# МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНИ

УКРАИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет механический

### Кафедра ИTK

## РЕФЕРАТ

## ТЕМА: “Структурированные компьютерные сети”

### Выполнил:

### студент группы 3-IС-27

### Куделя С.В.

Проверил: доцент Безуб В.Н.

## Днепропетровск 2009

**Содержание**

Введение

1. Место и роль локальных сетей

2. Топология

2.1 Особенности различных типов топологий локальных сетей

2.1.1 Топология «шина»

2.1.2 Топология «звезда»

2.1.3 Топология «кольцо»

2.1.4 Другие топологии

2.2 Многозначность понятия топологии

3. Эталонная модель OSI

4. Структуризация как средство построения больших сетей

4.1 Сущность структурного подхода к созданию структурированных информационных систем

4.2 Структуризация сетей

4.2.1 Физическая структуризация сети

4.2.2 Логическая структуризация сети

5. Передача информации в сети

5.1 Назначение пакетов и их структура

5.2 Адресация пакетов

5.3 Методы управления обменом

Литература

**Введение**

Компьютерной сетью называют совокупность узлов (компьютеров, терминалов, периферийных устройств), имеющих возможность информационного взаимодействия друг с другом с помощью специального коммуникационного оборудования и программного обеспечения. Размеры сетей варьируются в широких пределах - от пары соединенных между собой компьютеров, стоящих на соседних столах, до миллионов компьютеров, разбросанных по всему миру (часть из них может находиться и на космических объектах). По широте охвата принято деление сетей на несколько категорий. Локальные вычислительные сети, ЛВС или L4W( Local-Area Network), позволяют объединять компьютеры, расположенные в ограниченном пространстве. Для локальных сетей, как правило, прокладывается специализированная кабельная система, и положение возможных точек подключения абонентов ограничено этой кабельной системой. Иногда в локальных сетях используют и беспроводную связь (wireless), но и при этом возможности перемещения абонентов сильно ограничены. Локальные сети можно объединять в более крупномасштабные образования — CAN (Campus-Area Network — кампусная сеть, объединяющая локальные сети близко расположенных зданий), MAN (Metropolitan-Area Network — сеть городского масштаба), WAN (Wide-Area Network - широкомасштабная сеть), GAN (Global-Area Network — глобальная сеть). Сетью сетей в наше время называют глобальную сеть - Интернет. Для более крупных сетей также устанавливаются специальные проводные или беспроводные линии связи или используется инфраструктура существующих публичных средств связи. В последнем случае абоненты компьютерной сети могут подключаться к сети в относительно произвольных точках, охваченных сетью телефонии, ISDN или кабельного телевидения.

Понятие интранет (intranet) обозначает внутреннюю сеть организации, где важны два момента:

1) изоляция или защита внутренней сети от внешней (Интернет);

2) использование сетевого протокола IP и Web-технологий (прикладного протокола HTTP).

В аппаратном аспекте применение технология интранет означает, что все абоненты сети в основном обмениваются данными с одним или несколькими серверами, на которых сосредоточены основные информационные ресурсы предприятия.

В сетях применяются различные сетевые технологии, из которых в локальных сетях наиболее распространены Ethernet, Token Ring, l00VG-AnyLAN, ARCnct, FDDI. В глобальных сетях применяются иные технологии. Каждой технологии соответствуют свои типы оборудования.

Оборудование сетей подразделяется на активное — интерфейсные карты компьютеров, повторители, концентраторы и т. п. и пассивное — кабели, соединительные разъемы, коммутационные панели и т. п. Кроме того, имеется вспомогательное оборудование — устройства бесперебойного питания, кондиционирования воздуха и аксессуары — монтажные стойки, шкафы, кабелепроводы различного вида. С точки зрения физики, активное оборудование - это устройства, которым необходима подача энергии для генерации сигналов, пассивное оборудование подачи энергии не требует.

Оборудование компьютерных сетей подразделяется на конечные системы (устройства), являющиеся источниками и/или потребителями информации, и промежуточные системы, обеспечивающие прохождение информации по сети. К конечным системам, ES (End Systems), относятся компьютеры, терминалы, сетевые принтеры, факс-машины, кассовые аппараты, считыватели штрих-кодов, средства голосовой и видеосвязи и любые другие периферийные устройства, снабженные тем или иным сетевым интерфейсом. К промежуточным системам, IS (Intermediate Systems), относятся концентраторы (повторители, мосты, коммутаторы), маршрутизаторы, модемы и прочие телекоммуникационные устройства, а также соединяющая их кабельная и/или беспроводная инфраструктура. Действием, «полезным» для пользователей, является обмен информацией между конечными устройствами. Поток информации, передаваемый по сети, называют сетевым трафиком. Трафик кроме полезной информации включает и служебную ее часть — неизбежные накладные расходы на организацию взаимодействия узлов сети. Пропускная способность линий связи, называемая также полосой пропускания (bandwidth), определяется как количество информации, проходящей через линию за единицу времени. Измеряется в бит/с (bps — bit per second), кбит/с (kbps), Мбит/с (Mbps), Гбит/c (Gbps), Тбит/с (Tbps)... Здесь, как правило, приставки кило-, мега-, гига-, тера- имеют десятичное значение (103, 106, 10", 10,г), а не двоичное (210, 220, 2м, 2\*°). Для активного коммуникационного оборудования применимо понятие производительность, причем в двух различных аспектах. Кроме «валового» количества неструктурированной информации, пропускаемого оборудованием за единицу времени (бит/с), интересуются и скоростью обработки пакетов (pps — packets per second), кадров (fps — frames per second) или ячеек (cps — cells per second). Естественно, при этом оговаривается и размер структур (пакетов, кадров, ячеек), для которого измеряется скорость обработки. В идеале производительность коммуникационного оборудования должна быть столь высокой, чтобы обеспечивать обработку информации, приходящей на все интерфейсы (порты) на их полной скорости (wire speed).

Для организации обмена информацией должен быть разработан комплекс программных и аппаратных средств, распределенных по разным устройствам сети. Поначалу разработчики и поставщики сетевых средств пытались идти каждый по своему пути, решая весь комплекс задач с помощью собственного набора протоколов, программ и аппаратуры. Однако решения различных поставщиков оказывались несовместимыми друг с другом, что вызывало массу неудобств для пользователей, которых по разным причинам не удовлетворял набор возможностей, предоставляемых только одним из поставщиков. По мере развития техники и расширения ассортимента предоставляемых сервисов назрела необходимость декомпозиции сетевой задачи — разбивки ее на несколько взаимосвязанных подзадач с определением правил взаимодействия между ними. Разбивка задачи и стандартизация протоколов позволяет принимать участие в ее решении большому количеству сторон - разработчиков программных и аппаратных средств, изготовителей коммуникационного и вспомогательного (например, тестового) оборудования и инсталляторов, доносящих все эти плоды прогресса до конечных потребителей.

**1. Место и роль локальных сетей**

Передача информации между компьютерами существует, наверное, с самого момента возникновения вычислительной техники. Она позволяет организовать совместную работу отдельных компьютеров, решать одну задачу с помощью нескольких компьютеров, специализировать каждый из компьютеров на выполнении какой-то одной функции, совместно использовать ресурсы и решать множество других проблем. Способов и средств обмена информацией за последнее время предложено множество: от простейшего переноса файлов с помощью дискеты до всемирной компьютерной сети Internet, способной связать все компьютеры мира. Какое же место во всей этой иерархии отводится локальным сетям?

Чаще всего термин «локальные сети» (LAN, Local Area Network) понимают буквально, то есть под локальными понимаются такие сети, которые имеют небольшие, локальные размеры, соединяют близко расположенные компьютеры. Однако достаточно посмотреть на характеристики некоторых локальных сетей, чтобы понять, что такое определение не слишком точно. Например, некоторые локальные сети легко обеспечивает связь на расстоянии нескольких километров или даже десятков километров. Это уже размеры целого города.

Наиболее часто локальная сеть связывает от двух до нескольких десятков компьютеров. Но предельные возможности некоторых локальных сетей гораздо выше: максимальное число абонентов может достигать тысячи. В современных локальных сетях используются самые разнообразные концентраторы, коммутаторы, маршрутизаторы, мосты, которые порой производят довольно сложную обработку передаваемой информации. Компьютеры, связанные локальной сетью, объединяются, по сути, в один виртуальный компьютер, ресурсы которого могут быть доступны всем пользователям, причем этот доступ не менее удобен, чем к ресурсам, входящим непосредственно в каждый отдельный компьютер. Под удобством в первую очередь понимается в данном случае высокая реальная скорость доступа, при которой обмен информацией между приложениями осуществляется незаметно для пользователя.

Из такого определения сразу же следует, что скорость передачи по локальной сети должна обязательно расти по мере роста быстродействия наиболее распространенных компьютеров. Именно это мы и наблюдаем: если еще сравнительно недавно вполне приемлемой считалась скорость обмена в 1-10 Мбит/с, то сейчас среднескоростной считается сеть, работающая на скорости 100 Мбит/с и активно разрабатываются средства для скорости 1000 Мбит/с и даже больше. Таким образом, главное отличие локальной сети от любой другой - высокая скорость обмена. Но не менее важны и другие факторы.

Например, принципиально необходим низкий уровень ошибок передачи. Поэтому локальные сети обязательно используют специально прокладываемые качественные линии связи.

Принципиальное значение имеет и такая характеристика сети, как возможность работы с большими нагрузками, то есть с большой интенсивностью обмена (или, как еще говорят, с большим трафиком). Если механизм управления обменом, используемый в сети, не слишком эффективен, то компьютеры могут чрезмерно долго ждать своей очереди на передачу, и даже если передача будет производиться затем на высочайшей скорости и полностью безошибочно, то для пользователя сети это все равно обернется неприемлемой задержкой доступа ко всем сетевым\_ ресурсам.

Любой механизм управления обменом может гарантированно работать только тогда, когда заранее известно, сколько компьютеров (абонентов, узлов) может быть подключено к сети. При включении непредусмотренного числа абонентов забуксует вследствие перегрузки любой механизм. Наконец, сетью в истинном смысле этого слова можно назвать только такую систему передачи данных, которая позволяет объединять хотя бы до нескольких десятков компьютеров, но никак не два, как в случае связи через стандартные порты.

Таким образом, можно сформулировать следующие отличительные признаки локальной сети:

* высокая скорость передачи, большая пропускная способность;
* низкий уровень ошибок передачи (или, что то же самое, высококачественные каналы связи). Допустимая вероятность ошибок передачи данных должна быть порядка 10"7 - 10~8;
* эффективный, быстродействующий механизм управления обменом;
* ограниченное, точно определенное число компьютеров, подключаемых к сети.

Таким образом глобальные сети отличаются от локальных тем, что рассчитаны на неограниченное число абонентов и используют, как правило, не слишком качественные каналы связи и сравнительно низкую скорость передачи, а механизм управления обменом в них в принципе не может быть гарантированно быстрым. В глобальных сетях гораздо важнее не качество связи, а сам факт ее существования.

Нередко выделяют еще один класс компьютерных сетей - городские сети (MAN, Metropolitan Area Network), которые обычно бывают ближе к глобальным сетям, хотя иногда имеют некоторые черты локальных сетей - например, высококачественные каналы связи и сравнительно высокие скорости передачи. В принципе городская сеть может быть действительно локальной, со всеми ее преимуществами.

Правда, сейчас уже нельзя провести четкую и однозначную границу между локальными и глобальными сетями. Большинство локальных сетей имеет выход в глобальную сеть, но характер передаваемой информации, принципы организации обмена, режимы доступа к ресурсам внутри локальной сети, как правило, сильно отличаются от тех, что приняты в глобальной сети. И хотя все компьютеры локальной сети в данном случае включены также и в глобальную сеть, специфики локальной сети это не отменяет. Возможность выхода в глобальную сеть остается всего лишь одним из ресурсов, разделяемых пользователями локальной сети.

По локальной сети может передаваться самая разная цифровая информация: данные, изображения, телефонные разговоры, электронные письма и т.д. Кстати, именно задача передачи изображений, особенно полноцветных динамических изображений, предъявляет самые высокие требования к быстродействию сети. Чаще всего локальные сети используются для разделения (то есть совместного использования) таких ресурсов, как дисковое пространство, принтеры и выход в глобальную сеть, но это всего лишь незначительная часть тех возможностей, которые предоставляют средства локальных сетей. Например, они позволяют осуществлять обмен информацией между компьютерами разных типов. Абонентами (узлами) сети могут быть не только компьютеры, но и другие устройства, например принтеры, плоттеры, сканеры. Локальные сети дают возможность организовать систему параллельных вычислений на всех компьютерах сети, что позволяет многократно ускорить решение сложных математических задач. С их помощью можно также управлять работой сложной технологической системы или исследовательской установки с нескольких компьютеров одновременно.

Однако локальные сети имеют и некоторые недостатки, о которых всегда следует помнить. Помимо дополнительных материальных затрат на покупку оборудования и сетевого программного обеспечения, на прокладку соединительных кабелей и обучение персонала, необходимо также иметь специалиста, который будет заниматься контролем за работой сети, модернизацией сети, управлением доступом к ресурсам, устранением возможных неисправностей - то есть администратора сети. Сети ограничивают возможности перемещения компьютеров, так как при этом может понадобиться перекладка соединительных кабелей. Кроме того, сети представляют собой прекрасную среду для распространения компьютерных вирусов, поэтому вопросам защиты придется уделять гораздо больше внимания, чем в случае автономного\_использования\_компьютеров.

Здесь же стоит упомянуть о таких важнейших понятиях теории сетей, как сервер и клиент.

Сервером называется абонент (узел) сети, который предоставляет свои ресурсы другим абонентам, но сам не использует ресурсы других абонентов, то есть служит только сети. Серверов в сети может быть несколько, и совсем не обязательно сервер - это самый мощный компьютер. Выделенный сервер - это сервер, занимающийся только сетевыми задачами. Невыделенный сервер может заниматься помимо обслуживания сети и другими задачами. Специфический тип сервера - это сетевой принтер.

Клиентом называется абонент сети, который только использует сетевые ресурсы, но сам свои ресурсы в сеть не отдает, то есть сеть его обслуживает. Компьютер-клиент также часто называют рабочей станцией. В принципе каждый компьютер может быть одновременно как клиентом, так и сервером.

Под сервером и клиентом часто понимают также не сами компьютеры, а работающие на них программные приложения. В этом случае то приложение, которое только отдает ресурс в сеть, является сервером, а то приложение, которое только пользуется сетевыми ресурсами, является клиентом.

**2. Топология**

Каждая сетевая технология имеет характерную для нее топологию соединения узлов сети и метод доступа к среде передачи (media access method). Эти категории связаны с двумя нижними уровнями модели OSI.

Под топологией (компоновкой, конфигурацией, структурой) компьютерной сети обычно понимается физическое расположение компьютеров сети друг относительно друга и способ соединения их линиями связи. Важно отметить, что понятие топологии относится прежде всего к локальным сетям, в которых структуру связей можно легко проследить. В глобальных сетях структура связей обычно скрыта от пользователей и не слишком важна, так как каждый сеанс связи может производиться по своему собственному пути.

Топология определяет требования к оборудованию, тип используемого кабеля, возможные и наиболее удобные методы управления обменом, надежность работы, возможности расширения сети. И хотя выбирать топологию пользователю сети приходится нечасто, знать об особенностях основных топологий, их достоинствах и недостатках надо.

Различают физическую топологию, определяющую правила физических соединений узлов (прокладку реальных кабелей), и логическую топологию, определяющую направления потоков данных между узлами сети. Логическая и физическая топологии относительно независимы друг от друга.

**Физические топологии** - шина (bus), звезда (star), кольцо (ring), дерево (tree), сетка (mesh) - иллюстрирует рис. 1.

**Логические топологии**

В логической шине информация (кадр), передаваемая одним узлом, одновременно доступна для всех узлов, подключенных к одному сегменту. Передачу считанных данных на вышестоящий уровень (LLC-подуровень) производит только тот узел (узлы), которому адресуется данный кадр.

Логическая шина реализуется на физической топологии шины, звезды, дерева, сетки. Метод доступа к среде передачи, разделяемой между всеми узлами сегмента, - вероятностный, основанный на прослушивании сигнала в шине (Ethernet), или детерминированный, основанный на определенной дисциплине передачи права доступа (ARCnet).

В логическом кольце информация передается последовательно от узла к узлу. Каждый узел принимает кадры только от предыдущего и посылает только последующему узлу по кольцу. Узел транслирует дальше по сети все кадры, а обрабатывает только адресуемые ему. Реализуется на физической топологии кольца или звезды с внутренним кольцом в концентраторе. Метод доступа - детерминированный. На логическом кольце строятся сети Token Ring и FDDI.

Современный подход к построению высокопроизводительных сетей переносит большую часть функций МАС-уровня (управление доступом к среде) на центральные сетевые устройства - коммутаторы. При этом можно говорить о логической звезде, хотя это название широко не используется.

**2.1 Особенности различных типов топологий локальных сетей**

**2.1.1 Топология «шина»**

Топология «шина» (или, как ее еще называют, «общая шина») самой своей структурой предполагает идентичность сетевого оборудования компьютеров, а также равноправие всех абонентов. При таком соединении компьютеры могут передавать только по очереди, так как линия связи единственная. В противном случае передаваемая информация будет искажаться в результате наложения (конфликта, коллизии). Таким образом, в шине реализуется режим полудуплексного (half duplex) обмена (в обоих направлениях, но по очереди, а не одновременно).

В топологии «шина» отсутствует центральный абонент, через которого передается вся информация, что увеличивает ее надежность (ведь при отказе любого центра перестает функционировать вся управляемая этим центром система). Добавление новых абонентов в шину довольно просто и обычно возможно даже во время работы сети. В большинстве случаев при использовании шины требуется минимальное количество соединительного кабеля по сравнению с другими топологиями. Правда, надо учесть, что к каждому компьютеру (кроме двух крайних) подходит два кабеля, что не всегда удобно.

Так как разрешение возможных конфликтов в данном случае ложится на сетевое оборудование каждого отдельного абонента, аппаратура сетевого адаптера при топологии «шина» получается сложнее, чем при других топологиях. Однако из-за широкого распространения сетей с топологией «шина» (Ethernet, Arcnet) стоимость сетевого оборудования получается не слишком высокой.

Шине не страшны отказы отдельных компьютеров, так как все остальные компьютеры сети могут нормально продолжать обмен. Может показаться, что шине не страшен и обрыв кабеля, поскольку в этом случае мы получим две вполне работоспособные шины. Однако из-за особенностей распространения электрических сигналов по длинным линиям связи необходимо предусматривать включение на концах шины специальных согласующих устройств - терминаторов, показанных на рис. 1.4 в виде прямоугольников. Без включения терминаторов сигнал отражается от конца линии и искажается так, что связь по сети становится невозможной. Так что при разрыве или повреждении кабеля (например, мышами, которые почему-то очень любят грызть кабели сети) нарушается согласование линии связи, и прекращается обмен даже между теми компьютерами, которые остались соединенными между собой. Подробнее о согласовании будет рассказано в специальном разделе книги. Короткое замыкание в любой точке кабеля шины выводит из строя всю сеть. Любой отказ сетевого оборудования в шине очень трудно локализовать, так как все адаптеры включены параллельно, и понять, какой из них вышел из строя, не так-то просто.

**Рис. 1.4.** Соединение сегментов сети типа «шина» с помощью репитера

При прохождении по линии связи сети с топологией «шина» информационные сигналы ослабляются и никак не восстанавливаются, что накладывает жесткие ограничения на суммарную длину линий связи, кроме того, каждый абонент может получать из сети сигналы разного уровня в зависимости от расстояния до передающего абонента. Это предъявляет дополнительные требования к приемным узлам сетевого оборудования. Для увеличения длины сети с топологией «шина» часто используют несколько сегментов (каждый из которых представляет собой шину), соединенных между собой с помощью специальных восстановителей сигналов - репитеров, или повторителей (на рис. 1.4 показано соединение двух сегментов).

Однако такое наращивание длины сети не может продолжаться бесконечно, так как существуют еще и ограничения, связанные с конечной скоростью распространения сигналов по линиям связи.

**2.1.2 Топология «звезда»**

«Звезда» - это топология с явно выделенным центром, к которому подключаются все остальные абоненты. Весь обмен информацией идет исключительно через центральный компьютер, на который таким образом ложится очень большая нагрузка, поэтому ничем другим, кроме сети, он заниматься не может. Понятно, что сетевое оборудование центрального абонента должно быть существенно более сложным, чем оборудование периферийных абонентов. О равноправии абонентов в данном случае говорить не приходится. Как правило, именно центральный компьютер является самым мощным, и именно на него возлагаются все функции по управлению обменом. Никакие конфликты в сети с топологией «звезда» в принципе невозможны, так как управление полностью централизовано, конфликтовать нечему.

Если говорить об устойчивости звезды к отказам компьютеров, то выход из строя периферийного компьютера никак не отражается на функционировании оставшейся части сети, зато любой отказ центрального компьютера делает сеть полностью неработоспособной. Поэтому должны приниматься специальные меры по повышению надежности центрального компьютера и его сетевой аппаратуры. Обрыв любого кабеля или короткое замыкание в нем при топологии «звезда» нарушает обмен только с одним компьютером, а все остальные компьютеры могут нормально продолжать работу.

В отличие от шины, в звезде на каждой линии связи находятся только два абонента: центральный и один из периферийных. Чаще всего для их соединения используется две линии связи, каждая из которых передает информацию только в одном направлении. Таким образом, на каждой линии связи имеется только один приемник и один передатчик. Все это существенно упрощает сетевое оборудование по сравнению с шиной и избавляет от необходимости применения дополнительных внешних терминаторов. Проблема затухания сигналов в линии связи также решается в «звезде» проще, чем в «шине», ведь каждый приемник всегда получает сигнал одного уровня.

Серьезный недостаток топологии «звезда» состоит в жестком ограничении количества абонентов. Обычно центральный абонент может обслуживать не более 8-16 периферийных абонентов. Если в этих пределах подключение новых абонентов довольно просто, то при их превышении оно просто невозможно. Правда, иногда в звезде предусматривается возможность наращивания, то есть подключение вместо одного из периферийных абонентов еще одного центрального абонента (в результате получается топология из нескольких соединенных между собой звезд).

Звезда, показанная на рис. 1.2, носит название активной, или истинной, звезды. Существует также топология, называемая пассивной звездой, которая только внешне похожа на звезду (рис. 1.5). В настоящее время она распространена гораздо больше, чем активная звезда. Достаточно сказать, что она используется в самой популярной на сегодняшний день сети Ethernet.

**Рис. 1.2.** Топология «активная звезда» **Рис. 1.5.** Топология «пассивная звезда»

В центре сети с данной топологией помещается не компьютер, а концентратор, или хаб (hub), выполняющий ту же функцию, что и репитер. Он восстанавливает приходящие сигналы и пересылает их в другие линии связи. Хотя схема прокладки кабелей подобна истинной или активной звезде, фактически мы имеем дело с шинной топологией, так как информация от каждого компьютера одновременно передается ко всем остальным компьютерам, а центрального абонента не существует. Естественно, пассивная звезда получается дороже обычной шины, так как в этом случае обязательно требуется еще и концентратор. Однако она предоставляет целый ряд дополнительных возможностей, связанных с преимуществами звезды. Именно поэтому в последнее время пассивная звезда все больше вытесняет истинную шину, которая считается малоперспективной топологией.

Можно выделить также промежуточный тип топологии между активной и пассивной звездой. В этом случае концентратор не только ретранслирует поступающие на него сигналы, но и производит управление обменом, однако сам в обмене не участвует.

Большое достоинство звезды (как активной, так и пассивной) состоит в том, что все точки подключения собраны в одном месте. Это позволяет легко контролировать работу сети, локализовать неисправности сети путем простого отключения от центра тех или иных абонентов (что невозможно, например, в случае шины), а также ограничивать доступ посторонних лиц к жизненно важным для сети точкам подключения. К каждому периферийному абоненту в случае звезды может подходить как один кабель (по которому идет передача в обоих направлениях), так и два кабеля (каждый из них передает в одном направлении), причем вторая ситуация встречается чаще.

Общим недостатком для всех топологий типа «звезда» является значительно больший, чем при других топологиях, расход кабеля. Например, если компьютеры расположены в одну линию (как на рис. 1.1), то при выборе топологии «звезда» понадобится в несколько раз больше кабеля, чем при топологии «шина». Это может существенно повлиять на стоимость всей сети в целом.

**2.1.3 Топология «кольцо»**

«Кольцо» — это топология, в которой каждый компьютер соединен линиями связи только с двумя другими: от одного он только получает информацию, а другому только передает. На каждой линии связи, как и в случае звезды, работает только один передатчик и один приемник. Это позволяет отказаться от применения внешних терминаторов. Важная особенность кольца состоит в том, что каждый компьютер ретранслирует (восстанавливает) приходящий к нему сигнал, то есть выступает в роли репитера, поэтому затухание сигнала во всем кольце не имеет никакого значения, важно только затухание между соседними компьютерами кольца. Четко выделенного центра в данном случае нет, все компьютеры могут быть одинаковыми. Однако довольно часто в кольце выделяется специальный абонент, который управляет обменом или контролирует обмен. Понятно, что наличие такого управляющего абонента снижает надежность сети, так как выход его из строя сразу же парализует весь обмен.

Строго говоря, компьютеры в кольце не являются полностью равноправными (в отличие, например, от шинной топологии). Одни из них обязательно получают информацию от компьютера, ведущего передачу в данный момент, раньше, а другие - позже. Именно на этой особенности топологии и строятся методы управления обменом по сети, специально рассчитанные на «кольцо». В этих методах право на следующую передачу (или, как еще говорят, на захват сети) переходит последовательно к следующему по кругу компьютеру.

Подключение новых абонентов в «кольцо» обычно совершенно безболезненно, хотя и требует обязательной остановки работы всей сети на время подключения. Как и в случае топологии «шина», максимальное количество абонентов в кольце может быть довольно велико (до тысячи и больше). Кольцевая топология обычно является самой устойчивой к перегрузкам, она обеспечивает уверенную работу с самыми большими потоками передаваемой по сети информации, так как в ней, как правило, нет конфликтов (в отличие от шины), а также отсутствует центральный абонент (в отличие от звезды).

Так как сигнал в кольце проходит через все компьютеры сети, выход из строя хотя бы одного из них (или же его сетевого оборудования) нарушает работу всей сети в целом. Точно так же любой обрыв или короткое замыкание в любом из кабелей кольца делает работу всей сети невозможной. Кольцо наиболее уязвимо к повреждениям кабеля, поэтому в этой топологии обычно предусматривают прокладку двух (или более) параллельных линий связи, одна из которых находится в резерве.

В то же время крупное преимущество кольца состоит в том, что ретрансляция сигналов каждым абонентом позволяет существенно увеличить размеры всей сети в целом (порой до нескольких десятков километров). Кольцо в этом отношении существенно превосходит любые другие топологии.

Недостатком кольца (по сравнению со звездой) можно считать то, что к каждому компьютеру сети необходимо подвести два кабеля.

Иногда топология «кольцо» выполняется на основе двух кольцевых линий связи, передающих информацию в противоположных направлениях. Цель подобного решения — увеличение (в идеале - вдвое) скорости передачи информации. К тому же при повреждении одного из кабелей сеть может работать с другим кабелем (правда, предельная скорость уменьшится).

**2.1.4 Другие топологии**

Кроме трех рассмотренных основных, базовых топологий нередко применяется также сетевая топология «дерево» (tree), которую можно рассматривать как комбинацию нескольких звезд. Как и в случае звезды, дерево может быть активным, или истинным (рис. 1.6), и пассивным (рис. 1.7). При активном дереве в центрах объединения нескольких линий связи находятся центральные компьютеры, а при пассивном - концентраторы (хабы).

**Рис. 1.6.** Топология «активное дерево» **Рис. 1.7.** Топология «пассивное дерево».

Применяются довольно часто и комбинированные топологии, среди которых наибольшее распространение получили звездно-шинная (рис. 1.8) и звездно-кольцевая (рис. 1.9).

**Рис. 1.8.** Пример звездно-шинной топологии

В звездно-шинной (star-bus) топологии используется комбинация шины и пассивной звезды. В этом случае к концентратору подключаются как отдельные компьютеры, так и целые шинные сегменты, то есть на самом деле реализуется физическая топология «шина», включающая все компьютеры сети. В данной топологии может использоваться и несколько концентраторов, соединенных между собой и образующих так называемую магистральную, опорную шину. К каждому из концентраторов при этом подключаются отдельные компьютеры или шинные сегменты. Таким образом, пользователь получает возможность гибко комбинировать преимущества шинной и звездной топологий, а также легко изменять количество компьютеров, подключенных к сети.

**Рис. 1.9.** Пример звездно-кольцевой топологии

В случае звездно-кольцевой (star-ring) топологии в кольцо объединяются не сами компьютеры, а специальные концентраторы (изображенные на рис. 1.9 в виде прямоугольников), к которым в свою очередь подключаются компьютеры с помощью звездообразных двойных линий связи. В действительности все компьютеры сети включаются в замкнутое кольцо, так как внутри концентраторов все линии связи образуют замкнутый контур (как показано на рис. 1.9). Данная топология позволяет комбинировать преимущества звездной и кольцевой топологий. Например, концентраторы позволяют собрать в одно место все точки подключения кабелей сети.

**2.2 Многозначность понятия топологии**

Топология сети определяет не только физическое расположение компьютеров, но, что гораздо важнее, характер связей между ними, особенности распространения сигналов по сети. Именно характер связей определяет степень отказоустойчивости сети, требуемую сложность сетевой аппаратуры, наиболее подходящий метод управления обменом, возможные типы сред передачи (каналов связи), допустимый размер сети (длина линий связи и количество абонентов), необходимость электрического согласования и многое другое.

Более того, физическое расположение компьютеров, соединяемых сетью, вообще довольно слабо влияет на выбор топологии. Любые компьютеры, как бы они ни были расположены, всегда можно соединить с помощью любой заранее выбранной топологии (рис. 1.10).

В случае, когда соединяемые компьютеры расположены по контуру круга, они вполне могут соединяться звездой или шиной. Когда компьютеры расположены вокруг некоего центра, они вполне могут соединяться между собой шиной или кольцом. Наконец, когда компьютеры расположены в одну линию, они могут соединяться звездой или кольцом.

Под понятием топологии сети могут подразумевать четыре совершенно разных понятия, относящихся к различным уровням сетевой архитектуры.

* Логическая топология (то есть структура связей, характер распространения сигналов по сети). Это, наверное, наиболее правильное определение топологии.
* Топология управления обменом (то есть принцип и последовательность передачи права на захват сети между отдельными компьютерами).
* Информационная топология (то есть направление потоков информации, передаваемой по сети).
* Физическая топология (то есть схема расположения компьютеров и прокладки кабелей). В этом смысле, например, пассивная звезда ничем не отличается от активной звезды, поэтому ее нередко называют просто «звездой».

**Рис. 1.10.** Примеры использования разных топологий

Например, сеть с физической и логической топологией «шина» может в качестве метода управления использовать эстафетную передачу права захвата сети (то есть быть в этом смысле кольцом) и одновременно передавать всю информацию через один выделенный компьютер (быть в этом смысле звездой). Сеть с логической топологией «шина» может иметь физическую топологию «звезда» (пассивная) или «дерево» (пассивное).

Сеть с любой физической топологией, логической топологией, топологией управления обменом может считаться звездой в смысле информационной топологии, если она построена на основе одного-единственного сервера и нескольких клиентов, общающихся только с этим сервером. В этом случае справедливы все рассуждения о низкой отказоустойчивости сети к неполадкам центра (в данном случае - сервера). Точно так же любая сеть может быть названа шиной в информационном смысле, если она построена из компьютеров, являющихся одновременно как серверами, так и клиентами. Как и в случае любой другой шины, такая сеть будет мало чувствительна к отказам отдельных компьютеров.

Заканчивая обзор особенностей топологий локальных сетей, необходимо отметить, что топология все-таки не является основным фактором при выборе типа сети. Гораздо важнее, например, уровень стандартизации сети, скорость обмена, количество абонентов, стоимость оборудования, выбранное программное обеспечение. Но, с другой стороны, некоторые сети позволяют использовать разные топологии на разных уровнях.

**3. Эталонная модель OSI**

При связи компьютеров по сети производится множество операций, обеспечивающих передачу данных от компьютера к компьютеру. Пользователю, работающему с каким-то приложением, в общем-то, безразлично, что и как при этом происходит. Для него просто существует доступ к другому приложению или компьютерному ресурсу, расположенному на другом компьютере сети. В действительности же вся передаваемая информация проходит много этапов обработки. Прежде всего, она разбивается на блоки, каждый из которых снабжается управляющей информацией. Полученные блоки оформляются в виде сетевых пакетов, эти пакеты кодируются, передаются с помощью электрических или световых сигналов по сети в соответствии с выбранным методом доступа, затем из принятых пакетов вновь восстанавливаются заключенные в них блоки данных, блоки соединяются в данные, которые и становятся доступны другому приложению. Это, конечно, очень упрощенное описание происходящих процессов. Часть из указанных процедур реализуется только программно, другая - аппаратно, а какие-то операции могут выполняться как программами, так и аппаратурой.

Упорядочить все выполняемые процедуры, разделить их на уровни и подуровни, взаимодействующие между собой, как раз и призваны модели сетей. Эти модели позволяют правильно организовать взаимодействие как абонентам внутри одной сети, так и самым разным сетям на различных уровнях. Наибольшее распространение получила в настоящее время так называемая эталонная модель обмена информацией открытой системы OSI (Open System Interchange). Под термином «открытая система» в данном случае понимается незамкнутая в себе система, имеющая возможность взаимодействия с какими-то другими системами (в отличие от закрытой системы).

Модель OSI была предложена Международной организацией стандартов ISO (International Standards Organization) в 1984 году. С тех пор ее используют (более или менее строго) все производители сетевых продуктов. Как и любая универсальная модель, модель OSI довольно громоздка, избыточна и не слишком гибка, поэтому реальные сетевые средства, предлагаемые различными фирмами, не обязательно придерживаются принятого разделения функций. Однако знакомство с моделью OSI позволяет лучше понять, что же происходит в сети.

Все сетевые функции в модели разделены на 7 уровней (рис. 2.1). При этом вышестоящие уровни выполняют более сложные, глобальные задачи, для чего используют в своих целях нижестоящие уровни, а также управляют ими.

Цель нижестоящего уровня — предоставление услуг вышестоящему уровню, причем вышестоящему уровню не важны детали выполнения этих услуг. Нижестоящие уровни выполняют более простые, более конкретные функции. В идеале каждый уровень взаимодействует только с теми, которые находятся рядом с ним (выше него и ниже него). Верхний уровень соответствует прикладной задаче, работающему в данный момент приложению, нижний - непосредственной передаче сигналов по каналу связи.

Функции, входящие в показанные на рис 2.1 уровни, реализуются каждым абонентом сети. При этом каждый уровень на одном абоненте работает так, как будто он имеет прямую связь с соответствующим уровнем другого абонента, то есть между одноименными уровнями абонентов сети существует виртуальная связь. Реальную же связь абоненты одной сети имеют только на самом нижнем, первом, физическом уровне. В передающем абоненте информация проходит все уровни, начиная с верхнего уровня и заканчивая нижним уровнем. В принимающем абоненте полученная информация совершает обратный путь: от нижнего уровня к верхнему (рис. 2.2).

**Рис. 2.2.** Путь информации от абонента к абоненту

**Функции разных уровней.**

* Прикладной уровень (Application), или уровень приложений, обеспечивает услуги, непосредственно поддерживающие приложения пользователя, например программные средства передачи файлов, доступа к базам данных, средства электронной почты, службу регистрации на сервере. Этот уровень управляет остальными шестью уровнями.
* Представительский уровень (Presentation), или уровень представления данных, определяет и преобразует форматы данных и их синтаксис в форму, удобную для сети, то есть выполняет функцию переводчика. Здесь же выполняется шифрование и дешифрирование данных, а при необходимости - их сжатие.
* Сеансовый уровень (Session) управляет проведением сеансов связи (то есть устанавливает, поддерживает и прекращает связь). Этот же уровень распознает логические имена абонентов, контролирует предоставленные им права доступа.
* Транспортный уровень (Transport) обеспечивает доставку пакетов без ошибок и потерь, в нужной последовательности. Здесь же производится разбивка передаваемых данных на блоки, помещаемые в пакеты, и восстановление принимаемых данных.
* Сетевой уровень (Network) отвечает за адресацию пакетов и перевод логических имен в физические сетевые адреса (и обратно), а также за выбор маршрута, по которому пакет доставляется по назначению (если в сети имеется несколько маршрутов).
* Канальный уровень, или уровень управления линией передачи (Data link), отвечает за формирование пакетов стандартного вида, включающих начальное и конечное управляющие поля. Здесь же производится управление доступом к сети, обнаруживаются ошибки передачи" и производится повторная пересылка приемнику ошибочных пакетов.
* Физический уровень (Physical) - это самый нижний уровень модели, который отвечает за кодирование передаваемой информации в уровни сигналов, принятые в среде передачи, и обратное декодирование. Здесь же определяются требования к соединителям, разъемам, электрическому согласованию, заземлению, защите от помех и т.д.

Большинство функций двух нижних уровней модели (1 и 2) обычно реализуются аппаратно (часть функций уровня 2 - программным драйвером сетевого адаптера). Именно на этих уровнях определяется скорость передачи и топология сети, метод управления обменом и формат пакета, то есть то, что имеет непосредственное отношение к типу сети (Ethernet, Token-Ring, FDDI). Более высокие уровни не работают напрямую с конкретной аппаратурой, хотя уровни 3,4 и 5 еще могут учитывать ее особенности. Уровни 6 и 7 вообще не имеют к аппаратуре никакого отношения. Замены аппаратуры сети на другую они просто не заметят.

В уровне 2 (канальном) нередко выделяют два подуровня.

* Верхний подуровень (LLC - Logical Link Control) осуществляет управление логической связью, то есть устанавливает виртуальный канал связи (часть его функций выполняется программой драйвера сетевого адаптера).
* Нижний подуровень (MAC - Media Access Control) осуществляет непосредственный доступ к среде передачи информации (каналу связи). Он напрямую связан с аппаратурой сети.

Помимо модели OSI, существует также модель IEEE Project 802, принятая в феврале 1980 года (отсюда и число 802 в названии), которую можно рассматривать как модификацию, развитие, уточнение модели OSI. Стандарты, определяемые этой моделью (так называемые 802-спецификации), делятся на двенадцать категорий, каждой из которых присвоен свой номер.

* 802.1 — объединение сетей.
* 802.2 — управление логической связью.
* 802.3 — локальная сеть с методом доступа CSMA/CD и топологией «шина» (Ethernet).
* 802.4 — локальная сеть с топологией «шина» и маркерным доступом.
* 802.5 — локальная сеть с топологией «кольцо» и маркерным доступом.
* 802.6 — городская сеть (Metropolitan Area Network, MAN).
* 802.7 — широковещательная технология.
* 802.8 — оптоволоконная технология.
* 802.9 — интегрированные сети с возможностью передачи речи и данных.
* 802.10 — безопасность сетей.
* 802.11 — беспроводная сеть.
* 802.12 — локальная сеть с централизованным управлением доступом по приоритетам запросов и топологией «звезда» (l00VG-AnyLAN).

Стандарты 802.3, 802.4, 802.5, 802.12 прямо относятся к подуровню MAC второго (канального) уровня эталонной модели OSI. Остальные 802-спецификации решают общие вопросы сетей.

### 4. Структуризация как средство построения больших сетей

**4.1 Сущность структурного подхода к созданию структурированных информационных систем**

Можно выделить два основных подхода к проектированию систем управления и информационных систем их поддержки: структурный и процессный. Структурный подход основан на использовании организационной структуры компании, когда проектирование системы идет по структурным подразделениям. Технологии деятельности в этом случае описываются через технологии работы структурных подразделений, а взаимодействие структурных подразделений — через модель верхнего уровня. Если компания представляет собой сложную структуру типа холдинга, или предприятие-сеть, то необходимо также иметь модель взаимодействия всех входящих в него элементов, в которой будут отражены не только технологические, но также финансовые и юридические моменты.

Процессный подход ориентирован не на организационную структуру, а на бизнес-процессы. Как правило, основных бизнес-процессов на предприятии немного, обычно не более десяти.

Процессный подход подводит к необходимости перехода на так называемое тонкое производство или тонкую ресурсосберегающую организационную структуру (Lean production). Основными чертами такой реорганизации являются:

- широкое делегирование полномочий и ответственности исполнителям;

- сокращение количества уровней принятия решения;

- сочетание принципа целевого управления с групповой организацией труда;

- повышенное внимание к вопросам обеспечения качества продукции или услуг, а также работы

предприятия в целом;

- автоматизация технологий выполнения бизнес-процессов.

Сущность структурного подхода к разработке ИС заключается в ее декомпозиции (разбиении) на автоматизируемые функции: система разбивается на функциональные подсистемы, которые в свою очередь делятся на подфункции, подразделяемые на задачи и так далее. Процесс разбиения продолжается вплоть до конкретных процедур. При этом автоматизируемая система сохраняет целостное представление, в котором все составляющие компоненты взаимоувязаны. При разработке системы "снизу-вверх" от отдельных задач ко всей системе целостность теряется, возникают проблемы при информационной стыковке отдельных компонентов.

При построении структурированной ИС используются следующие базовые принципы:

- принцип "разделяй и властвуй" - принцип решения сложных проблем путем их разбиения на множество меньших независимых задач, легких для понимания и решения;

- принцип иерархического упорядочивания - принцип организации составных частей проблемы в иерархические древовидные структуры с добавлением новых деталей на каждом уровне.

- принцип абстрагирования - заключается в выделении существенных аспектов системы и отвлечения от несущественных;

- принцип формализации - заключается в необходимости строгого методического подхода к решению проблемы;

- принцип непротиворечивости - заключается в обоснованности и согласованности элементов;

- принцип структурирования данных - заключается в том, что данные должны быть структурированы и иерархически организованы.

### 4.2 Структуризация сетей

В сетях с небольшим (10-30) количеством компьютеров чаще всего используется одна из типовых топологий - общая шина, кольцо, звезда или полносвязная сеть. Все перечисленные топологии обладают свойством однородности, то есть все компьютеры в такой сети имеют одинаковые права в отношении доступа к другим компьютерам (за исключением центрального компьютера при соединении звезда). Такая однородность структуры делает простой процедуру наращивания числа компьютеров, облегчает обслуживание и эксплуатацию сети.

Однако при построении больших сетей однородная структура связей превращается из преимущества в недостаток. В таких сетях использование типовых структур порождает различные ограничения, важнейшими из которых являются:

* ограничения на длину связи между узлами;
* ограничения на количество узлов в сети;
* ограничения на интенсивность трафика, порождаемого узлами сети.

Например, технология Ethernet на тонком коаксиальном кабеле позволяет использовать кабель длиной не более 185 метров, к которому можно подключить не более 30 компьютеров. Однако, если компьютеры интенсивно обмениваются информацией между собой, иногда приходится снижать число подключенных к кабелю компьютеров до 20, а то и до 10, чтобы каждому компьютеру доставалась приемлемая доля общей пропускной способности сети.

Для снятия этих ограничений используются специальные методы структуризации сети и специальное структурообразующее оборудование - повторители, концентраторы, мосты, коммутаторы, маршрутизаторы. Оборудование такого рода также называют коммуникационным, имея в виду, что с помощью него отдельные сегменты сети взаимодействуют между собой.

####

#### 4.2.1 Физическая структуризация сети

Простейшее из коммуникационных устройств - повторитель (repeater) - используется для физического соединения различных сегментов кабеля локальной сети с целью увеличения общей длины сети. Повторитель передает сигналы, приходящие из одного сегмента сети, в другие ее сегменты (рис. 3.1). Повторитель позволяет преодолеть ограничения на длину линий связи за счет улучшения качества передаваемого сигнала - восстановления его мощности и амплитуды, улучшения фронтов и т. п.

**Рис. 3.1.** Повторитель позволяет увеличить длину сети Ethernet

Концентраторы характерны практически для всех базовых технологий локальных сетей - Ethernet, ArcNet, Token Ring, FDDI, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, l00VG-AnyLAN.

Нужно подчеркнуть, что в работе концентраторов любых технологий много общего - они повторяют сигналы, пришедшие с одного из своих портов, на других своих портах. Разница состоит в том, на каких именно портах повторяются входные сигналы. Так, концентратор Ethernet повторяет входные сигналы на всех своих портах, кроме того, с которого сигналы поступают (рис. 3.2, а). А концентратор Token Ring (рис. 3.2, б) повторяет входные сигналы, поступающие с некоторого порта, только на одном порту - на том, к которому подключен следующий в кольце компьютер.

**Рис. 3.2.** Концентраторы различных технологий

Концентратор всегда изменяет физическую топологию сети, но при этом оставляет без изменения ее логическую топологию.

Под физической топологией понимается конфигурация связей, образованных отдельными частями кабеля, а под логической - конфигурация информационных потоков между компьютерами сети. Во многих случаях физическая и логическая топологии сети совпадают. Например, сеть, представленная на рис. 3.3, а, имеет физическую топологию кольцо. Компьютеры этой сети получают доступ к кабелям кольца за счет передачи друг другу специального кадра - маркера, причем этот маркер также передается последовательно от компьютера к компьютеру в том же порядке, в котором компьютеры образуют физическое кольцо, то есть компьютер А передает маркер компьютеру В, компьютер В - компьютеру С и т. д.

Сеть, показанная на рис. 3.3, б, демонстрирует пример несовпадения физической и логической топологии. Физически компьютеры соединены по топологии общая шина. Доступ же к шине происходит не по алгоритму случайного доступа, применяемому в технологии Ethernet, а путем передачи маркера в кольцевом порядке: от компьютера А - компьютеру В, от компьютера В - компьютеру С и т. д. Здесь порядок передачи маркера уже не повторяет физические связи, а определяется логическим конфигурированием драйверов сетевых адаптеров. Ничто не мешает настроить сетевые адаптеры и их драйверы так, чтобы компьютеры образовали кольцо в другом порядке, например: В, А, С... При этом физическая структура сети никак не изменяется.

**Рис. 3.3.** Логическая и физическая топологии сети

Другим примером несовпадения физической и логической топологий сети является уже рассмотренная сеть на рис. 3.2, а. Концентратор Ethernet поддерживает в сети физическую топологию звезда. Однако логическая топология сети осталась без изменений - это общая шина. Так как концентратор повторяет данные, пришедшие с любого порта, на всех остальных портах, то они появляются одновременно на всех физических сегментах сети, как и в сети с физической общей шиной. Логика доступа к сети совершенно не меняется: все компоненты алгоритма случайного доступа - определение незанятости среды, захват среды, распознавание и отработка коллизий - остаются в силе.

Физическая структуризация сети с помощью концентраторов полезна не только для увеличения расстояния между узлами сети, но и для повышения ее надежности. Например, если какой-либо компьютер сети Ethernet с физической общей шиной из-за сбоя начинает непрерывно передавать данные по общему кабелю, то вся сеть выходит из строя, и для решения этой проблемы остается только один выход - вручную отсоединить сетевой адаптер этого компьютера от кабеля. В сети Ethernet, построенной с использованием концентратора, эта проблема может быть решена автоматически - концентратор отключает свой порт, если обнаруживает, что присоединенный к нему узел слишком долго монопольно занимает сеть. Концентратор может блокировать некорректно работающий узел и в других случаях, выполняя роль некоторого управляющего узла.

####

#### 4.2.2 Логическая структуризация сети

Физическая структуризация сети полезна во многих отношениях, однако в ряде случаев, обычно относящихся к сетям большого и среднего размера, невозможно обойтись без логической структуризации сети. Наиболее важной проблемой, не решаемой путем физической структуризации, остается проблема перераспределения передаваемого трафика между различными физическими сегментами сети.

В большой сети естественным образом возникает неоднородность информационных потоков: сеть состоит из множества подсетей рабочих групп, отделов, филиалов предприятия и других административных образований. Очень часто наиболее интенсивный обмен данными наблюдается между компьютерами, принадлежащими к одной подсети, и только небольшая часть обращений происходит к ресурсам компьютеров, находящихся вне локальных рабочих групп. (До недавнего времени такое соотношение трафиков не подвергалось сомнению, и был даже сформулирован эмпирический закон «80/20», в соответствии с которым в каждой подсети 80 % трафика является внутренним и только 20 % - внешним.) Сейчас характер нагрузки сетей во многом изменился, широко внедряется технология intranet, на многих предприятиях имеются централизованные хранилища корпоративных данных, активно используемые всеми сотрудниками предприятия. Все это не могло не повлиять на распределение информационных потоков. И теперь не редки ситуации, когда интенсивность внешних обращений выше интенсивности обмена между «соседними» машинами. Но независимо от того, в какой пропорции распределяются внешний и внутренний трафик, для повышения эффективности работы сети неоднородность информационных потоков необходимо учитывать.

Сеть с типовой топологией (шина, кольцо, звезда), в которой все физические сегменты рассматриваются в качестве одной разделяемой среды, оказывается неадекватной структуре информационных потоков в большой сети. Например, в сети с общей шиной взаимодействие любой пары компьютеров занимает ее на все время обмена, поэтому при увеличении числа компьютеров в сети шина отдела, и это при том, что необходимость в связи между компьютерами двух разных отделов возникает гораздо реже и требует совсем небольшой пропускной способности.

Этот случай иллюстрирует рис. 3.4. а. Здесь показана сеть, построенная с использованием концентраторов. Пусть компьютер А, находящийся в одной подсети с компьютером В, посылает ему данные. Несмотря на разветвленную физическую структуру сети, концентраторы распространяют любой кадр по всем ее сегментам. Поэтому кадр, посылаемый компьютером А компьютеру В, хотя и не нужен компьютерам отделов 2 и 3, в соответствии с логикой работы концентраторов поступает на эти сегменты тоже. И до тех пор, пока компьютер В не получит адресованный ему кадр, ни один из компьютеров этой сети не сможет передавать данные.

Такая ситуация возникает из-за того, что логическая структура данной сети осталась однородной - она никак не учитывает увеличение интенсивности трафика внутри отдела и предоставляет всем парам компьютеров равные возможности по обмену информацией (рис. 3.4. б). становится узким местом. Компьютеры одного отдела вынуждены ждать, когда окончит обмен пара компьютеров другого.

**Рис. 3.4.** Противоречие между логической структурой сети и структурой информационных потоков

Решение проблемы состоит в отказе от идеи единой однородной разделяемой среды. Например, в рассмотренном выше примере желательно было бы сделать так, чтобы кадры, которые передают компьютеры отдела 1, выходили бы за пределы этой части сети в том и только в том случае, если эти кадры направлены какому-либо компьютеру из других отделов. С другой стороны, в сеть каждого из отделов должны попадать те и только те кадры, которые адресованы узлам этой сети. При такой организации работы сети ее производительность существенно повыситься, так как компьютеры одного отдела не будут простаивать в то время, когда обмениваются данными компьютеры других отделов.

Нетрудно заметить, что в предложенном решении мы отказались от идеи общей разделяемой среды в пределах всей сети, хотя и оставили ее в пределах каждого отдела. Пропускная способность линий связи между отделами не должна совпадать с пропускной способностью среды внутри отделов. Если трафик между отделами составляет только 20 % трафика внутри отдела (как уже отмечалось, эта величина может быть другой), то и пропускная способность линий связи и коммуникационного оборудования, соединяющего отделы, может быть значительно ниже внутреннего трафика сети отдела.

Мост (bridge) делит разделяемую среду передачи сети на части (часто называемые логическими сегментами), передавая информацию из одного сегмента в другой только в том случае, если такая передача действительно необходима, то есть если адрес компьютера назначения принадлежит другой подсети. Тем самым мост изолирует трафик одной подсети от трафика другой, повышая общую производительность передачи данных в сети. Локализация трафика не только экономит пропускную способность, но и уменьшает возможность несанкционированного доступа к данным, так как кадры не выходят за пределы своего сегмента и их сложнее перехватить злоумышленнику.

На рис. 3.5 показана сеть, которая была получена из сети с центральным концентратором (см. рис. 3.4) путем его замены на мост. Сети 1-го и 2-го отделов состоят из отдельных логических сегментов, а сеть отдела 3 - из двух логических сегментов. Каждый логический сегмент построен на базе концентратора и имеет простейшую физическую структуру, образованную отрезками кабеля, связывающими компьютеры с портами концентратора.

**Рис. 3.5.** Логическая структуризация сети с помощью моста

Мосты используют для локализации трафика аппаратные адреса компьютеров. Это затрудняет распознавание принадлежности того или иного компьютера к определенному логическому сегменту - сам адрес не содержит никакой информации по этому поводу. Поэтому мост достаточно упрощенно представляет деление сети на сегменты - он запоминает, через какой порт на него поступил кадр данных от каждого компьютера сети, и в дальнейшем передает кадры, предназначенные для этого компьютера, на этот порт. Точной топологии связей между логическими сегментами мост не знает. Из-за этого применение мостов приводит к значительным ограничениям на конфигурацию связей сети - сегменты должны быть соединены таким образом, чтобы в сети не образовывались замкнутые контуры.

Коммутатор (switch, switching hub) по принципу обработки кадров ничем не отличается от моста. Основное его отличие от моста состоит в том, что он является своего рода коммуникационным мультипроцессором, так как каждый его порт оснащен специализированным процессором, который обрабатывает кадры по алгоритму моста независимо от процессоров других портов. За счет этого общая производительность коммутатора обычно намного выше производительности традиционного моста, имеющего один процессорный блок. Можно сказать, что коммутаторы - это мосты нового поколения, которые обрабатывают кадры в параллельном режиме.

Ограничения, связанные с применением мостов и коммутаторов - по топологии связей, а также ряд других, - привели к тому, что в ряду коммуникационных устройств появился еще один тип оборудования - маршрутизатор (router). Маршрутизаторы более надежно и более эффективно, чем мосты, изолируют трафик отдельных частей сети друг от друга. Маршрутизаторы образуют логические сегменты посредством явной адресации, поскольку используют не плоские аппаратные, а составные числовые адреса. В этих адресах имеется поле номера сети, так что все компьютеры, у которых значение этого поля одинаково, принадлежат к одному сегменту, называемому в данном случае подсетью (subnet).

Кроме локализации трафика маршрутизаторы выполняют еще много других полезных функций. Так, маршрутизаторы могут работать в сети с замкнутыми контурами, при этом они осуществляют выбор наиболее рационального маршрута из нескольких возможных. Сеть, представленная на рис. 3.6, отличается от своей предшественницы (см. рис. 3.5) тем, что между подсетями отделов 1 и 2 проложена дополнительная связь, которая может использоваться как для повышения производительности сети, так и для повышения ее надежности.

**Рис. 3.6.** Логическая структуризация сети с помощью маршрутизаторов

Другой очень важной функцией маршрутизаторов является их способность связывать в единую сеть подсети, построенные с использованием разных сетевых технологий, например Ethernet и Х.25.

Кроме перечисленных устройств отдельные части сети может соединять шлюз (gateway). Обычно основной причиной, по которой в сети используют шлюз, является необходимость объединить сети с разными типами системного и прикладного программного обеспечения, а не желание локализовать трафик. Тем не менее шлюз обеспечивает и локализацию трафика в качестве некоторого побочного эффекта.

Крупные сети практически никогда не строятся без логической структуризации. Для отдельных сегментов и подсетей характерны типовые однородные топологии базовых технологий, и для их объединения всегда используется оборудование, обеспечивающее локализацию трафика, - мосты, коммутаторы, маршрутизаторы и шлюзы.

**5. Передача информации в сети**

**5.1 Назначение пакетов и их структура**

Информация в локальных сетях, как правило, передается отдельными порциями, кусками, называемыми в различных источниках пакетами, кадрами или блоками. Использование пакетов связано с тем, что в сети, как правило, одновременно может происходить несколько сеансов связи (во всяком случае, при топологиях «шина» и «кольцо»), то есть в течение одного и того же интервала времени могут идти два или больше процессов передачи данных между различными парами абонентов. Пакеты позволяют разделить во времени сеть между передающими информацию абонентами, уравнять в правах всех абонентов, а также примерно уравнять время доступа к сети и интегральную скорость передачи информации для всех абонентов. Длина пакета зависит от типа сети, но обычно она составляет от нескольких десятков байт до нескольких килобайт.

Важно также и то, что при передаче больших массивов информации становится довольно высокой вероятность ошибки из-за помех и сбоев. Например, при характерной для локальных сетей величине вероятности одиночной ошибки в 10~8 пакет длиной 10 Кбит будет искажен с вероятностью 10~4, а массив длиной 10 Мбит - с вероятностью 10"1. К тому же обнаружить ошибку в массиве из нескольких мегабайт намного сложнее, чем в пакете из нескольких килобайт. При обнаружении ошибки придется повторить передачу всего массива, что гораздо сложнее, чем повторно передать небольшой пакет. Но при повторной передаче большого массива снова высока вероятность ошибки, и процесс этот при слишком большом массиве может повторяться до бесконечности.

С другой стороны, пакеты имеют преимущества и перед побайтовой (8 бит) или пословной (16 бит или 32 бита) передачей информации, так как увеличивается полезная загрузка сети за счет уменьшения требуемого количества служебной информации. Это же относится и к маленьким пакетам длиной в несколько байт. Ведь каждый передаваемый по сети пакет обязательно содержит в себе биты, относящиеся непосредственно к обмену по сети (стартовые биты, биты адресации, биты типа и номера пакета и т.д.). При маленьких пакетах доля этой служебной информации будет непозволительно высокой, что приведет к снижению интегральной (средней) скорости обмена информацией между абонентами сети.

Существует некоторая оптимальная длина пакета (или оптимальный диапазон длин пакетов), при которой средняя скорость обмена информацией по сети будет максимальна. Эта длина не является неизменной величиной, она зависит и от уровня помех, и от метода управления обменом, и от количества абонентов сети, и от характера передаваемой информации, и от многих других факторов.

Структура пакета определяется прежде всего аппаратурными особенностями данной сети, выбранной топологией и типом среды передачи информации, а также существенно зависит от используемого протокола (порядка обмена информацией). Строго говоря, в каждой сети структура пакета индивидуальна. Но существуют некоторые общие принципы формирования пакета, определяемые характерными особенностями обмена информацией по любым локальным сетям.

Чаще всего пакет содержит в себе следующие основные поля или части (рис. 4.1):

**Рис. 4.1**. Типичная структура пакета

Стартовая комбинация, или преамбула, которая обеспечивает настройку аппаратуры адаптера или другого сетевого устройства на прием и обработку пакета. Это поле может отсутствовать или сводиться к одному-единственному стартовому биту.

* Сетевой адрес (идентификатор) принимающего абонента, то есть индивидуальный или групповой номер, присвоенный каждому принимающему абоненту в сети. Этот адрес позволяет приемнику распознать пакет, адресованный ему лично, группе, в которую он входит, или всем абонентам сети одновременно.
* Сетевой адрес (идентификатор) передающего абонента, то есть индивидуальный или групповой номер, присвоенный каждому передающему абоненту. Этот адрес информирует принимающего абонента, откуда пришел данный пакет. Включение в пакет адреса передатчика необходимо в том случае, когда одному приемнику могут попеременно приходить пакеты от разных передатчиков.
* Служебная информация, которая указывает на тип пакета, его номер, размер, формат, маршрут его доставки, на то, что с ним надо делать приемнику и т.д.
* Данные - та информация, ради передачи которой используется данный пакет. Правда, существуют специальные управляющие пакеты, которые не имеют поля данных. Их можно рассматривать как сетевые команды. Пакеты, включающие поле данных, называются информационными пакетами. Управляющие пакеты могут выполнять функцию начала сеанса связи, конца сеанса связи, подтверждения приема информационного пакета, запроса информационного пакета и т.д.
* Контрольная сумма пакета - это числовой код, формируемый передатчиком по определенным правилам и содержащий в свернутом виде информацию обо всем пакете. Приемник, повторяя вычисления, сделанные передатчиком, с принятым пакетом, сравнивает их результат с контрольной суммой и делает вывод о правильности или ошибочности передачи пакета. Если пакет ошибочен, то приемник запрашивает его повторную передачу.
* Стоповая комбинация служит для информирования аппаратуры принимающего абонента об окончании пакета, обеспечивает выход аппаратуры приемника из состояния приема. Это поле может отсутствовать, если используется самосинхронизирующийся код, позволяющий детектировать факт передачи пакета.

Нередко в структуре пакета выделяют всего три поля:

* Начальное управляющее поле пакета (или заголовок пакета), то есть поле, включающее в себя стартовую комбинацию, сетевые адреса приемника и передатчика, а также служебную информацию.
* Поле данных пакета.
* Конечное управляющее поле пакета (или заключение, трейлер), включающее в себя контрольную сумму и стоповую комбинацию, а также, возможно, служебную информацию.

Помимо термина «пакет» также используется термин «кадр». Иногда под этими терминами имеется в виду одно и то же, но иногда подразумевается, что кадр вложен в пакет. В этом случае все перечисленные поля кадра, кроме преамбулы и стоповой комбинации, относятся к кадру. В пакет может также входить признак начала кадра (в конце преамбулы). Такая терминология принята, например, в сети Ethernet. Но надо всегда помнить, что физически по сети передается не кадр, а пакет и именно передача пакета, а не передача кадра, соответствует занятости сети."

**Рис. 4.2**. Пример обмена пакетами при сеансе связи

В процессе сеанса обмена информацией по сети между передающим и принимающим абонентами происходит обмен информационными и управляющими пакетами по установленным правилам, называемым протоколом обмена. Пример простейшего протокола показан на рис. 4.2. В данном случае сеанс связи начинается с запроса готовности приемника принять данные. В случае, когда приемник готов, он посылает в ответ управляющий пакет «Готовность». Если приемник не готов, он отказывается от сеанса другим управляющим пакетом. Затем начинается собственно передача данных. При этом на каждый полученный пакет данных приемник отвечает пакетом подтверждения. В случае, когда пакет передан с ошибками, приемник запрашивает повторную передачу. Заканчивается сеанс управляющим пакетом, которым передатчик сообщает о разрыве связи. Существует множество стандартных протоколов, которые используют как передачу с подтверждением (с гарантированной доставкой пакета), так и передачу без подтверждения (без гарантии доставки пакета).

При реальном обмене по сети используются многоуровневые протоколы, каждый из которых предполагает свою структуру кадра (свою адресацию, свою управляющую информацию, свой формат данных и т.д.). Ведь протоколы высоких уровней имеют дело с такими понятиями, как файл-сервер или приложение, запрашивающее данные у другого приложения, и вполне могут не иметь представления ни о типе аппаратуры сети, ни о методе управления обменом. Все кадры более высоких уровней последовательно вкладываются в передаваемый пакет, точнее, в поле данных передаваемого пакета (рис. 4.3). Каждый следующий вкладываемый кадр может содержать свою собственную служебную информацию, располагающуюся как до данных (заголовок), так и после данных (трейлер), причем ее назначение может быть самым различным. Естественно, доля вспомогательной информации в пакетах при этом возрастает с каждым следующим уровнем, что снижает эффективную скорость передачи данных. Поэтому для увеличения этой скорости лучше, чтобы протоколы обмена были как можно проще, и чтобы уровней этих протоколов было как можно меньше.

**Рис. 4.3.** Многоуровневая система вложения кадров

**5.2 Адресация пакетов**

Каждый абонент (узел) локальной сети должен иметь свой уникальный адрес (он же идентификатор, МАС-адрес), чтобы ему можно было адресовать пакеты. Существуют две основные системы присвоения адресов абонентам сети (точнее, сетевым адаптерам этих абонентов).

Первая система сводится к тому, что при установке сети каждому абоненту присваивается свой адрес (программно или с помощью переключателей на плате адаптера). При этом требуемое количество разрядов адреса определяется из простого уравнения:

2n>Nmax,

где n — количество разрядов адреса, a Nmax - максимально возможное количество абонентов в сети. Например, восьми разрядов адреса достаточно для сети из 255 абонентов. Один адрес (обычно 1111....11) отводится для широковещательной передачи, то есть используется для пакетов, адресованных всем абонентам одновременно. Именно этот подход использован в такой известной сети, как Arcnet. Достоинства данного подхода - простота и малый объем служебной информации в пакете, а также простота аппаратуры адаптера, распознающей адрес пакета. Недостаток - трудоемкость задания адресов и возможность ошибки (например, двум абонентам сети может быть присвоен один и тот же адрес).

Второй подход к адресации был разработан международной организацией IEEE, занимающейся стандартизацией сетей. Именно он используется в большинстве сетей и рекомендован для всех новых разработок. Идея состоит в том, чтобы присваивать уникальный сетевой адрес каждому адаптеру сети еще на этапе его изготовления. Если количество возможных адресов будет достаточно большим, то можно быть уверенным, что в любой сети не будет абонентов с одинаковыми адресами. Был выбран 48-битный формат адреса, что соответствует примерно 280 триллионам различных адресов.

Чтобы распределить возможные диапазоны адресов между многочисленными изготовителями сетевых адаптеров, была предложена следующая структура адреса :

* Младшие 24 разряда кода адреса называются OUA (Organizationally Unique Address) - организационно уникальный адрес. Именно их присваивает производитель сетевого адаптера. Всего возможно свыше 16 миллионов комбинаций.
* Следующие 22 разряда кода называются OUI (Organizationally Unique Identifier) - организационно уникальный идентификатор. IEEE присваивает один или несколько ОШ каждому производителю сетевых адаптеров. Это позволяет исключить совпадения адресов адаптеров от разных производителей. Всего возможно свыше 4 миллионов разных OUI. Вместе OUA и OUI называются UAA (Universally Administered Address) - универсально управляемый адрес или IEEE-адрес.
* Два старших разряда адреса являются управляющими и определяют тип адреса, способ интерпретации остальных 46 разрядов. Старший бит I/G (Individual/Group) определяет, индивидуальный это адрес или групповой. Если он установлен в 0, то мы имеем дело с индивидуальным адресом, если установлен в 1, то с групповым (многопунктовым или функциональным) адресом. Пакеты с групповым адресом получают все имеющие его сетевые адаптеры, причем групповой адрес определяется всеми 46 младшими разрядами. Второй управляющий бит U/L (Universal/Local) называется флажком универсального/местного управления и определяет, как был присвоен адрес данному сетевому адаптеру. Обычно он установлен в 0. Установка бита U/L в 1 означает, что адрес задан не производителем сетевого адаптера, а организацией, использующей данную сеть. Это довольно редкая ситуация.

Для широковещательной передачи используется специально выделенный сетевой адрес, все 48 битов которого установлены в единицу. Его принимают все абоненты сети независимо от их индивидуальных и групповых адресов.

Данной системы адресов придерживаются, например, такие популярные сети, как Ethernet, Fast Ethernet, Token-Ring, FDDI, l00VG-AnyLAN. Ее недостатки - высокая сложность аппаратуры сетевых адаптеров, а также большая доля служебной информации в передаваемом пакете (адрес источника и адрес приемника требуют уже 96 битов пакета, или 12 байт).

Во многих сетевых адаптерах предусмотрен так называемый циркулярный режим. В этом режиме адаптер принимает все пакеты, приходящие к нему, независимо от значения поля адреса приемника. Этот режим используется, например, для проведения диагностики сети, измерения ее производительности, контроля за ошибками передачи. В этом случае один компьютер принимает и контролирует все пакеты, проходящие по сети, но сам ничего не передает. В этом же режиме работают сетевые адаптеры мостов и коммутаторы, которые должны обрабатывать перед ретрансляцией все приходящие к ним пакеты.

**5.3 Методы управления обменом**

Сеть всегда объединяет несколько абонентов, каждый из которых имеет право передавать свои пакеты. Но по одному кабелю не может одновременно передаваться два пакета, иначе возможен конфликт (коллизия), что приведет к искажению и потере обоих пакетов. Значит, надо каким-то образом установить очередность доступа к сети (захвата сети) всеми абонентами, желающими передавать. Это относится прежде всего к сетям с топологиями «шина» и «кольцо». Точно так же при топологии «звезда» необходимо установить очередность передачи пакетов периферийными абонентами, иначе центральный абонент просто не сможет справиться с их обработкой.

Поэтому в любой сети применяется тот или иной метод управления обменом (он же метод доступа, он же метод арбитража), разрешающий или предотвращающий конфликты между абонентами. От эффективности выбранного метода зависит очень многое: скорость обмена информацией между компьютерами, нагрузочная способность сети, время реакции сети на внешние события и т.д. Метод управления - это один из важнейших параметров сети. Тип метода управления обменом во многом определяется особенностями топологии сети, но в то же время он и не привязан жестко к топологии.

Методы доступа к среде передачи делятся на вероятностные и детерминированные.

При вероятностном (probabilistic) методе доступа узел, желающий послать кадр в сеть, прослушивает линию. Если линия занята или обнаружена коллизия (столкновение сигналов от двух передатчиков), попытка передачи откладывается на некоторое время. Основные разновидности:

CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) - множественный доступ с прослушиванием несущей и избежанием коллизий. Узел, готовый послать кадр, прослушивает линию. При отсутствии несущей он посылает короткий сигнал запроса на передачу (RTS) и определенное время ожидает ответа (CTS) от адресата назначения. При отсутствии ответа (подразумевается возможность коллизии) попытка передачи откладывается, при получении ответа в линию посылается кадр. При запросе на широковещательную передачу (RTS содержит адрес 255) CTS не ожидается. Метод не позволяет полностью избежать коллизий, но они обрабатываются на вышестоящих уровнях протокола. Метод применяется в сети Apple LocalTalk, характерен простотой и низкой стоимостью цепей доступа.

CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detect) - множественный доступ с прослушиванием несущей и обнаружением коллизий. Узел, готовый послать кадр, прослушивает линию. При отсутствии несущей он начинает передачу кадра, одновременно контролируя состояние линии. При обнаружении коллизии передача прекращается и повторная попытка откладывается на случайное время. Коллизии - нормальное, хотя и не очень частое явление для CSMA/CD, Их частота связана с количеством и активностью подключенные узлов. Нормально коллизии могут начинаться в определенном временном окне кадра, запоздалые коллизии сигнализируют об аппаратных неполадках в кабеле или узлах. Метод эффективнее, чем CSMA/CA, но требует более сложных и дорогих схем цепей доступа. Применяется во многих сетевых архитектурах: Ethernet, EtherTalk (реализация Ethernet фирмы Apple), G-Net, IBM PC Network, AT&T StarLAN.

Общий недостаток вероятностных методов доступа - неопределенное время прохождения кадра, резко возрастающее при увеличении нагрузки на сеть, что ограничивает его применение в системах реального времени.

При детерминированном (deterministic) методе узлы получают доступ к среде в предопределенном порядке. Последовательность определяется контроллером сети, который может быть централизованным (его функции может выполнять, например, сервер) или/и распределенным (функции выполняются оборудованием всех узлов). Основные типы: доступ с передачей маркера (token passing), применяемый в сетях ARCnet, Token Ring, FDDI; поллинг (polling) - опрос готовности, применяемый в больших машинах (mainframes) и технологии 100VG-AnyLAN. Основное преимущество метода - ограниченное время прохождения кадра, мало зависящее от нагрузки.

Сети с большой нагрузкой требуют более эффективных методов доступа. Один из способов повышения эффективности - перенос управления доступом от узлов в кабельные центры. При этом узел посылает кадр в коммуникационное устройство. Задача этого устройства - обеспечить прохождение кадра к адресату с оптимизацией общей производительности сети и обеспечением уровня качества обслуживания, требуемого конкретным приложением.

**Литература**

В.Г. Олифер, Н.А. Олифер Компьютерные сети, С.- Пб.: "ПИТЕР", 2004, 364 c.

Гук М. Аппаратные средства локальных сетей, С.- Пб.: "ПИТЕР", 2000 576 с.

Владимир Ивлев, Татьяна Попова, Юрий Чекаленко Проектирование информационных систем, КомпьютерПресс № 7’97

Основы компьютерных сетей http:/www.microsoft.com/rus

Сeмёнов А.Б. Проектирование и расчёт СКС , М.: ДМК: Пресс, 2003, 416с.

Поляк - Брагинский А. В. Локальные сети, С.- Пб.: БХВ - Петербург, 2006, 640 с.

Администрирование офиса ,Харьков: "Фолио", 2007, 478 с.