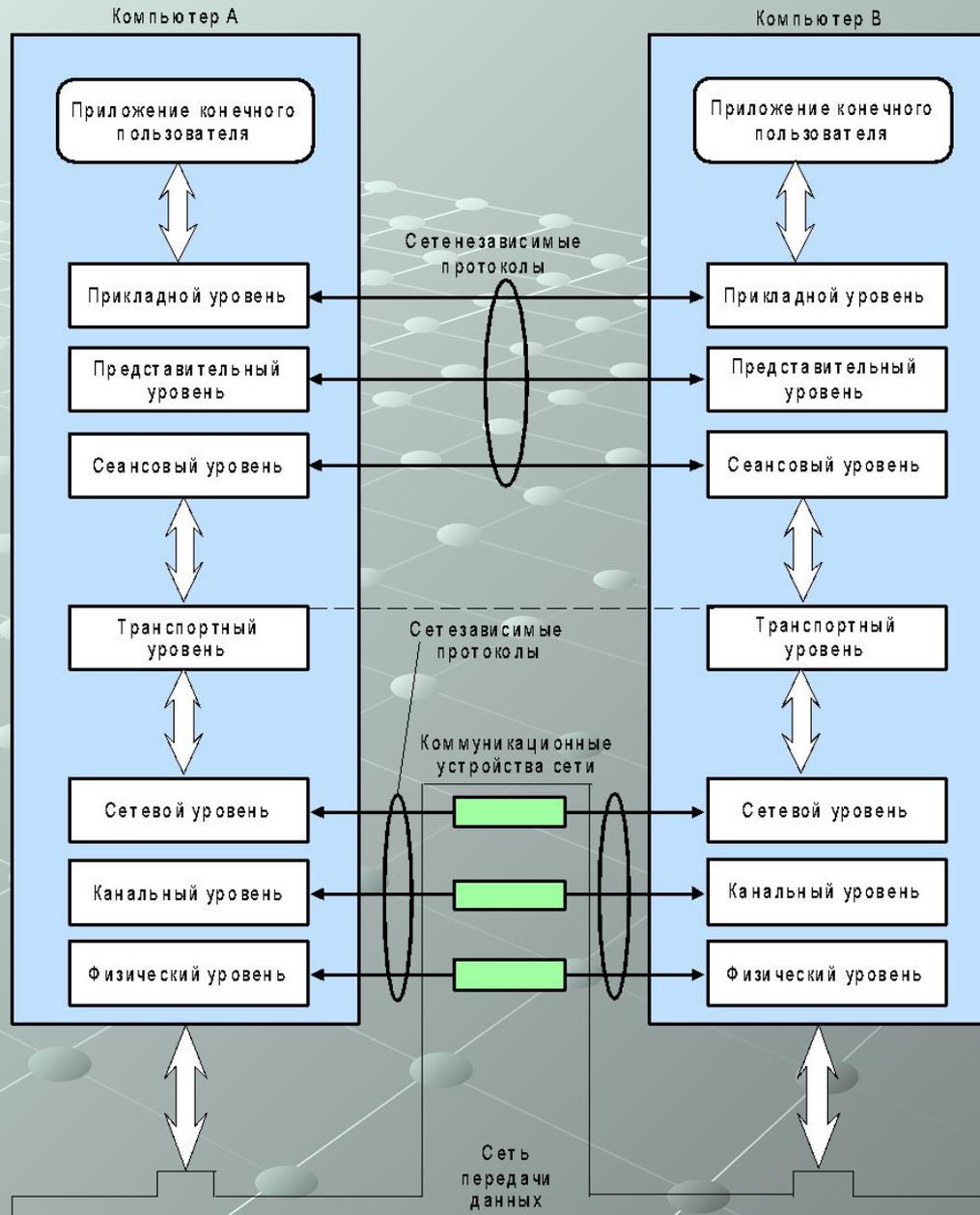
Три нижних уровня — физический, канальный и сетевой — являются сетезависимыми, то есть протоколы этих уровней тесно связаны с технической реализацией сети и используемым коммуникационным оборудованием. Например, переход на оборудование FDDI означает полную смену протоколов физического и канального уровней во всех узлах сети.



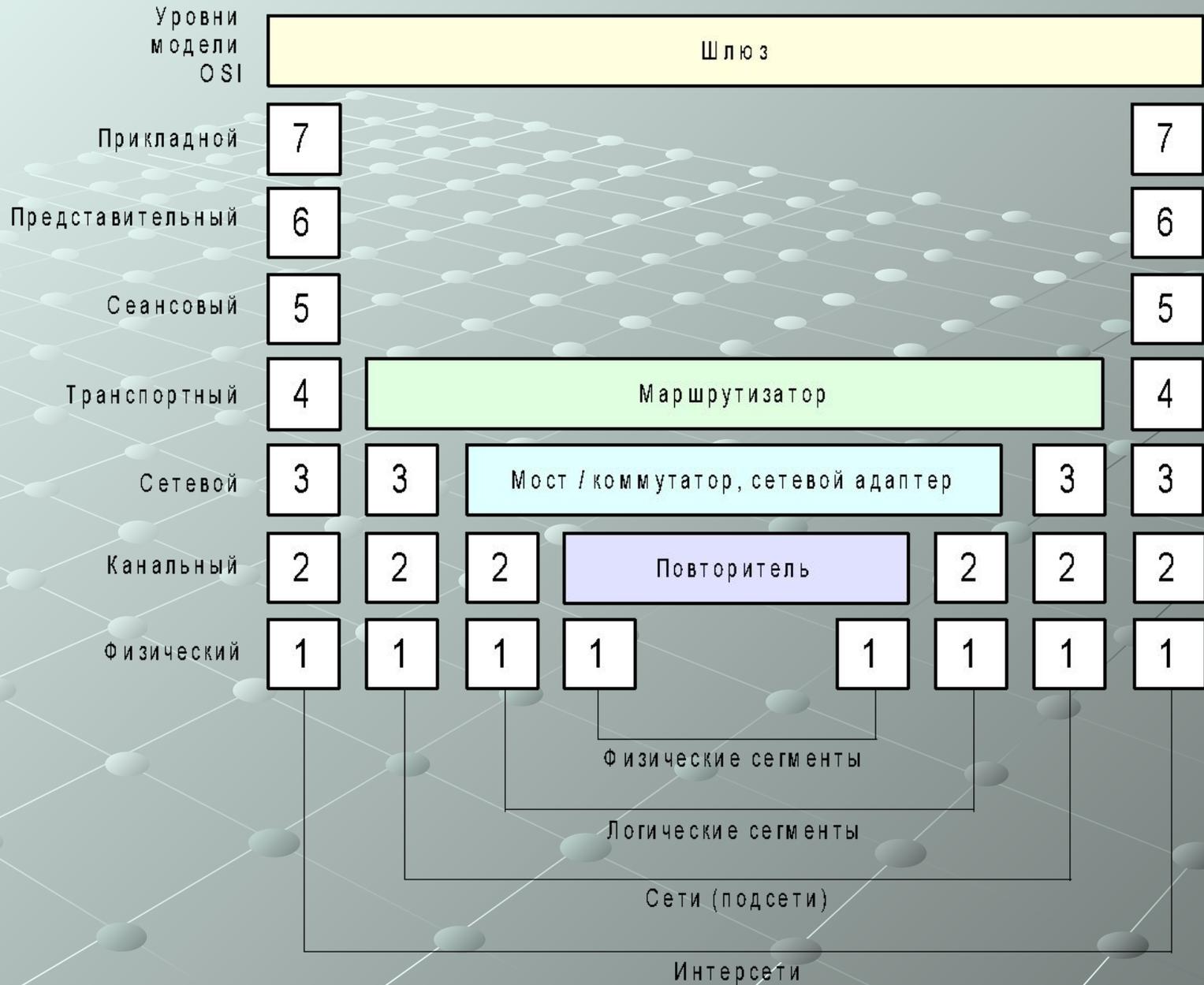
Три верхних уровня — прикладной, представительный и сеансовый — ориентированы на приложения и мало зависят от технических особенностей построения сети. На протоколы этих уровней не влияют какие бы то ни было изменения в топологии сети, замена оборудования или переход на другую сетевую технологию.

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

Сетезависимые и сетезависимые уровни модели OSI



Соответствие функций различных устройств сети уровням модели OSI



Понятие «открытая система»

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» понимают формализованное описание аппаратных или программных компонентов, способов их функционирования, взаимодействия с другими компонентами, условий эксплуатации, ограничений и особых характеристик.

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

Использование при разработке систем открытых спецификаций позволяет третьим сторонам разрабатывать для этих систем различные аппаратные или программные средства расширения и модификации, а также создавать программно-аппаратные комплексы из продуктов разных производителей.

Модель OSI касается открытости средств взаимодействия устройств, связанных в вычислительную сеть. Здесь под открытой системой понимается сетевое устройство, готовое взаимодействовать с другими сетевыми устройствами с использованием стандартных правил, определяющих формат, содержание и значение принимаемых и отправляемых сообщений.

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

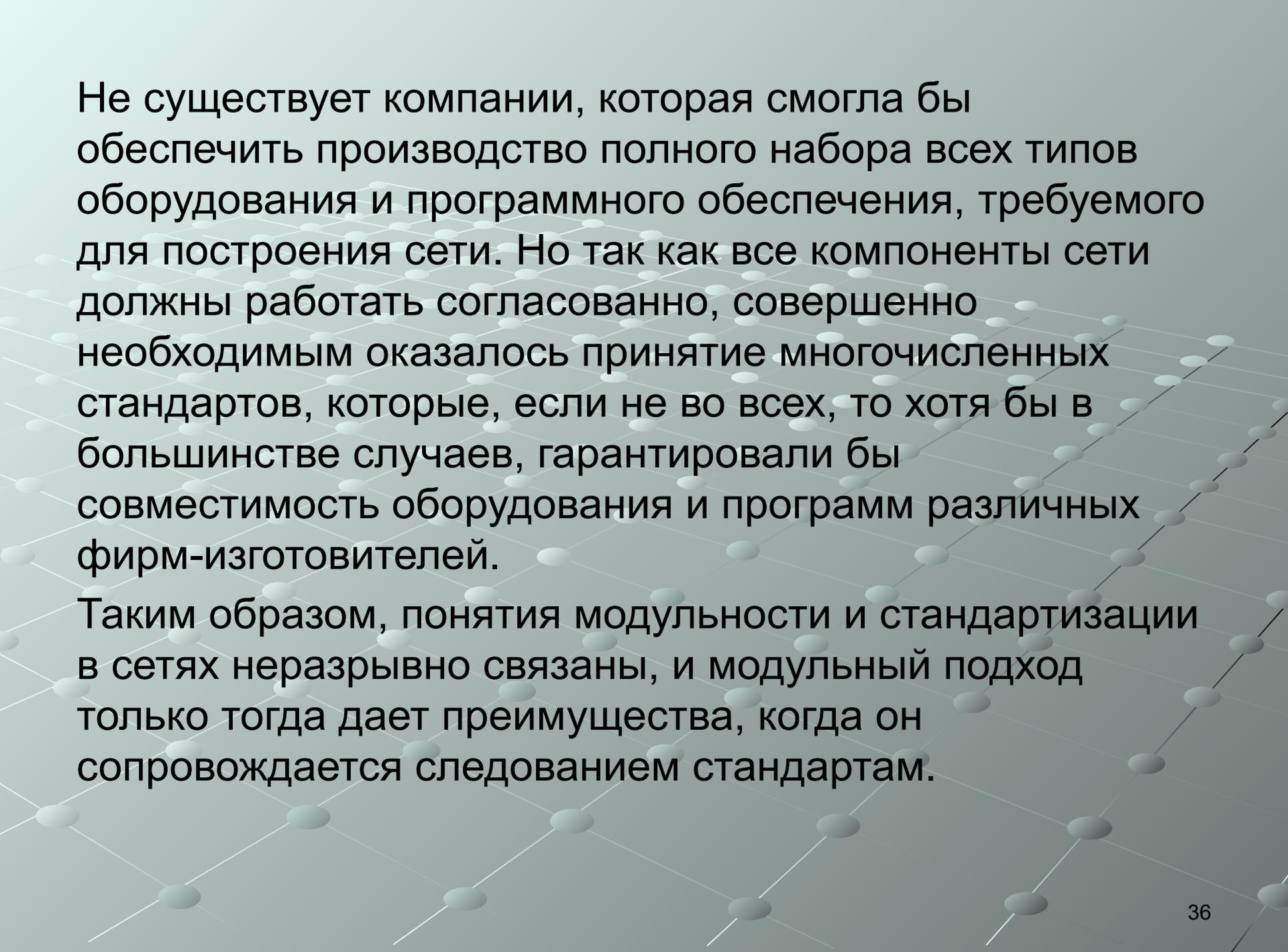
- возможность построения сети из аппаратных и программных средств различных производителей, придерживающихся одного и того же стандарта;
- возможность безболезненной замены отдельных компонентов сети другими, более совершенными, что позволяет сети развиваться с минимальными затратами;
- возможность легкого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

Примером открытой системы является Internet. Эта сеть развивалась в полном соответствии с требованиями, предъявляемыми к открытым системам.

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, ОС и модулей приложений.

Разнообразные требования, предъявляемые к компьютерным сетям, привели к такому же разнообразию выпускаемых для построения сети устройств и программ. Эти продукты отличаются не только основными функциями, но и многочисленными вспомогательными функциями, предоставляющими пользователям или администраторам дополнительные удобства.



Не существует компании, которая смогла бы обеспечить производство полного набора всех типов оборудования и программного обеспечения, требуемого для построения сети. Но так как все компоненты сети должны работать согласованно, совершенно необходимым оказалось принятие многочисленных стандартов, которые, если не во всех, то хотя бы в большинстве случаев, гарантировали бы совместимость оборудования и программ различных фирм-изготовителей.

Таким образом, понятия модульности и стандартизации в сетях неразрывно связаны, и модульный подход только тогда дает преимущества, когда он сопровождается следованием стандартам.

Источники стандартов

Работы по стандартизации 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 технологии АТМ, разрабатываемые специально созданным объединением АТМ Forum, насчитывающем около 100 коллективных участников);
- *национальные стандарты* (например, стандарт FDDI, представляющий один из многочисленных стандартов, разработанных Американским национальным институтом стандартов);

- *международные стандарты* (например, модель и стек коммуникационных протоколов Международной организации по стандартам).

Некоторые стандарты, развиваясь, могут переходить из одной категории в другую. Например, 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.