

# Глава 3

## Сетевые топологии и способы доступа к среде передачи данных

В этой главе вы найдете ответы на следующие вопросы:

- *Какие существуют сетевые топологии?*
- *Каковы преимущества и недостатки различных топологий?*
- *Какой тип сети сейчас наиболее популярен?*
- *Какие возможны способы (методы) доступа к среде передачи данных?*

При организации компьютерной сети исключительно важным является выбор *топологии*, т. е. *компоновки сетевых устройств и кабельной инфраструктуры*. Нужно выбрать такую топологию, которая обеспечила бы надежную и эффективную работу сети, удобное управление потоками сетевых данных. Желательно также, чтобы сеть по стоимости создания и сопровождения получилась недорогой, но в то же время оставались возможности для ее дальнейшего расширения и, желательно, для перехода к более высокоскоростным технологиям связи.

Это непростая задача! Чтобы ее решить, необходимо знать, какие вообще бывают сетевые топологии. Заметим, что при этом следует различать понятия *физической топологии*, т. е. способа размещения компьютеров, сетевого оборудования и их соединения с помощью кабельной инфраструктуры, и *логической топологии* — структуры взаимодействия компьютеров и характера распространения сигналов по сети.

### Базовые сетевые топологии

Существует три базовые топологии, на основе которых строится большинство сетей.

- **«Шина» (Bus).** В этой топологии все компьютеры соединяются друг с другом *одним кабелем* (рис. 3.1). Посланные в такую сеть данные передаются *всем компьютерам*, но обрабатывает их только тот компьютер, аппаратный MAC-адрес сетевого адаптера которого записан в кадре как адрес получателя.

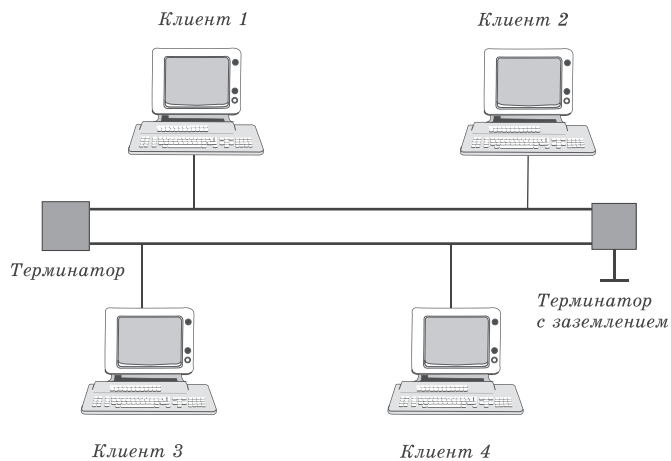


Рис 3.1. Сеть с топологией «шина»

Эта топология исключительно проста в реализации и дешева (требует меньше всего кабеля), однако имеет ряд существенных недостатков.

### Недостатки сетей типа «шина»

- ☒ Такие сети трудно *расширять* (увеличивать число компьютеров в сети и количество *сегментов* — отдельных отрезков кабеля, их соединяющих).
- ☒ Поскольку шина используется совместно, в каждый момент времени передача может вести *только один из компьютеров*. Если передачу одновременно начинают два или больше компьютеров, возникает искажение сигнала (*столкновение*, или *коллизия*), приводящее

к повреждению всех кадров. Тогда компьютеры вынуждены приостанавливать передачу, а затем по очереди ретранслировать данные. Влияние столкновений тем заметнее, чем выше объем передаваемой по сети информации и чем больше компьютеров подключено к шине. Оба этих фактора, естественно, снижают как максимальную возможную, так и общую производительность сети, замедляя ее работу.

- ☒ «Шина» является *пассивной топологией* — компьютеры только «слушают» кабель и не могут восстанавливать затухающие при передаче по сети сигналы. Чтобы удлинить сеть, нужно использовать *повторители (репитеры)*, усиливающие сигнал перед его передачей в следующий сегмент.
- ☒ Надежность сети с топологией «шина» невысока. Когда электрический сигнал достигает конца кабеля, он (если не приняты специальные меры) *отражается*, нарушая работу всего сегмента сети. Чтобы предотвратить такое отражение сигналов, на концах кабеля устанавливаются специальные *резисторы (терминаторы)*, поглощающие сигналы. Если же в любом месте кабеля возникает обрыв — например, при нарушении целостности кабеля или просто при отсоединении коннектора, — то возникают два незатерминированных сегмента, на концах которых сигналы начинают отражаться, и вся сеть перестает работать.

Проблемы, характерные для топологии «шина», привели к тому, что эти сети, столь популярные еще десять лет назад, сейчас уже практически не используются.

- **«Кольцо» (Ring).** В данной топологии каждый из компьютеров соединяется с двумя другими так, чтобы от одного он получал информацию, а второму — передавал ее (рис. 3.2). Последний компьютер подключается к первому, и кольцо *замыкается*.

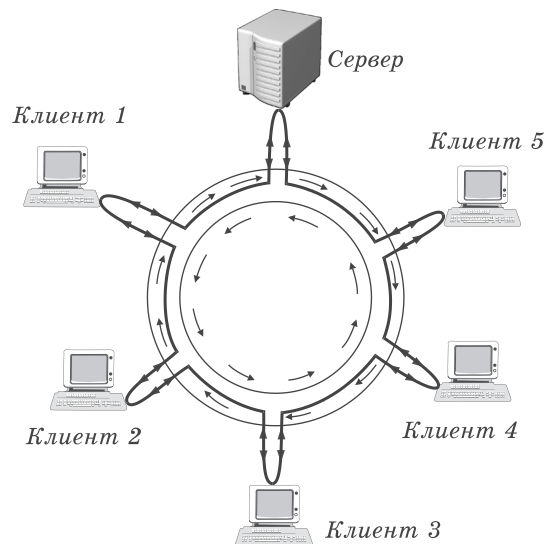


Рис. 3.2. Сеть с топологией «кольцо»

### Преимущества и недостатки сетей с топологией «кольцо»

<i>Преимущества</i>	<i>Недостатки</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>☑ поскольку у кабелей в этой сети нет свободных концов, терминаторы здесь не нужны;</li> <li>☑ каждый из компьютеров выступает в роли <i>повторителя</i>, усиливая сигнал, что позволяет строить сети большой протяженности;</li> <li>☑ из-за отсутствия <i>столкновений</i> топология обладает высокой устойчивостью к перегрузкам, обеспечивая эффективную работу</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☒ сигнал в «кольце» должен пройти последовательно (и только в одном направлении) через все компьютеры, каждый из которых проверяет, не ему ли адресована информация, поэтому время передачи может быть достаточно большим;</li> <li>☒ подключение к сети нового компьютера часто требует ее остановки, что нарушает работу всех других компьютеров;</li> <li>☒ выход из строя хотя бы одного из компьютеров или устройств нарушает работу всей сети;</li> </ul>

<i>Преимущества</i>	<i>Недостатки</i>
с большими потоками передаваемой по сети информации	<input checked="" type="checkbox"/> обрыв или короткое замыкание в любом из кабелей кольца делает работу всей сети невозможной; <input checked="" type="checkbox"/> чтобы избежать остановки работы сети при отказе компьютеров или обрыве кабеля, обычно прокладывают два кольца, что существенно удорожает сеть

Здесь, так же как и для сетей с топологией «шина», недостатки несколько перевешивают достоинства, в результате чего популярные ранее кольцевые сети теперь используются гораздо реже.

- **Активная топология «звезда» (Active Star).** Эта топология возникла на заре вычислительной техники, когда к мощному центральному компьютеру подключались все остальные абоненты сети. В такой конфигурации все потоки данных шли исключительно через центральный компьютер; он же полностью отвечал за управление информационным обменом между всеми участниками сети. Конфликты при такой организации взаимодействия в сети были невозможны, однако нагрузка на центральный компьютер была столь велика, что ничем другим, кроме обслуживания сети, этот компьютер, как правило, не занимался. Выход его из строя приводил к отказу всей сети, тогда как отказ периферийного компьютера или обрыв связи с ним на работе остальной сети не сказывался. Сейчас такие сети встречаются довольно редко.

Гораздо более распространенной сегодня топологией является похожий вариант — «звезда-шина» (**Star Bus**), или «пассивная звезда» (рис. 3.3). Здесь периферийные компьютеры подключаются не к центральному компьютеру, а к пассивному *концентра-*

тору, или *хабу (hub)*. Последний, в отличие от центрального компьютера, никак не отвечает за управление обменом данными, а выполняет те же функции, что и повторитель, то есть восстанавливает входящие сигналы и пересылает их всем остальным подключенным к нему компьютерам и устройствам. Именно поэтому данная топология, хотя физически и выглядит как «звезда», логически является топологией «шина» (что и отражено в ее названии).

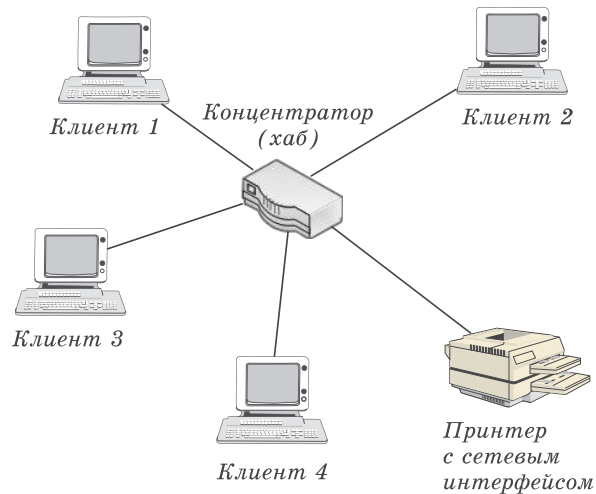


Рис. 3.3. Сеть с топологией «звезда-шина»

Несмотря на большой расход кабеля, характерный для сетей типа «звезда», эта топология имеет существенные преимущества перед остальными, что и обусловило ее широчайшее применение в современных сетях.

### Преимущества сетей типа «звезда-шина»

- ☑ *Надежность* — подключение к центральному концентратору и отключение компьютеров от него никак не отражается на работе остальной сети; обрывы кабеля влияют только на еди-

ничные компьютеры; терминаторы не требуются.

- ☑ *Легкость при обслуживании и устранении проблем* — все компьютеры и сетевые устройства подключаются к центральному соединительному устройству, что существенно упрощает обслуживание и ремонт сети.
- ☑ *Защищенность* — концентрация точек подключения в одном месте позволяет легко ограничить доступ к жизненно важным объектам сети.

Отметим, что при использовании вместо концентраторов более «интеллектуальных» сетевых устройств (*мостов, коммутаторов и маршрутизаторов* — подробнее о них будет рассказано позже) получается «промежуточный» тип топологии между активной и пассивной звездой. В этом случае устройство связи не только ретранслирует поступающие сигналы, но и производит управление их обменом.

## Другие возможные сетевые топологии

Реальные компьютерные сети постоянно расширяются и модернизируются. Поэтому почти всегда такая сеть является *гибридной*, т. е. ее топология представляет собой комбинацию нескольких базовых топологий. Легко представить себе гибридные топологии, являющиеся комбинацией «звезды» и «шины», либо «кольца» и «звезды».

Однако особо следует выделить **топологию «дерево» (tree)**, которую можно рассматривать как объединение нескольких «звезд» (рис. 3.4). Именно эта топология сегодня является наиболее популярной при построении локальных сетей.

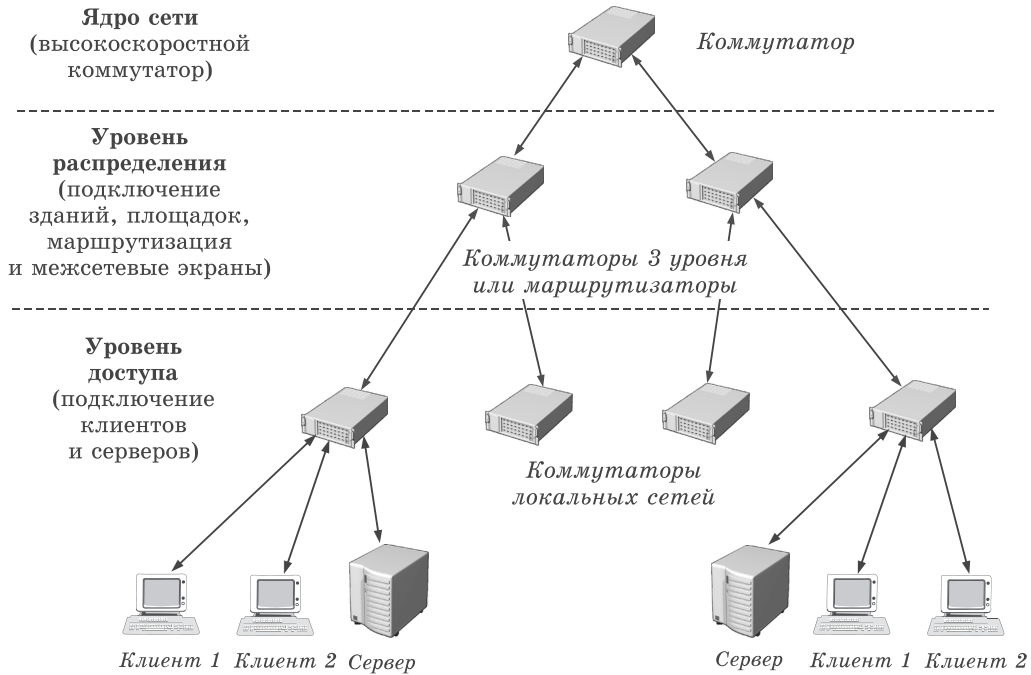


Рис. 3.4. Сеть с топологией «дерево»



Своего рода «предтечей» Интернета была сеть ARPANet, изначально созданная по заказу Министерства обороны США. Целью этого проекта была разработка такой системы связи, которая могла бы функционировать даже в условиях атомной войны. Нынешний же Интернет как свободно доступная всемирная компьютерная сеть стал отчасти неожиданным, «конверсионным» результатом военных разработок.

Наконец, следует упомянуть о **сетчатой**, или **сеточной (mesh) топологии**, в которой все либо многие компьютеры и другие устройства соединены друг с другом напрямую (рис. 3.5). Такая топология исключительно надежна — при обрыве любого канала передача данных не прекращается, поскольку возможно *несколько маршрутов доставки информации*. Сеточные топологии (чаще всего не полные, а частичные) используются там, где требуется обеспечить *максимальную отказоустойчивость* сети, например при объединении нескольких участков сети крупного предприятия или при подключении к Интернету, хотя за это, конечно, приходится платить: существенно увеличивается расход кабеля, усложняется сетевое оборудование и его настройка.



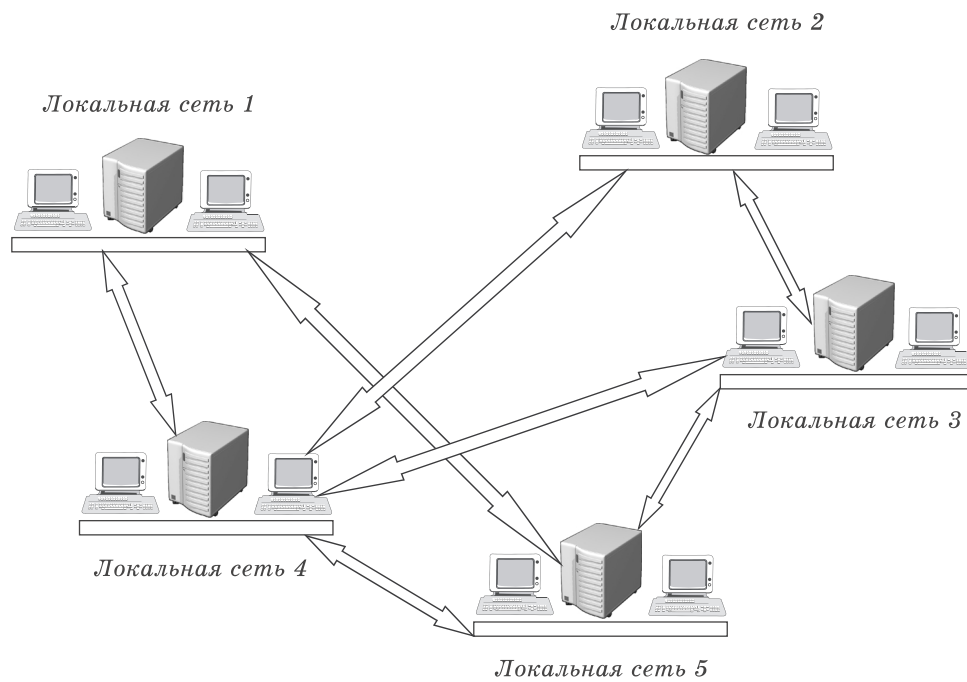


Рис. 3.5. Сеть с сетчатой топологией

## Доступ к среде передачи

С сетевой топологией тесно связано понятие *способа доступа к среде передачи*, под которым понимается набор правил, определяющих, как именно компьютеры должны отправлять и принимать данные по сети.

Таких способов возможно несколько. Основными из них являются:

- множественный доступ с контролем несущей и обнаружением столкновений;
- множественный доступ с контролем несущей и предотвращением столкновений;
- передача маркера.

- При **множественном доступе с контролем несущей и обнаружением столкновений** (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection, CSMA/CD) все компьютеры (*множественный доступ*) «слушают» кабель (*контроль несущей*), чтобы определить, передаются по нему данные или нет. Если кабель свободен, любой компьютер может начать передачу; тогда все остальные компьютеры должны ждать, пока кабель не освободится. Если компьютеры начали передачу одновременно и возникло столкновение, все они приостанавливают передачу (*обнаружение столкновений*), каждый — на разные промежутки времени, после чего ретранслируют данные.

Серьезным недостатком этого способа доступа является то, что при большом количестве компьютеров и высокой нагрузке на сеть число столкновений возрастает, а пропускная способность падает, иногда очень существенно.

Однако этот метод очень прост в технической реализации, поэтому именно он используется в наиболее популярной сегодня *технологии Ethernet*. А чтобы уменьшить количество столкновений, в современных сетях применяются такие устройства, как мосты, коммутаторы и маршрутизаторы.

- Метод **множественного доступа с контролем несущей и предотвращением столкновений** (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance, CSMA/CA) отличается от предыдущего тем, что перед передачей данных компьютер посылает в сеть специальный небольшой пакет, сообщая остальным компьютерам о своем намерении начать трансляцию. Так другие компьютеры «узнают» о готовящейся передаче, что позволяет избежать столкновений. Конечно, эти уведомления увеличивают общую нагрузку на сеть и снижают ее пропускную способность (из-за чего метод CSMA/CA работает медленнее, чем CSMA/CD), однако они, безусловно, необходимы для работы, например, беспроводных сетей.

- В сетях с **передачей маркера** (Token Passing) от одного компьютера к другому по кольцу постоянно курсирует небольшой блок данных, называемый *маркером*. Если у компьютера, получившего маркер, нет информации для передачи, он просто пересылает его следующему компьютеру. Если же такая информация имеется, компьютер *«захватывает» маркер*, дополняет его данными и отправляет все это следующему компьютеру по кругу. Такой информационный пакет передается от компьютера к компьютеру, пока не достигает станции назначения. Поскольку в момент передачи данных маркер в сети отсутствует, другие компьютеры уже не могут ничего передавать. Поэтому в сетях с передачей маркера невозможны ни столкновения, ни временные задержки, что делает их весьма привлекательными для использования в системах автоматизации работы предприятий.

## Выбор компьютерной сети

Рассмотрев наиболее часто используемые сегодня сетевые топологии и методы доступа, обсудим и другие факторы, определяющие выбор нужного типа сети.

При этом следует учитывать:

- уже имеющуюся кабельную систему и оборудование — есть ли в вашем доме, школе, офисе сеть, которую нужно просто расширить, или у вас имеются только отдельные компьютеры;
- физическое месторасположение — важно учитывать, как расположены компьютеры и где вы собираетесь разместить сетевое оборудование. Объединить компьютеры в одной комнате довольно просто, однако если ваши компьютеры располагаются на разных этажах здания или даже в нескольких зданиях, наилучшую конфигурацию сети и ее топологию следует тщательно продумать;

- размеры планируемой сети — если у вас имеется лишь несколько компьютеров, структура сети будет довольно простой; если же компьютеров сотни или тысячи, то, скорее всего, придется остановить свой выбор на сложной гибридной топологии;
- объем и тип информации для совместного использования — эти параметры должны обязательно учитываться при выборе типа сети: если между компьютерами передаются большие файлы — музыкальные, видео- или графические, то вам потребуется высокоскоростная сеть, позволяющая быстро и без задержек передавать такие объемы информации.



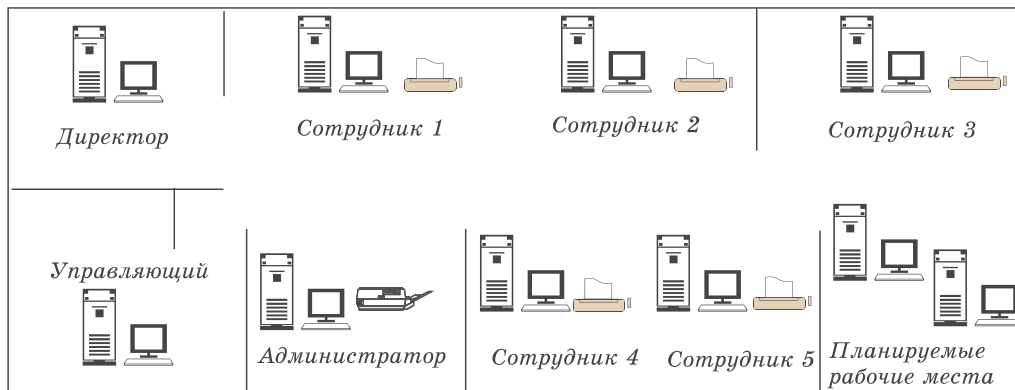
Подавляющее большинство современных сетей используют топологию «звезда» или гибридную топологию, представляющую собой объединение нескольких «звезд» (например, топологию типа «дерево»), и метод доступа к среде передачи CSMA/CD (множественный доступ с контролем несущей и обнаружением столкновений).



## **Вопросы и задания**

1. В чем заключается различие между физическими и логическими связями?
2. Какие топологии лежат в основе любой компоновки сети?
3. Каковы преимущества и недостатки конфигурации «звезда»? В каких локальных сетях она применяется?
4. Каковы преимущества и недостатки топологии «кольцо»? В каких локальных сетях она применяется?
5. Каковы преимущества и недостатки конфигурации «шина»? В каких локальных сетях она применяется?

6. Какие гибридные топологии вам известны?
7. Какие факторы необходимо учитывать при планировании сети?
8. Вам поручено установить сеть для небольшой, но развивающейся компании, занимающей половину этажа. В состав компании входят директор, управляющий, администратор и пять сотрудников. Планируется взять на работу еще двух сотрудников. У каждого сотрудника компании есть компьютер. Если необходимо обмениваться деловой информацией, приходится делать это устно или с помощью дискет. Лазерный принтер находится у администратора. У каждого сотрудника имеется отдельный матричный принтер.



Какую топологию сети вы предложили бы для этой компании? Оцените суммарную длину кабеля, требуемого для прокладки сети, в каждом из предложенных вариантов и выберите из них наиболее оптимальный.

9. Вам необходимо установить сеть на трех этажах школы. В каждом учебном помещении имеется компьютер и принтер. На первом и втором этаже — 8 помещений. На третьем — 10. Какую топологию сети можно выбрать для этого случая?