

1. Исторические аспекты развития коммуникаций. Эволюция телекоммуникационных систем от древнего мира до наших дней. Примеры наиболее значимых исторических коммуникационных систем. Развитие коммуникаций в XX веке.

- системы коммуникаций: органы зрения, слуха и голосовой аппарат.
- письменность.
- символичный язык для описания не только объектов реального мира, но и абстрактных понятий.
- Сигнальные костры (зона видимости, разжигались по очереди).
- Почтовые голуби
- в 19-ом веке стали появляться железные дороги, пароходы, электрический телеграф и телефон. Связь с применением азбуки Морзе в 1840-ых годах позволяла передать до 10 бит/сек на расстояние десятки и сотни километров. Азбука Морзе, пожалуй, была первым широко распространенным телекоммуникационным кодом
- **Телевидение.** 1907 году Б. Г. Розингом было предложено использовать для приема изображения электронно-лучевую трубку (ЭЛТ), Устройство отображения на принимающей стороне также предполагало применение ЭЛТ. Электронное телевидение возникло в 30-х годах двадцатого века (усилиями В. К. Зворыкина и Ф. Франсуорта).

Состояние телекоммуникаций к концу 20-го века: (К 1950 годам: 1,2,3)

1. Телеграфная сеть, которая просуществовала до конца 20-го века.
2. Телефонная сеть (аналоговая), имеющая полосу 4 кГц и почти не менявшаяся по принципам работы с 1880 годов. Импульсная сигнальная система практически не изменялась с 1910 года.
3. Телексная сеть, которая применялась в основном для делового обмена.
4. Первые компьютеры 50-х годов - большие, громоздкие и дорогие - предназначались для очень небольшого числа избранных пользователей. Системы пакетной обработки, как правило, строились на базе мэйнфрейма - мощного и надежного компьютера универсального назначения.
5. в начале 60-х годов появились новые способы организации вычислительного процесса, которые позволили учесть интересы пользователей. Начали развиваться интерактивные многотерминальные системы разделения времени
6. В начале 70-х годов появились большие интегральные схемы. Их сравнительно невысокая стоимость и высокие функциональные возможности привели к созданию мини-компьютеров, которые стали реальными конкурентами мэйнфреймов.
— Шло время, потребности пользователей, им уже хотелось получить возможность обмена данными с другими близко расположенными компьютерами.
— Предприятия и организации стали соединять свои мини-компьютеры вместе и разрабатывать ПО, необходимое для их взаимодействия.
В результате появились первые локальные вычислительные сети
7. В середине 80-х годов утвердились стандартные технологии объединения компьютеров в сеть - Ethernet, Arcnet, Token Ring. Мощным стимулом для их развития послужили персональные компьютеры.

Интернет является сетью виртуальных сетей. В 1991 году у нас (тогда еще в СССР) о нем знали неск. десятков человек

8. Сегодня ВС продолжают развиваться достаточно быстро. Разрыв между локальными и глобальными сетями сокращается из-за появления высокоскоростных территориальных каналов связи. В глобальных сетях появляются службы доступа к ресурсам, такие же удобные и прозрачные, как и службы локальных сетей. Подобные примеры в большом количестве демонстрирует самая популярная глобальная сеть - Internet.

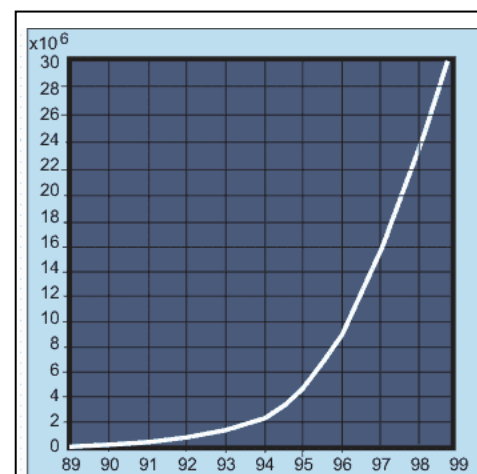
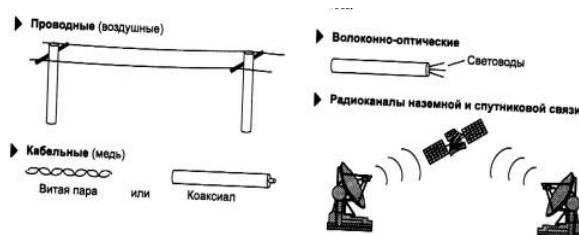


Рис. 1.1. Рост числа ЭВМ, подключенных к Интернету в период 1989-98 годы (по вертикальной оси отложено число ЭВМ в миллионах)

2. Основы теории передачи данных по линиям связи. Спектральная теория и ее применение к линиям связи. АЧХ.

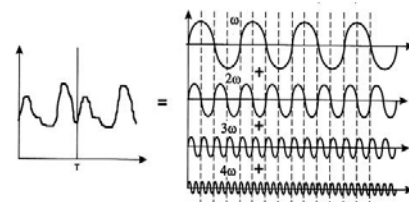
Линия связи

- проводные (воздушные);
- кабельные (медные и волоконно-оптические);
- радиоканалы наземной и спутниковой связи.



Спектральный анализ сигналов на линиях связи

1. Из теории гармонического анализа известно: любой периодический процесс можно представить в виде суммы синусоидальных колебаний различных частот и различных амплитуд



2. Для некоторых сигналов, (напр., для последовательности прямоугольных импульсов одинаковой длительности и амплитуды), спектр легко вычисляется на основании формул Фурье.

3. Представив значение напряжения или силы тока в виде однозначной периодической функции времени $g(t)$ с периодом T , можно разложить её в **ряд Фурье**. где $f = 1/T$ — основная частота (гармоника), a_n и b_n — амплитуды синусов и косинусов n -й гармоника, а c — константа.

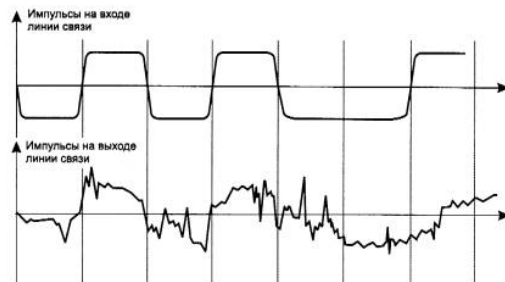
$$g(t) = \frac{1}{2}c + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin(2\pi nft) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \cos(2\pi nft);$$

4. Информационный сигнал, имеющий конечную длительность (все информационные сигналы имеют конечную длительность), может быть разложен в ряд Фурье, если представить, что весь сигнал бесконечно повторяется снова и снова (то есть интервал от T до $2T$ полностью повторяет интервал от 0 до T , и т. д.).

Амплитуды a_n могут быть вычислены для любой заданной функции $g(t)$.

$$a_n = \frac{2}{T} \int_0^T g(t) \sin(2\pi nft) dt; \quad b_n = \frac{2}{T} \int_0^T g(t) \cos(2\pi nft) dt; \quad c = \frac{2}{T} \int_0^T g(t) dt.$$

Для сигналов произвольной формы спектр можно найти с помощью спектральных анализаторов, которые измеряют спектр реального сигнала и отображают амплитуды составляющих гармоник.



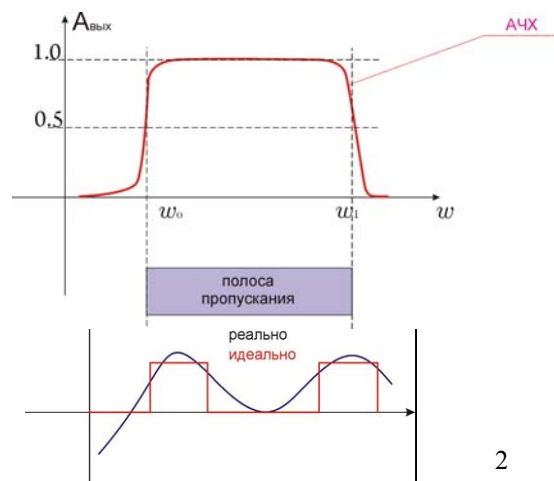
5. Ни один канал связи не может передавать сигналы без потери мощности. Искажение передающим каналом синусоиды какой-либо частоты приводит к искажению передаваемого сигнала любой формы (синусоиды различных частот искажаются неодинаково).

- Линия связи искажает сигналы из-за того, что ее физические параметры отличаются от идеальных.
- Кроме того, существуют и внешние помехи, которые создают различные электрические двигатели, электронные устройства, атмосферные явления и т. д.



Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ)

показывает, как затухает амплитуда синусоиды на выходе линии связи по сравнению с амплитудой на ее входе для всех возможных частот передаваемого сигнала. Вместо амплитуды в этой характеристике часто используют также такой параметр сигнала, как его мощность.



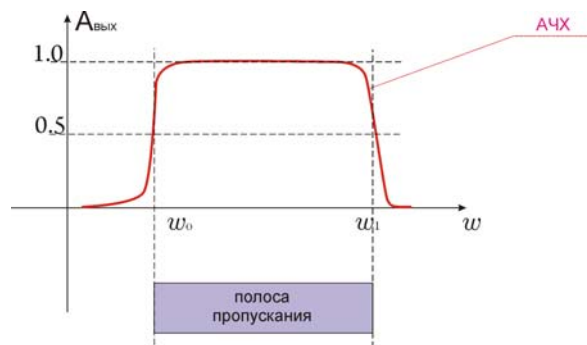
Все каналы связи уменьшают гармоники ряда Фурье в разной степени, искажая передаваемый сигнал. Как правило, амплитуды передаются без уменьшения в некотором частотном диапазоне, который наз. **полосой пропускания**. Обычно в полосу пропускания включают частоты, которые передаются с потерей мощности, не превышающей 50 %.

Знание АЧХ позволяет определить форму вых. сигнала практически для любого вх. сигнала. Для этого необходимо найти спектр вх. сигнала, преобразовать амплитуду составляющих его гармоник в соответствии с АЧХ, а затем найти форму вых. сигнала, сложив преобразованные гармоники

3. Характеристики линий связи. Полоса пропускания, затухание, мощность сигнала. Примеры линий связи. Помехоустойчивость, NEXT, BER.

Характеристики линий связи

- амплитудно-частотная характеристика;
- полоса пропускания;
- затухание;
- помехоустойчивость;
- перекрестные наводки на ближнем конце линии;
- пропускная способность;
- достоверность передачи данных;
- удельная стоимость.



Полоса пропускания (*bandwidth*) - это непрерывный

диапазон частот, для которого отношение амплитуды выходного сигнала ко входному превышает некоторый заранее заданный предел, обычно 0,5. То есть полоса пропускания определяет диапазон частот синусоидального сигнала, при которых этот сигнал передается по линии связи без значительных искажений.

Затухание (*attenuation*) – относительное уменьшение амплитуды или мощности сигнала при передаче по линии сигнала определенной частоты. Т. образом, затухание представляет собой одну точку из АЧХ линии.

Затухание A обычно измеряется в децибелах (дБ, decibel - dB):

где $P_{\text{вых}}$ ~ мощн. сигнала на выходе линии, $P_{\text{вх}}$ – мощн. сигнала на входе линии.

$$A = 10 \log_{10} P_{\text{вых}} / P_{\text{вх}},$$

Так как мощность вых. сигнала кабеля без промежут. усилителей всегда меньше, чем мощность вх. сигнала, затухание кабеля всегда является отрицат. величиной.

Абсолютный уровень мощности, напр. ур. мощн. передатчика, также измеряется в дБ. При этом в кач. базового значения мощн. сигнала, отн. которого измеряется текущая мощность, принимается значение в 1 мВт.:

где P - мощность сигнала в милливаттах, а дБм (dBm) - это единица измерения уровня мощности (децибел на 1 мВт).

$$p = 10 \log_{10} P / 1 \text{ мВт} [\text{дБм}],$$

Помехоустойчивость (ПУ) линии определяет ее способность уменьшать уровень помех, создаваемых во внешней среде, на внутренних проводниках. ПУ линии зависит от типа использ. физ. среды, а также от экранирующих и подавляющих помехи средств самой линии.

— Наименее помехоустойчивыми являются радиолнии,

— хорошей устойчивостью обладают кабельные линии и отличной - волоконно-оптические линии, малочувствительные ко внешнему электромагнитному излучению. Обычно для уменьшения помех, появляющихся из-за внешних электромагнитных полей, проводники экранируют и/или скручивают.

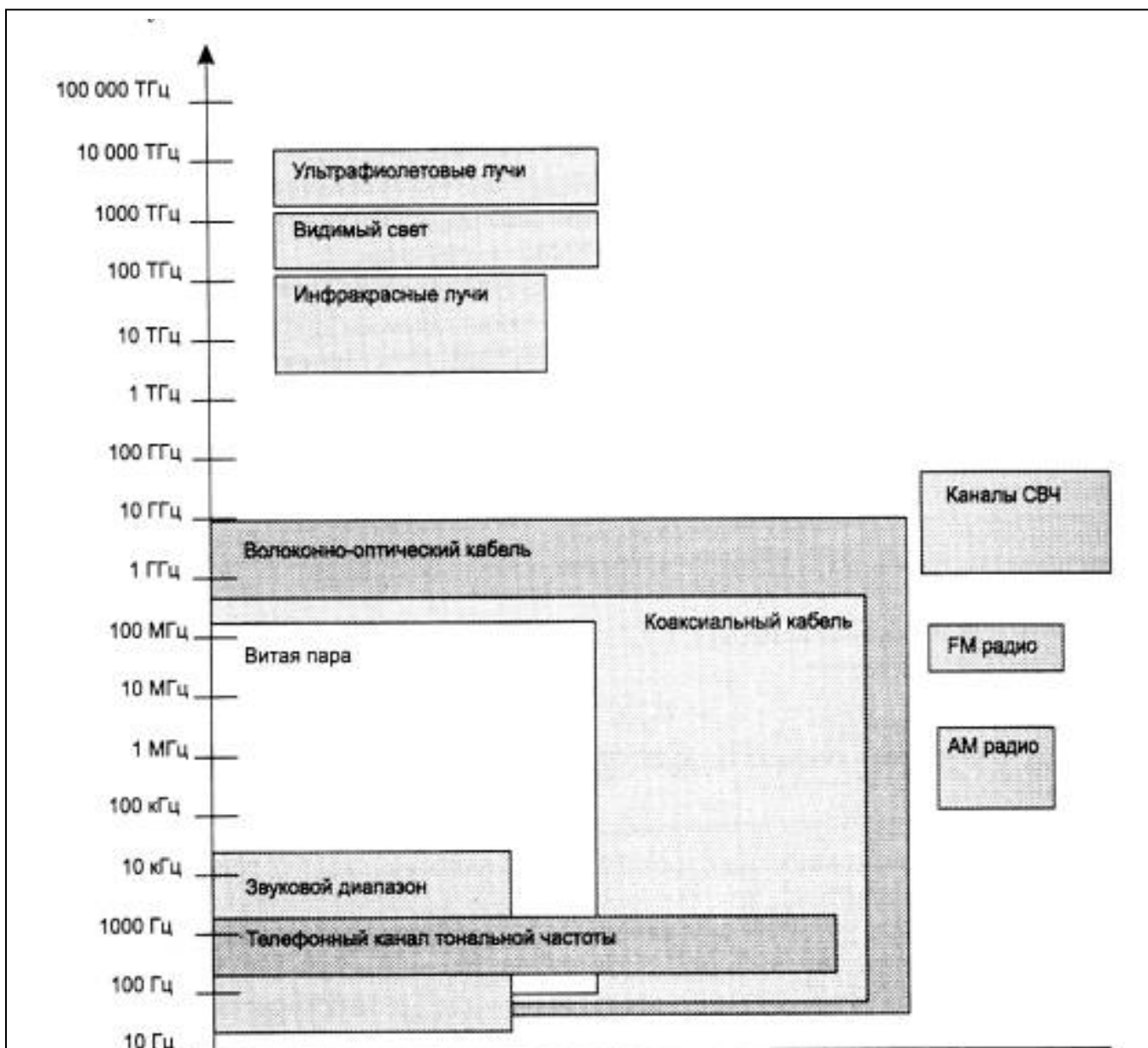
Перекрестные наводки на ближнем конце (*Near End Cross Talk - NEXT*) определяют ПУ кабеля к внутр. источникам помех, когда электромагнитное поле сигнала, передаваемого выходом передатчика по одной паре проводников, наводит на другую пару проводников сигнал помехи. Если ко второй паре будет подключен приемник, то он может принять наведенную внутреннюю помеху за полезный сигнал. Показатель NEXT, выраженный в децибелах, равен $10 \log P_{\text{вых}} / P_{\text{нав}}$, где $P_{\text{вых}}$ - мощность выходного сигнала, $P_{\text{нав}}$ - мощность наведенного сигнала.

Чем меньше значение NEXT, тем лучше кабель. Так, для витой пары категории 5 показатель NEXT должен быть меньше -27 дБ на частоте 100 МГц.

Показатель NEXT обычно используется применительно к кабелю, состоящему из нескольких витых пар, так как в этом случае взаимные наводки одной пары на другую могут достигать значительных величин. Для одинарного коаксиального кабеля (то есть состоящего из одной экранированной жилы) этот показатель не имеет смысла, а для двойного коаксиального кабеля он также не применяется вследствие высокой степени защищенности каждой жилы. Оптическое волокно также не создаст сколь-нибудь заметных помех друг для друга.

Достоверность передачи данных характеризует вероятность искажения для каждого передаваемого бита данных. Иногда этот же показатель называют **интенсивностью битовых ошибок** (*Bit Error Rate, BER*). Величина **BER** для каналов связи без дополнительных средств защиты от ошибок (например, самокорректирующихся кодов или протоколов с повторной передачей искаженных кадров) составляет, как правило, 10^{-4} - 10^{-6} , в оптоволоконных линиях связи - 10^{-9} . Значение достоверности передачи данных, например, в 10^{-4} говорит о том, что в среднем из 10000 бит искажается значение одного бита.

Искажения бит происходят как из-за наличия помех на линии, так и по причине искажений формы сигнала ограниченной полосой пропускания линии. Поэтому для повышения достоверности передаваемых данных нужно повышать степень помехозащищенности линии, снижать уровень перекрестных наводок в кабеле, а также использовать более широкополосные линии связи..



Пример ЛС:

полосы пропускания линий связи различных типов

(телефонный канал тональной частоты, витая пара, коаксиальный кабель, волоконно-оптический кабель),

а также наиболее часто используемые в технике связи частотные диапазоны

(звуковой диапазон, АМ радио, FM –радио, каналы СВЧ, ИК-лучи, видимый свет УФ-лучи).

4. Линейное кодирование. Пропускная способность линий связи. Связь между полосой пропускания и пропускной способностью (теорема Шеннона, критерий Найквиста).

Выбор способа представления дискретной информации в виде сигналов, подаваемых на линию связи, называется **физическим** или **линейным кодированием**. От выбранного способа кодирования зависит спектр сигналов и, соответственно, пропускная способность линии. Таким образом, для одного способа кодирования линия может обладать одной пропускной способностью, а для другого - другой.

На пропускную способность линии оказывает влияние не только физическое, но и логическое кодирование. **Логическое кодирование** выполняется до физического кодирования и подразумевает замену бит исходной информации новой последовательностью бит, несущей ту же информацию, но обладающей, кроме этого, дополнительными свойствами, например возможностью для приемной стороны обнаруживать ошибки в принятых данных.

Пропускная способность (throughput) линии характеризует максимально возможную скорость передачи данных по линии связи. Пропускная способность измеряется в битах в секунду - бит/с, а также в производных единицах, таких как килобит в секунду (Кбит/с), мегабит в секунду (Мбит/с), гигабит в секунду (Гбит/с) и т. д. (то есть килобит - это 1000 бит, а мегабит - это 1 000 000 бит, а не $2^{10}=1024$, а «мега» - $2^{20} = 1 048576$)

Пропускная способность линии связи зависит не только от ее характеристик, таких как АЧХ, но и от спектра передаваемых сигналов..

Связь между проп. способностью линии и ее полосой пропускания

Чем выше частота несущего периодического сигнала, тем больше информации в единицу времени передается по линии и тем выше пропускная способность линии при фиксированном способе физического кодирования..

Связь между полосой пропускания линии и ее **максимально возможной пропускной способностью**, вне зависимости от принятого способа физического кодирования, установил **Клод Шеннон (теорема Шеннона):**

$$C = F \log_2 (1 + P_c/P_{ш}),$$

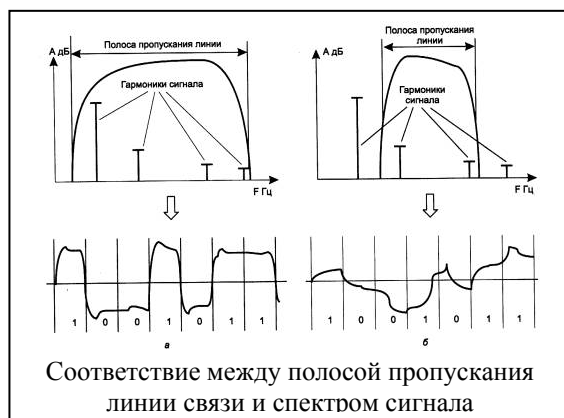
где C - максимальная пропускная способность линии в битах в секунду, F - ширина полосы пропускания линии в герцах, P_c - мощность сигнала, $P_{ш}$ - мощность шума.

Близким по сути к формуле Шеннона является следующее соотношение, полученное **Найквистом**, которое также определяет максимально возможную пропускную способность линии связи, но без учета шума на линии:

$$C = 2F \log_2 M,$$

где M - количество различных состояний информационного параметра.

Если сигнал имеет 2 различных состояния, то пропускная способность равна удвоенному значению ширины полосы пропускания линии связи (рис. 2.10, а). Если же передатчик использует более чем 2 устойчивых состояния сигнала для кодирования данных, то пропускная способность линии повышается, так как за один такт работы передатчик передает несколько бит исходных данных, например 2 бита при наличии четырех различных состояний сигнала (рис. 2.10, б).



Теорема 1 (Шеннона).

$$C_{[bod]} = F_{[Gc]} \cdot \log_2 \left(1 + \frac{P_c}{P_u} \right)$$

- C - пропускная способность
- P_c - мощность сигнала
- P_u - мощность шума

Теорема 2 (Найквист-Котельников).

$$C_{[bod]} = 2 \cdot F_{[Gc]} \cdot \log_2(M)$$

- C - пропускная способность
- M - число состояний

1 -
-- 11
-- 01
-- 10
-- 00
0 -
-- ??



5. Методы передачи дискретных данных по линиям связи. Аналоговая модуляция, цифровое кодирование и их особенности.

При передаче дискретных данных применяются два осн. типа физического кодирования:
на основе синусоидального несущего сигнала (**аналоговой модуляцией**)
на основе последовательности прямоугольных импульсов (**цифр. кодированием**).

Первый – наз. также **модуляцией** или **аналоговой модуляцией**, т.к., кодирование осущ. за счет изменения параметров аналогового сигнала.

Второй – наз. цифровым кодированием.

Эти способы отличаются:
· шириной спектра
· сложностью аппаратуры.

При использ. прямоугольных имп-сов спектр результирующего сигнала получается весьма широким. Применение синусоиды приводит к спектру гораздо меньшей ширины при той же скорости передачи инф-ции. Однако для реализации синусоидальной модуляции требуется более сложная и дорогая аппаратура, чем для реализации прямоуг. имп-сов.

В наст. время все чаще данные, изначально имеющие аналоговую форму - речь, телевизионное изображение, - передаются по каналам связи в дискретном виде, то есть в виде послед-сти «1» и «0». Процесс представления аналоговой информации в дискретной форме наз. дискретной модуляцией. Термины «модуляция» и «кодирование» часто используют как синонимы.

Аналоговая модуляция (Факс –классический модем)

Аналоговая модуляция применяется для передачи дискретных данных по каналам с узкой полосой частот, (канал тональной частоты – телефонные сети). Этот канал передает частоты в диапазоне от 300 до 3400 Гц, таким образом, его полоса пропускания 3100 Гц

Методы аналоговой модуляции: (АМ, ЧМ, ФМ, и т.д.)

АМ (амплитудная модуляция) : для лог. единицы выбирается один уровень амплитуды синусоиды несущей частоты, а для логического нуля – другой. + простота, – помехи

ЧМ (частотная модуляция): значения 0 и 1 исходных данных передаются синусоидами с различной частотой - f_0 и f_1

ФМ (фазовая модуляция): значениям данных 0 и 1 соотв. сигналы одинаковой частоты, но с различной фазой, напр. 0 и 180° или 0, 90° , 180° и 270° .

В скоростных модемах часто используются **комбинированные методы модуляции**, как правило, амплитудная в сочетании с фазовой. Например **QAM**

QAM – квадратурная амплитудно-фазовая модуляция При квадратурной модуляции изменяется как фаза, так и амплитуда сигнала, что позволяет увеличить количество информации, передаваемой одним состоянием (отсчетом) сигнала.

Цифровое кодирование

Цифровой метод имеет целый ряд преимуществ перед аналоговым:

- Высокую надежность. Если шум ниже входного порога, его влияние не ощущается, возможна повторная посылка кода.
- Отсутствие зависимости от источника информации (звук, изображение или цифровые данные).
- Возможность шифрования, что повышает безопасность передачи.
- Независимость от времени. Можно передавать не тогда, когда информация возникла, а когда готов канал.

При цифровом кодировании дискретной информации применяют потенциальные и импульсные коды.

В потенциальных кодах для представления логических «1» и «0» используется только значение потенциала сигнала, а его перепады, формирующие законченные импульсы, во внимание не принимаются. Импульсные коды позволяют представить двоичные данные либо импульсами определенной полярности, либо частью импульса - перепадом потенциала определенного направления

Требования к методам цифрового кодирования

При использовании прямоугольных импульсов для передачи дискретной информации необходимо выбрать такой способ кодирования, который одновременно достигал бы нескольких целей:

- имел при одной и той же битовой скорости наименьшую ширину спектра результирующего сигнала;
- обеспечивал синхронизацию между передатчиком и приемником;
- обладал способностью распознавать ошибки;
- обладал низкой стоимостью реализации.

6. Аналоговая модуляция. Модемы. Способы модуляции и их спектральные характеристики..

Аналоговая модуляция (Факс –классический модем)

Анал. мод-ция применяется для передачи дискретных данных по каналам с узкой полосой частот, (канал тональной частоты – телефонные сети). Этот канал передает частоты в диапазоне от 300 до 3400 Гц, таким образом, его полоса пропускания 3100 Гц

Модемы. Устройство, которое выполняет функции модуляции несущей синусоиды на передающей стороне и демодуляции на приемной стороне, носит название **модем** (модулятор - демодулятор).

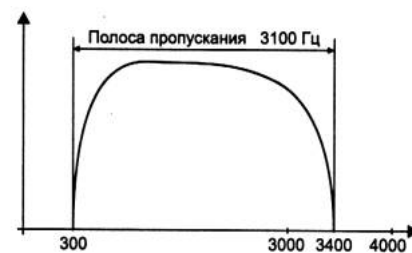


Рис. 2.12. АЧХ канала тональной частоты

Методы аналоговой модуляции: (АМ, ЧМ, ФМ, QAM и т.д.)

Информация кодируется изменением амплитуды, частоты или фазы синусоидального сигнала несущей частоты

При **амплитудной модуляции (АМ)** для логической единицы выбирается один уровень амплитуды синусоиды несущей частоты, а для логического нуля - другой

- + простота
- помехи

При **частотной модуляции (ЧМ)** значения 0 и 1 исходных данных передаются синусоидами с различной частотой - f_0 и f_1

При **фазовой модуляции (ФМ)** значениям данных 0 и 1 соотв. сигналы одинаковой частоты, но с различной фазой, напр. 0 и 180° или $0,90,180$ и 270° .

Спектр модулированного сигнала

Спектр результирующего модулированного сигнала зависит от типа модуляции и скорости модуляции, то есть желаемой скорости передачи бит исходной информации.

Спектр потенциального кода требует для качественной передачи широкую полосу пропускания. Кроме того, реально спектр сигнала постоянно меняется в зависимости от того, какие данные передаются по линии связи. В результате потенциальные коды на каналах тональной частоты никогда не используются.

При **амплитудной модуляции** спектр состоит из синусоиды несущей частоты f_c и двух боковых гармоник: $(f_c + f_m)$ и $(f_c - f_m)$, где f_m - частота изменения информационного параметра синусоиды, которая совпадает со скоростью передачи данных при использовании двух уровней амплитуды (рис. 2.14, б). Частота f_m определяет пропускную способность линии при данном способе кодирования. При небольшой частоте модуляции ширина спектра сигнала будет также небольшой (равной $2f_m$), поэтому сигналы не будут искажаться линией, если ее полоса пропускания будет больше или равна $2f_m$.

Для канала тональной частоты такой способ модуляции приемлем при скорости передачи данных не больше $3100/2=1550$ бит/с. Если же для представления данных используются 4 уровня амплитуды, то пропускная способность канала повышается до 3100 бит/с.

При **фазовой и частотной модуляции** спектр сигнала получается более сложным, чем при амплитудной модуляции, так как боковых гармоник здесь образуется более двух, но они также симметрично расположены относительно основной несущей частоты, а их амплитуды быстро убывают. Поэтому эти виды модуляции также хорошо подходят для передачи данных по каналу тональной частоты.

В скоростных модемах, для повыш. скор. передачи данных используют **комбинированные методы мод-ции**, как правило, амплитудная в сочетании с фазовой.. Наиболее распрот. Явл. методы квадратурной амплитудной модуляции (Quadrature Amplitude Modulation, QAM).

QAM – квадратурная амплитудно-фазовая модуляция При квадратурной модуляции изменяется как фаза, так и амплитуда сигнала, что позволяет увеличить количество информации, передаваемой одним состоянием (отсчетом) сигнала.

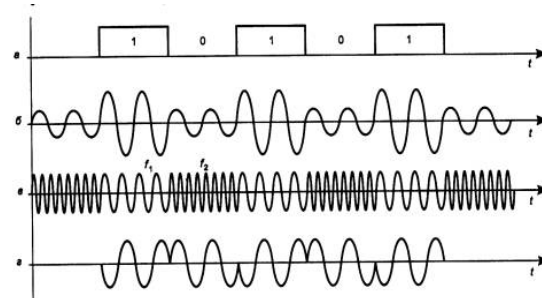


Рис. 2.13. Различные типы модуляции

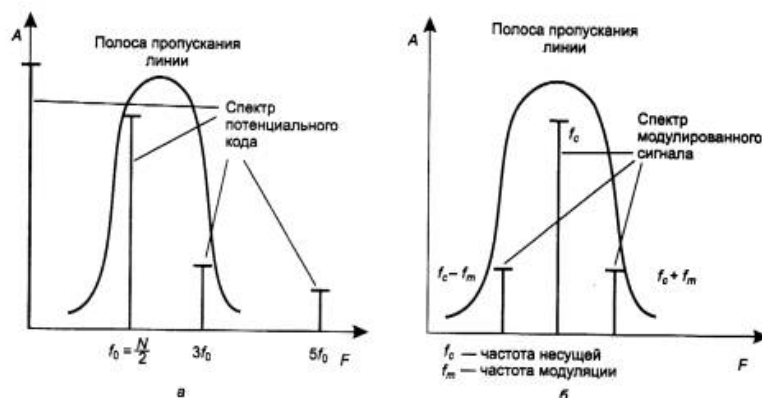


Рис. 2.14. Спектры сигналов при потенциальном кодировании (а) и амплитудной модуляции (б)

7. Цифровое кодирование. Особенности и проблемы цифрового кодирования, характеристики цифровых кодов. Основные типы кодирования и их спектральные характеристики.

Цифровое кодирование

При цифровом кодировании дискретной информации применяют потенциальные (используется только значение потенциала) и импульсные коды (либо импульсами определенной полярности, либо частью импульса - перепадом потенциала).

Требования к методам цифрового кодирования:

- имеет при одной и той же битовой скорости наименьшую ширину спектра результирующего сигнала;
- обеспечивает синхронизацию между передатчиком и приемником;
- обладает способностью распознавать ошибки;
- обладает низкой стоимостью реализации.

Более узкий спектр сигналов позволяет на одной и той же линии (с одной и той же полосой пропускания) добиваться более высокой скорости передачи данных.

Синхронизация передатчика и приемника нужна для того, чтобы приемник точно знал, в какой момент времени необходимо считывать новую информацию с линии связи.

В сетях применяются так называемые **самосинхронизирующиеся коды**, сигналы которых несут для передатчика указания о том, в какой момент времени нужно осуществлять распознавание очередного бита (фронт имп. - может служить синхр., синусоид в качестве несущего).

Распознавание и коррекцию искаженных данных сложно осуществить средствами физического уровня, поэтому чаще всего эту работу берут на себя протоколы, лежащие выше: канальный, сетевой, транспортный или прикладной.

Схемы кодирования:

(Информация) → <Логическое кодирование> → <Физическое кодирование> → [Передатчик]

Потенциальный код без возвращения к нулю

(Non Return to Zero, **NRZ**). При передаче последовательности единиц сигнал не возвращается к нулю в течение такта. Метод NRZ: + прост в реализации.

+ хорошая распознаваемость ошибок (из-за двух резко отличающихся потенциалов),
– не обладает свойством самосинхронизации.
– наличие низкочастотной составляющей, которая приближается к нулю при передаче длинных последовательностей единиц или нулей. В результате в чистом виде код NRZ в сетях не используется. (используются его модификации, в которых устраняют эти недостатки).

Привлекательность кода NRZ, состоит в достаточно низкой частоте основной гармоники f_0 , которая равна $N/2$ Гц

Метод биполярного кодирования с альтернативной инверсией (Bipolar Alternate Mark Inversion, **AMI**, модификация NRZ)

Используются три уровня потенциала – отрицат., нулевой и положит. Для кодирования логического нуля используется нулевой потенциал, а логическая единица кодируется либо положительным потенциалом, либо отрицательным, при этом потенциал каждой новой единицы противоположен потенциалу предыдущей.

Код AMI частично ликвидирует проблемы постоянной составляющей и отсутствия самосинхронизации,

Потенциальный код с инверсией при единице (Non Return to Zero with ones Inverted, **NRZI**), похожий на AMI, но только с двумя уровнями сигнала. При передаче нуля он передает потенциал, который был установлен в предыдущем такте (то есть не меняет его), а при передаче единицы потенциал инвертируется на противоположный. Он удобен в тех случаях, когда использование третьего уровня сигнала весьма нежелательно, например в оптических кабелях, где устойчиво распознаются два состояния сигнала - свет и темнота.

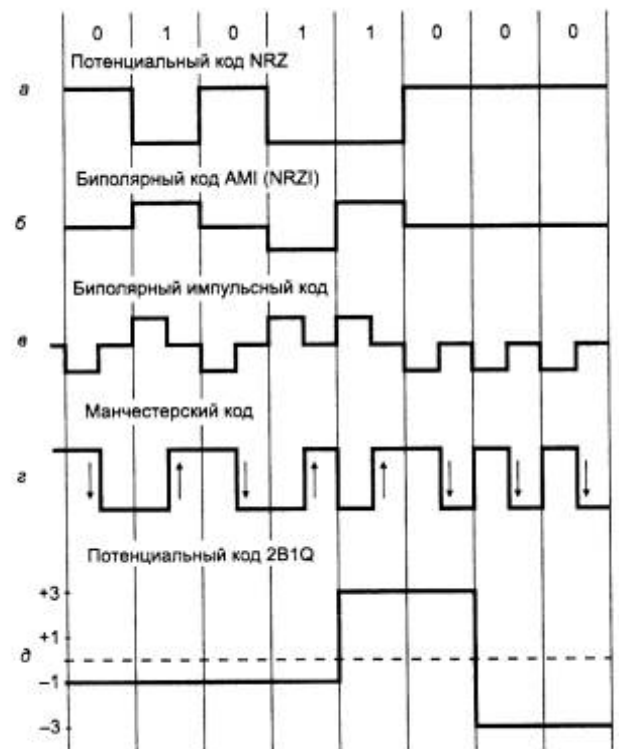


Рис. 2.16. Способы дискретного кодирования данных

В **импульсных кодах** данные представлены полным импульсом или же его частью – фронтом:

Биполярный импульсный код: единица представлена импульсом одной полярности, а ноль – другой. Каждый импульс длится половину такта.

+ отличные самосинхронизирующие свойства,

– постоянная составляющая, может присутствовать, (напр., при передаче длинной последовательности 1 или 0).

– спектр у него шире, чем у потенциальных кодов.

Из-за слишком широкого спектра биполярный импульсный код используется редко.

Манчестерский код в локальных сетях до недавнего времени самым распространенным методом кодирования (применяется в технологиях Ethernet и Token Ring).

В манчестерском коде для кодирования «1» и «0» используется перепад потенциала, то есть фронт импульса. При манчестерском кодировании каждый такт делится на две части. Информация кодируется перепадами потенциала, происходящими в середине каждого такта. Единица кодируется перепадом от низкого уровня сигнала к высокому, а ноль – обратным перепадом. В начале каждого такта может происходить служебный перепад сигнала, если нужно представить несколько единиц или нулей подряд.

+ Так как сигнал изменяется по крайней мере один раз за такт передачи одного бита данных, то манчестерский код обладает хорошими самосинхронизирующими свойствами.

+ Полоса пропускания манчестерского кода уже, чем у биполярного импульсного.

+ Нет постоянной составляющей, а основная гармоника в худшем случае (при передаче последовательности единиц или нулей) имеет частоту N Гц, а в лучшем (при передаче чередующихся «1» и «0») она равна $N/2$ Гц, как и у кодов AMI или NRZ.

В среднем ширина полосы манчестерского кода в полтора раза уже, чем у биполярного импульсного кода, а основная гармоника колеблется вблизи значения $3N/4$.

+ используются два уровня сигнала. (у биполярного — три уровня сигнала).

Потенциальный код 2B1Q (с четырьмя уровнями сигнала для кодирования данных) — каждые два бита (2B) передаются за один такт сигналом, имеющим четыре состояния (1Q), Паре бит 00 соответствует потенциал $-2,5$ В, паре бит 01 соответствует потенциал $-0,833$ В, паре 11 - потенциал $+0,833$ В, а паре 10 - потенциал $+2,5$ В.

– требуются дополнительные меры по борьбе с длинными последовательностями одинаковых пар бит, так как при этом сигнал превращается в постоянную составляющую.

+ При случайном чередовании бит спектр сигнала в два раза уже, чем у кода NRZ, так как при той же битовой скорости длительность такта увеличивается в два раза.

Таким образом, с помощью кода 2B1Q можно по одной и той же линии передавать данные в два раза быстрее, чем с помощью кода AMI или NRZI.

– Однако мощность передатчика должна быть выше, чтобы четыре уровня четко различались приемником на фоне помех.

Спектральные характеристики типов кодирования

Улучшенные потенциальные коды обладают достаточно узкой полосой пропускания для любых последовательностей «1» и «0», которые встречаются в передаваемых данных. На рис. 2.18 приведены спектры сигналов разных кодов, полученные при передаче произвольных данных, в которых различные сочетания нулей и единиц в исходном коде равновероятны. При построении графиков спектр усреднялся по всем возможным наборам исходных последовательностей. Естественно, что результирующие коды могут иметь и другое распределение нулей и единиц. Из рис. видно, что потенциальный код NRZ обладает хорошим спектром с одним недостатком - у него имеется постоянная составляющая. Коды, полученные из потенциального путем логического кодирования, обладают более узким спектром, чем манчестерский, даже при повышенной тактовой частоте (на рисунке спектр кода 4B/5B должен был бы примерно совпадать с кодом B8ZS, но он сдвинут в область более высоких частот, так как его тактовая частота повышена на $1/4$ по сравнению с другими кодами). Этим объясняется применение потенциальных избыточных и скремблированных кодов в современных технологиях, подобных FDDI, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, ISDN и т. п. вместо манчестерского и биполярного импульсного кодирования.

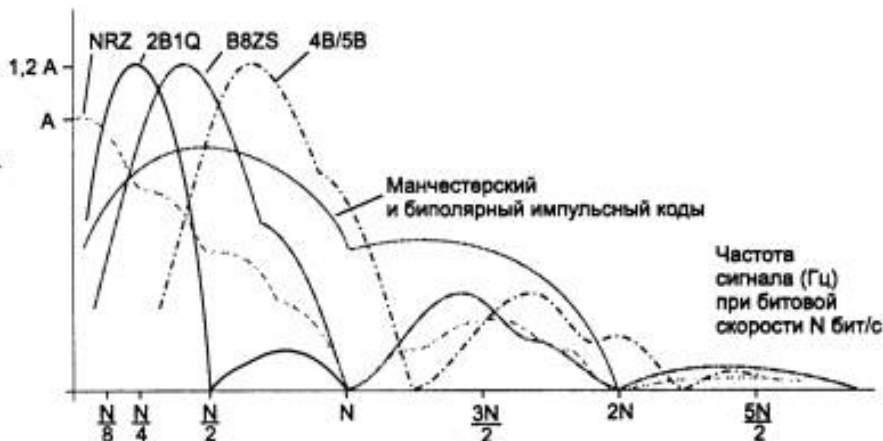


Рис. 2.18. Спектры потенциальных и импульсных кодов

8. Логическое кодирование. Необходимость и особенности логического кодирования. Наиболее популярные методы логического кодирования.

Логическое кодирование выполняется до физического кодирования и подразумевает замену бит исходной информации новой последовательностью бит, несущей ту же информацию, но обладающей, кроме этого, дополнительными свойствами, например возможностью для приемной стороны обнаруживать ошибки в принятых данных. Сопровождение каждого байта исходной информации одним битом четности - это пример очень часто применяемого способа логического кодирования при передаче данных с помощью модемов. Другим примером логического кодирования может служить шифрация данных, обеспечивающая их конфиденциальность при передаче через общественные каналы связи. При логическом кодировании чаще всего исходная последовательность бит заменяется более длинной последовательностью, поэтому пропускная способность канала по отношению к полезной информации при этом уменьшается.

Схемы кодирования:

(Информация) → <Логическое кодирование> → <Физическое кодирование> → [Передатчик]

Логическое кодирование используется для улучшения потенциальных кодов типа AMI, NRZI или 2Q1B. Логическое кодирование должно заменять длинные последовательности бит, приводящие к постоянному потенциалу, вкраплениями единиц. Как уже отмечалось выше, для логического кодирования характерны два метода:

- избыточные коды (4В/5В, 8В/6Т)
- скремблирование.

Избыточные коды основаны на разбиении исходной последовательности бит на порции, которые часто наз. символами. Затем каждый исходный символ заменяется на новый, который имеет большее количество бит, чем исходный. Например, логический код 4В/5В, используемый в технологиях FDDI и Fast Ethernet, заменяет исходные символы длиной в 4 бита на символы длиной в 5 бит. Так как результирующие символы содержат избыточные биты, то общее количество битовых комбинаций в них больше, чем в исходных. Так, в **коде 4В/5В** результирующие символы могут содержать 32 битовых комбинации, в то время как исходные символы - только 16. Поэтому в результирующем коде можно отобрать 16 таких комбинаций, которые не содержат большого количества нулей, а остальные считать запрещенными кодами (code violation). Кроме устранения постоянной составляющей и придания коду свойства самосинхронизации, избыточные коды позволяют приемнику распознавать искаженные биты. Если приемник принимает запрещенный код, значит, на линии произошло искажение сигнала.

Соответствие исходных и результирующих кодов 4В/5В представлено ниже.

Код 4В/5В затем передается по линии с помощью физ. кодирования по одному из методов потенциального кодирования, чувствительному только к длинным послед-ствиям нулей. Символы кода 4В/5В длиной 5 бит гарантируют, что при

Исходный код	Результирующий код	Исходный код	Результирующий код
0000	11110	1000	10010
0001	01001	1001	10011
0010	10100	1010	10110
0011	10101	1011	10111
0100	01010	1100	11010
0101	01011	1101	11011
0110	01110	1110	11100
0111	01111	1111	11101

любом их сочетании на линии не могут встретиться более трех нулей подряд.

Буква В в названии кода означает, что элементарный сигнал имеет 2 состояния - от английского binary - двоичный. Имеются также коды и с тремя состояниями сигнала, например, в **коде 8В/6Т** для кодирования 8 бит исходной информации используется код из 6 сигналов, каждый из которых имеет три состояния. Избыточность кода 8В/6Т выше, чем кода 4В/5В, так как на 256 исходных кодов приходится 36=729 результирующих символов.

+ Перекодировка (таблицы) является очень простой операцией, → этот подход не усложняет сетевые адаптеры и интерфейсные блоки коммутаторов и маршрутизаторов.

- Для обеспечения зад. проп. способности линии передатчик, использующий избыточный код, должен работать с повыш. тактовой частотой. Так, для передачи кодов 4В/5В со скоростью 100 Мб/с передатчик должен работать с тактовой частотой 125 МГц. При этом спектр сигнала на линии расширяется по сравнению со случаем, когда по линии передается чистый, не избыточный код.

+ Тем не менее спектр избыточного потенциального кода оказывается уже спектра манчестерского кода, что оправдывает дополнительный этап логического кодирования, а также работу приемника и передатчика на повышенной тактовой частоте.

Скрэмблирование

Перемешивание данных **скрэмблером** перед передачей их в линию с помощью потенциального кода является другим способом логического кодирования.

Методы скрэмблирования заключаются в побитном вычислении результирующего кода на основании бит исходного кода и полученных в предыдущих тактах бит результирующего кода.

Например, скрэмблер может реализовывать следующее соотношение:

$$B_i = A_i \oplus B_{i-3} \oplus B_{i-5},$$

где B_i - двоичная цифра результирующего кода, полученная на i -м такте работы скрэмблера, A_i - двоичная цифра исходного кода, поступающая на i -м такте на вход скрэмблера, B_{i-3} и B_{i-5} - двоичные цифры результирующего кода, полученные на предыдущих тактах работы скрэмблера, соответственно на 3 и на 5 тактов ранее текущего такта, \oplus - операция исключающего ИЛИ (сложение по модулю 2). Например, для исходной последовательности 110110000001 скрэмблер даст следующий результирующий код: $B_1 = A_1 = 1$ (первые три цифры результирующего кода будут совпадать с исходным, так как еще нет нужных предыдущих цифр)

Таким образом, на выходе скрэмблера появится последовательность 110001101111, в которой нет последовательности из шести нулей, присутствовавшей в исходном коде.

После получения результирующей последовательности приемник передает ее дескрэмблеру, который восстанавливает исходную последовательность на основании обратного соотношения:

$$C_i = B_i \oplus B_{i-3} \oplus B_{i-5} = (A_i \oplus B_{i-3} \oplus B_{i-5}) \oplus B_{i-3} \oplus B_{i-5} = A_i.$$

Различные алгоритмы скрэмблирования отличаются количеством слагаемых, дающих цифру результирующего кода, и сдвигом между слагаемыми. Так, в сетях ISDN при передаче данных от сети к абоненту используется преобразование со сдвигами в 5 и 23 позиции, а при передаче данных от абонента в сеть - со сдвигами 18 и 23 позиции.

Существуют и более простые методы борьбы с последовательностями единиц, также относимые к классу скрэмблирования.

Для улучшения кода Bipolar AMI используются два метода, основанные на искусственном искажении последовательности нулей запрещенными символами.

На рис. 2.17 показано использование метода B8ZS (Bipolar with 8-Zeros Substitution) и метода HDB3 (High-Density Bipolar 3-Zeros) для корректировки кода AMI. Исходный код состоит из двух длинных последовательностей нулей: в первом случае - из 8, а во втором - из 5.

Код B8ZS исправляет только последовательности, состоящие из 8 нулей. Для этого он после первых трех нулей вместо оставшихся пяти нулей вставляет пять цифр: $V-1^*-0-V-1^*$. V здесь обозначает сигнал единицы, запрещенной для данного такта полярности, то есть сигнал, не изменяющий полярность предыдущей единицы, 1^* - сигнал единицы корректной полярности, а знак звездочки отмечает тот факт, что в исходном коде в этом такте была не единица, а ноль. В результате на 8 тактах приемник наблюдает 2 искажения - очень маловероятно, что это случилось из-за шума на линии или других сбоев передачи. Поэтому приемник считает такие нарушения кодировкой 8 последовательных нулей и после приема заменяет их на исходные 8 нулей. Код B8ZS построен так, что его постоянная составляющая равна нулю при любых последовательностях двоичных цифр.

Код HDB3 исправляет любые четыре подряд идущих нуля в исходной последовательности. Правила формирования кода HDB3 более сложные, чем кода B8ZS. Каждые четыре нуля заменяются четырьмя сигналами, в которых имеется один сигнал V . Для подавления постоянной составляющей полярность сигнала V чередуется при последовательных заменах. Кроме того, для замены используются два образца четырехтактных кодов. Если перед заменой исходный код содержал нечетное число единиц, то используется последовательность 000V, а если число единиц было четным - последовательность 1^*00V .

$$\begin{aligned} B_2 &= A_2 = 1 \\ B_3 &= A_3 = 0 \\ B_4 &= A_4 \oplus B_1 = 1 \oplus 1 = 0 \\ B_5 &= A_5 \oplus B_2 = 1 \oplus 1 = 0 \\ B_6 &= A_6 \oplus B_3 \oplus B_1 = 0 \oplus 0 \oplus 1 = 1 \\ B_7 &= A_7 \oplus B_4 \oplus B_2 = 0 \oplus 0 \oplus 1 = 1 \\ B_8 &= A_8 \oplus B_5 \oplus B_3 = 0 \oplus 0 \oplus 0 = 0 \\ B_9 &= A_9 \oplus B_6 \oplus B_4 = 0 \oplus 1 \oplus 0 = 1 \\ B_{10} &= A_{10} \oplus B_7 \oplus B_5 = 0 \oplus 1 \oplus 0 = 1 \\ B_{11} &= A_{11} \oplus B_8 \oplus B_6 = 0 \oplus 0 \oplus 1 = 1 \\ B_{12} &= A_{12} \oplus B_9 \oplus B_7 = 1 \oplus 1 \oplus 1 = 1 \end{aligned}$$

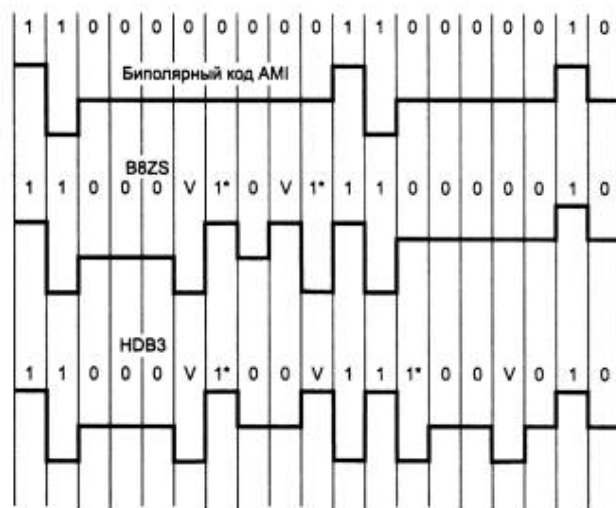


Рис. 2.17. Коды B8ZS и HDB3. V - сигнал единицы запрещенной полярности; 1*-сигнал единицы корректной полярности, но заменившей 0 в исходном коде

9. Передача аналоговых сигналов по цифровым линиям связи. Дискретная модуляция. Теорема Найквиста-Котельникова и ее применение к кодированию человеческой речи. Способы улучшения дискретной модуляции для разных типов сигналов.

Передача в одной сети как дискретных, так и аналоговых данных (телефоны, видеокамеры, звуко- и видеовоспроизводящая аппаратура) основана на дискретизации непрерывных процессов как по амплитуде, так и по времени с пом. импульсно-кодовой модуляции, ИКМ (Pulse Amplitude Modulation, PAM),

Амплитуда исходной непрерывной функции измеряется с заданным периодом - за счет этого происходит дискретизация по времени. Затем каждый замер представляется в виде двоичного числа определенной разрядности, что означает дискретизацию по значениям функции - непрерывное множество возможных значений амплитуды заменяется дискретным множеством ее значений. Устройство, которое это выполняет, называется **аналого-цифровым преобразователем (АЦП)**. После этого замеры передаются по каналам связи в виде послед-сти «1» и «0».

На приемной стороне коды преобразуются в исходную последовательность бит, а спец. аппаратура, наз. **цифро-аналоговым преобразователем (ЦАП)**, производит демодуляцию оцифрованных амплитуд непрерывного сигнала, восстанавливая исходную непрерывную функцию времени.

Дискретная модуляция основана на **теории отображения Найквиста - Котельникова**. В соответствии с этой теорией, **аналоговая непрерывная функция, переданная в виде последовательности ее дискретных по времени значений, может быть точно восстановлена, если частота дискретизации была в два или более раз выше, чем частота самой высокой гармоники спектра исходной функции**.

+ Преимуществом цифровых методов записи, воспроизведения и передачи аналоговой информации является возможность контроля достоверности считанных с носителя или полученных по линии связи данных. Для этого применяются те же методы, которые применяются для компьютерных данных.

Для качественной передачи голоса в методе ИКМ используется частота квантования амплитуды звуковых колебаний в 8000 Гц. Это связано с тем, что в аналоговой телефонии для передачи голоса был выбран диапазон от 300 до 3400 Гц, который достаточно качественно передает все основные гармоники собеседников. В соответствии с теоремой Найквиста - Котельникова для качественной передачи голоса достаточно выбрать частоту дискретизации, в два раза превышающую самую высокую гармонику непрерывного сигнала, то есть $2 * 3400 = 6800$ Гц. Выбранная в действительности частота дискретизации 8000 Гц обеспечивает некоторый запас качества. В методе ИКМ обычно используется 7 или 8 бит кода для представления амплитуды одного замера. Соответственно это дает 127 или 256 градаций звукового сигнала, что оказывается вполне достаточным для качественной передачи голоса.

При использовании метода ИКМ для передачи одного голосового канала необходима пропускная способность 56 или 64 Кбит/с в зависимости от того, каким количеством бит представляется каждый замер. Если для этих целей используется 7 бит, то при частоте передачи замеров в 8000 Гц получаем:

$$8000 * 7 = 56000 \text{ бит/с или } 56 \text{ Кбит/с};$$

а для случая 8-ми бит:

$$8000 * 8 = 64000 \text{ бит/с или } 64 \text{ Кбит/с}.$$

Стандартным является цифровой канал 64 Кбит/с, который также называется элементарным каналом цифровых телефонных сетей.

Передача непрер. сигнала в дискретном виде требует от сетей жесткого соблюдения временного интервала в 125 мкс (соответствующего частоте дискретизации 8000 Гц) между соседними замерами, то есть требует синхронной передачи данных между узлами сети.

На качество сигнала после ЦАП влияет не только синхронность поступления на его вход замеров, но и погрешность дискретизации амплитуд этих замеров. В **теореме Найквиста - Котельникова** предполагается, что амплитуды функции измеряются точно, в то же время использование для их хранения двоичных чисел с ограниченной разрядностью несколько искажает эти амплитуды. Соответственно искажается восстановленный непрерывный сигнал, что называется шумом дискретизации (по амплитуде).



Рис. 2.19. Дискретная модуляция непрерывного процесса

Существуют и другие методы дискретной модуляции, позволяющие представить замеры голоса в более компактной форме, напр. в виде послед-сти 4-битных или 2-битных чисел. При этом один голосовой канал требует меньшей пропускной способности, напр. 32 Кбит/с, 16 Кбит/с или еще меньше. С 1985 года применяется **стандарт CCITT кодирования голоса, называемый Adaptive Differential Pulse Code Modulation (ADPCM)**. Коды ADPCM основаны на нахождении разностей между последовательными замерами голоса, которые затем и передаются по сети. В коде ADPCM для хранения одной разности используются 4 бит и голос передается со скоростью 32 Кбит/с. Более современный метод, Linear Predictive Coding (LPC), делает замеры исходной функции более редко, но использует методы прогнозирования направления изменения амплитуды сигнала. При помощи этого метода можно понизить скорость передачи голоса до 9600 бит/с.

Представленные в цифровой форме непрерывные данные легко можно передать через компьютерную сеть. Для этого достаточно поместить несколько замеров в кадр какой-нибудь стандартной сетевой технологии, снабдить кадр правильным адресом назначения и отправить адресату. Адресат должен извлечь из кадра замеры и подать их с частотой квантования (для голоса - с частотой 8000 Гц) на цифро-аналоговый преобразователь. По мере поступления следующих кадров с замерами голоса операция должна повториться. Если кадры будут прибывать достаточно синхронно, то качество голоса может быть достаточно высоким. Однако, кадры в компьютерных сетях могут задерживаться как в конечных узлах (при ожидании доступа к разделяемой среде), так и в промежуточных коммуникационных устройствах - мостах, коммутаторах и маршрутизаторах. Поэтому качество голоса при передаче в цифровой форме через компьютерные сети обычно бывает невысоким. Для качественной передачи оцифрованных непрерывных сигналов - голоса, изображения - сегодня используют специальные цифровые сети, такие как ISDN, ATM, и сети цифрового телевидения. Тем не менее для передачи внутрикорпоративных телефонных разговоров сегодня характерны сети frame relay, задержки передачи кадров которых укладываются в допустимые пределы.

Асинхронная и синхронная передачи

При обмене данными достаточно обеспечить синхронизацию на битовом и кадровом уровне, - чтобы передатчик и приемник смогли обеспечить устойчивый обмен инф-цией. Однако при плохом качестве линии связи вводят дополнительные средства синхронизации на уровне байт.

Такой режим работы называется асинхронным или старт-стопным. Другой причиной использа-я этого режима является наличие устройств, которые генерируют байты данных в случайные моменты времени (клавиатура дисплея или другого терминального устр-ва, с к-рого человек вводит данные).

В асинхронном режиме каждый байт данных сопровождается специальными сигналами «старт» и «стоп» (рис. 2.20, а). Назначение этих сигналов: 1) известить приемник о приходе данных, 2) дать приемнику достаточно врем. для выполнения нек-рых функций, связанных с синхронизацией, до поступления след. байта. Сигнал «старт» имеет продолжительность в один тактовый интервал, а сигнал «стоп» может длиться один, полтора или два такта, поэтому говорят, что используется один, полтора или два бита в качестве стопового сигнала, хотя пользовательские биты эти сигналы не представляют.

Асинхронным описанный режим называется потому, что каждый байт может быть несколько смещен во времени относительно побитовых тактов предыдущего байта. Такая асинхронность передачи байт не влияет на корректность принимаемых данных, так как в начале каждого байта происходит дополнительная синхронизация приемника с источником за счет битов «старт».

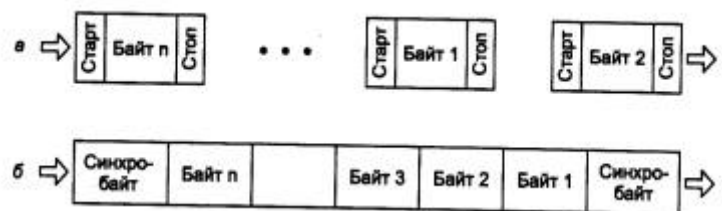


Рис. 2.20. Асинхронная (а) и синхронная (б) передачи на уровне байт

Более «свободные» временные допуски определяют низкую стоимость оборудования асинхронной системы.

При **синхронном режиме передачи старт-стопные биты между каждой парой байт отсутствуют.** Пользовательские данные собираются в кадр, который предваряется байтами синхронизации (рис. 2.20, б). **Байт синхронизации** - это байт, содержащий заранее известный код, напр. 0111110, который оповещает приемник о приходе кадра данных. При его получении приемник должен войти в байтовый синхронизм с передатчиком, то есть правильно понимать начало очередного байта кадра. Иногда применяется несколько синхробайт для обеспечения более надежной синхронизации приемника и передатчика. Так как при передаче длинного кадра у приемника могут появиться проблемы с синхронизацией бит, то в этом случае используются самосинхронизирующиеся коды.

Выводы к главе 2.2. (вопросы 5 - 9)

- При передаче дискретных данных по узкополосному каналу тональной частоты, используемому в телефонии, наиболее подходящими оказываются способы аналоговой модуляции, при которых несущая синусоида модулируется исходной последовательностью двоичных цифр. Эта операция осуществляется специальными устройствами - модемами.
- Для низкоскоростной передачи данных применяется изменение частоты несущей синусоиды. Более высокоскоростные модемы работают на комбинированных способах квадратурной амплитудной модуляции (QAM), для которой характерны 4 уровня амплитуды несущей синусоиды и 8 уровней фазы. Не все из возможных 32 сочетаний метода QAM используются для передачи данных, запрещенные сочетания позволяют распознавать искаженные данные на физическом уровне.
- На широкополосных каналах связи применяются потенциальные и импульсные методы кодирования, в которых данные представлены различными уровнями постоянного потенциала сигнала либо полярностями импульса или его фронта.
- При использовании потенциальных кодов особое значение приобретает задача синхронизации приемника с передатчиком, так как при передаче длинных последовательностей нулей или единиц сигнал на входе приемника не изменяется и приемнику сложно определить момент съема очередного бита данных.
- Наиболее простым потенциальным кодом является код без возвращения к нулю (NRZ), однако он не является самосинхронизирующимся и создает постоянную составляющую.
- Наиболее популярным импульсным кодом является манчестерский код, в котором информацию несет направление перепада сигнала в середине каждого такта. Манчестерский код применяется в технологиях Ethernet и Token Ring.
- Для улучшения свойств потенциального кода NRZ используются методы логического кодирования, исключающие длинные последовательности нулей. Эти методы основаны:
 - на введении избыточных бит в исходные данные (коды типа 4B/5B);
 - скремблировании исходных данных (коды типа 2B 1Q).
- Улучшенные потенциальные коды обладают более узким спектром, чем импульсные, поэтому они находят применение в высокоскоростных технологиях, таких как FDDI, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet.

10. Кабели связи. Характеристики кабелей связи, стандарты кабельной продукции.

Кабель - это изделие, состоящее из проводников, слоев экрана и изоляции. В некоторых случаях в состав кабеля входят разъемы. Кроме этого, для перекоммутации кабелей и оборудования используются различные электромеханические устройства (кроссовые секции, кроссовые коробки или шкафы).

Характеристики кабелей связи (электромагнитные характеристики).

- Затухание (Attenuation) измер. в дБ/м для определенной частоты или диапазона частот.
- Перекрестные наводки на ближнем конце (Near End Cross Talk, NEXT). Измеряются в дБ для определенной частоты сигнала.
- Импеданс (волновое сопротивление) - это полное (активное и реактивное) сопротивление в электрической цепи. Импеданс измеряется в Омах и является относительно постоянной величиной для кабельных систем (например, для коаксиальных кабелей, используемых в стандартах Ethernet, импеданс кабеля должен составлять 50 Ом). Для неэкранированной витой пары наиболее часто используемые значения импеданса - 100 и 120 Ом. В области высоких частот (100-200 МГц) импеданс зависит от частоты.
- Активное сопротивление - это сопротивление постоянному току в электрической цепи. В отличие от импеданса активное сопротивление не зависит от частоты и возрастает с увеличением длины кабеля.
- Емкость - это свойство металлических проводников накапливать энергию. Два электрических проводника в кабеле, разделенные диэлектриком, представляют собой конденсатор, способный накапливать заряд. Емкость является нежелательной величиной, поэтому следует стремиться к тому, чтобы она была как можно меньше (иногда применяют термин «паразитная емкость»). Высокое значение емкости в кабеле приводит к искажению сигнала и ограничивает полосу пропускания линии.
- Уровень внешнего электромагнитного излучения или электрический шум (ЭШ), мВ. ЭШ - это нежелательное переменное напряжение в проводнике. ЭШ бывает двух типов: фоновый и импульсный. ЭШ можно также разделить на низко-, средне- и высокочастотный. Источниками фонового ЭШ в диапазоне до 150 кГц являются линии электропередачи, телефоны и лампы дневного света; в диапазоне от 150 кГц до 20 МГц - компьютеры, принтеры, ксероксы; в диапазоне от 20 МГц до 1 ГГц - телевизионные и радиопередатчики, микроволновые печи. Основными источниками импульсного ЭШ являются моторы, переключатели и сварочные агрегаты. ЭШ измеряется в милливольтгах.
- Диаметр или площадь сечения проводника. Для медных проводников достаточно употребительной является американская система AWG (American Wire Gauge), которая вводит некоторые условные типы проводников, например 22 AWG, 24 AWG, 26 AWG. Чем больше номер типа проводника, тем меньше его диаметр. В вычислительных сетях наиболее употребительными являются типы проводников, приведенные выше в качестве примеров. В европейских и международных стандартах диаметр проводника указывается в миллиметрах.

Помимо электромагнитных хар-к есть ещё механические и конструктивные хар-ки, определяющие тип изоляции, конструкцию разъема и т. п. Существуют хар-ки, которые применимы только к определенному типу кабеля. Напр., параметр шаг скрутки проводов используется только для характеристики витой пары, а параметр NEXT применим только к многопарным кабелям на основе витой пары.

Стандарты определены для четырех типов кабеля:

- на основе неэкранированной витой пары,
- на основе экранированной витой пары,
- коаксиального
- волоконно-оптического кабелей

Стандарты кабелей:

- Американский стандарт EIA/TIA-568A
- Международный стандарт ISO/IEC 11801.
- Европейский стандарт EN50173.

Кроме этих открытых стандартов, многие компании в свое время разработали свои фирменные стандарты, из которых до сих пор имеет практическое значение только один - стандарт компании IBM.

При стандартизации кабелей принят протоколно-независимый подход. Это означает, что в стандарте оговариваются электрические, оптические и механические характеристики, которым должен удовлетворять тот или иной тип кабеля или соединительного изделия - разъема, кроссовой коробки и т. п. Однако для какого протокола предназначен данный кабель, стандарт не оговаривает. Поэтому нельзя приобрести кабель для протокола Ethernet или FDDI, нужно просто знать, какие типы стандартных кабелей поддерживают протоколы Ethernet и FDDI.

Выводы (альтернативный ответ на билет №10)

- В компьютерных сетях применяются кабели, удовлетворяющие определенным стандартам. Современными стандартами определяются характеристики не отдельного кабеля, а полного набора элементов, необходимого для создания кабельного соединения, например шнура от рабочей станции до розетки, самой розетки, основного кабеля, жесткого кроссового соединения и шнура до концентратора. Сегодня наиболее употребительными **стандартами** являются:
 - американский стандарт EIA/TIA-568A,
 - международный стандарт ISO/IEC 11801,
 - европейский стандарт EN50173,
 - а также фирменный стандарт компании IBM.
- Стандарты определены для четырех типов кабеля:
 - на основе неэкранированной витой пары,
 - на основе экранированной витой пары,
 - коаксиального и волоконно-оптического кабелей.
- Кабель на основе неэкранированной витой пары в зависимости от электрических и механических характеристик разделяется на 5 категорий.
 - Кабели *категории 1* применяются там, где требования к скорости передачи минимальны.
 - Главная особенность кабелей *категории 2* - способность передавать сигналы со спектром до 1 МГц.
 - Кабели *категории 3* широко распространены и предназначены как для передачи данных, так и для передачи голоса.
 - Кабели *категории 4* представляют собой несколько улучшенный вариант кабелей категории 3 и на практике используются редко.
 - Кабели *категории 5* были специально разработаны для поддержки высокоскоростных протоколов FDDI, Fast Ethernet, 100VG-AnyLAN, ATM и Gigabit Ethernet.
- Кабель на основе экранированной витой пары хорошо защищает передаваемые сигналы от внешних помех, а пользователей сетей - от вредного для здоровья излучения. Наличие заземляемого экрана удорожает кабель и усложняет его прокладку. Экранированный кабель применяется только для передачи данных. Основным стандартом, определяющим параметры экранированной витой пары, является фирменный стандарт IBM. В этом стандарте кабели делятся на типы: Type 1, Type 2,..., Type 9, из которых основным является кабель Type 1.
- Коаксиальные кабели существуют в большом количестве вариантов:
 - «толстый» коаксиальный кабель,
 - различные разновидности «тонкого» коаксиального кабеля, которые обладают худшими механическими и электрическими характеристиками по сравнению с «толстым» коаксиальным кабелем, зато за счет своей гибкости более удобны при монтаже, сюда же относится телевизионный кабель.
- Волоконно-оптические кабели обладают отличными электромагнитными и механическими характеристиками, недостаток их состоит в сложности и высокой стоимости монтажных работ.

Дополнительные сведения (вопр. №10)

Основное внимание в современных стандартах уделяется кабелям на основе витой пары и волоконно-оптическим кабелям.

1. Кабели на основе неэкранированной витой пары

Медный неэкранированный кабель **UTP** в зависимости от электрических и механических характеристик разделяется на 5 категорий (Category 1 - Category 5). Кабели категорий 1 и 2 были определены в стандарте EIA/TIA-568, но в стандарт 568A уже не вошли, как устаревшие.

Кабели категории 1 применяются там, где требования к скорости передачи минимальны. Обычно это кабель для цифровой и аналоговой передачи голоса и низкоскоростной (до 20 Кбит/с) передачи данных. До 1983 года это был основной тип кабеля для телефонной разводки.

Кабели категории 2 были впервые применены фирмой IBM при построении собственной кабельной системы. Главное требование к кабелям этой категории - способность передавать сигналы со спектром до 1 МГц.

Кабели категории 3 были стандартизованы в 1991 году, когда был разработан **Стандарт телекоммуникационных кабельных систем для коммерческих зданий** (EIA-568), на основе которого затем был создан действующий стандарт EIA-568A. Стандарт EIA-568 определил электрические характеристики кабелей категории 3 для частот в диапазоне до 16 МГц, поддерживающих, таким образом, высокоскоростные сетевые приложения. Кабель категории 3 предназначен как для передачи данных, так и для передачи голоса. Шаг скрутки проводов равен примерно 3 витка на 1 фут (30,5 см). Кабели категории 3 сейчас составляют основу многих кабельных систем зданий, в которых они используются для передачи и голоса, и данных.

Кабели категории 4 представляют собой несколько улучшенный вариант кабелей категории 3. Кабели категории 4 обязаны выдерживать тесты на частоте передачи сигнала 20 МГц и обеспечивать повышенную помехоустойчивость и низкие потери сигнала. Кабели категории 4 хорошо подходят для применения в системах с увеличенными расстояниями (до 135 метров) и в сетях Token Ring с пропускной способностью 16 Мбит/с. На практике используются редко.

Кабели категории 5 были специально разработаны для поддержки высокоскоростных протоколов. Поэтому их характеристики определяются в диапазоне до 100 МГц. Большинство новых высокоскоростных стандартов ориентируются на использование витой пары 5 категории. На этом кабеле работают протоколы со скоростью передачи данных 100 Мбит/с - FDDI (с физическим стандартом TP-PMD), Fast Ethernet, 100VG-AnyLAN, а также более скоростные протоколы - ATM на скорости 155 Мбит/с, и Gigabit Ethernet на скорости 1000 Мбит/с (вариант Gigabit Ethernet на витой паре категории 5 стал стандартом в июне 1999 г.). Кабель категории 5 пришел на замену кабелю категории 3, и сегодня все новые кабельные системы крупных зданий строятся именно на этом типе кабеля (в сочетании с волоконно-оптическим).

Наиболее важные электромагнитные хар-ки кабеля категории 5 имеют след. значения:

- полное волновое сопротивление в диапазоне частот до 100 МГц равно 100 Ом (стандарт ISO 11801 допускает также кабель с волновым сопротивлением 120 Ом);
- величина перекрестных наводок NEXT в зависимости от частоты сигнала должна принимать значения не менее 74 дБ на частоте 150 кГц и не менее 32 дБ на частоте 100 МГц;
- затухание имеет предельные значения от 0,8 дБ (на частоте 64 кГц) до 22 дБ (на частоте 100 МГц);
- активное сопротивление не должно превышать 9,4 Ом на 100 м;
- емкость кабеля не должна превышать 5,6 нФ на 100 м.

Все кабели UTP независимо от их категории выпускаются в 4-парном исполнении. Каждая из четырех пар кабеля имеет определенный цвет и шаг скрутки. Обычно две пары предназначены для передачи данных, а две - для передачи голоса.

Для соединения кабелей с оборудованием используются вилки и розетки RJ-45, представляющие 8-контактные разъемы, похожие на обычные телефонные разъемы. RJ-11.

Особое место занимают кабели категорий 6 и 7, которые промышленность начала выпускать сравнительно недавно. Для кабеля категории 6 характеристики определяются до частоты 200 МГц, а для кабелей категории 7 - до 600 МГц. Кабели категории 7 обязательно экранируются, причем как каждая пара, так и весь кабель в целом. Кабель категории 6 может быть как экранированным, так и неэкранированным. Основное назначение этих кабелей - поддержка высокоскоростных протоколов на отрезках кабеля большей длины, чем кабель UTP категории 5. Некоторые специалисты сомневаются в необходимости применения кабелей категории 7, так как стоимость кабельной системы при их использовании получается соизмеримой по стоимости сети с использованием волоконно-оптических кабелей, а характеристики кабелей на основе оптических волокон выше.

2. Кабели на основе экранированной витой пары

Экранированная витая пара **STP** хорошо защищает передаваемые сигналы от внешних помех, а также меньше излучает электромагнитных колебаний вонне, что защищает, в свою очередь, пользователей сетей от вредного для здоровья излучения. Наличие заземляемого экрана удорожает кабель и усложняет его прокладку, так как требует выполнения качественного заземления. Экранированный кабель применяется только для передачи данных, а голос по нему не передают.

Основным стандартом, определяющим параметры экранированной витой пары, является фирменный стандарт IBM. В этом стандарте кабели делятся не на категории, а на типы: **Type 1**, **Type 2**,..., **Type 9**.

Основным типом экранированного кабеля является кабель **Type 1** стандарта **IBM**. Он состоит из 2-х пар скрученных проводов, экранированных проводящей оплеткой, которая заземляется. Электрические параметры кабеля Type 1 примерно соответствуют параметрам кабеля UTP категории 5. Однако волновое сопротивление кабеля Type 1 равно 150 Ом (UTP категории 5 имеет волновое сопротивление 100 Ом), поэтому простое «улучшение» кабельной проводки сети путем замены неэкранированной пары UTP на STP Type 1 невозможно. Трансиверы, рассчитанные на работу с кабелем, имеющим волновое сопротивление 100 Ом, будут плохо работать на волновое сопротивление 150 Ом. Поэтому при использовании STP Type 1 необходимы соответствующие трансиверы. Такие трансиверы имеются в сетевых адаптерах Token Ring, так как эти сети разрабатывались для работы на экранированной витой паре. Некоторые другие стандарты также поддерживают кабель STP Type 1 - например, 100VG-AnyLAN, а также Fast Ethernet (хотя основным типом кабеля для Fast Ethernet является UTP категории 5). В случае если технология может использовать UTP и STP, нужно убедиться, на какой тип кабеля рассчитаны приобретаемые трансиверы. Сегодня кабель STP Type 1 включен в стандарты EIA/TIA-568A, ISO 11801 и EN50173, то есть приобрел международный статус.

Экранированные витые пары используются также в кабеле **IBM Type 2**, который представляет кабель Type 1 с добавленными 2 парами неэкранированного провода для передачи голоса.

Для присоединения экранированных кабелей к оборудованию используются разъемы конструкции IBM.

Не все типы кабелей стандарта IBM относятся к экранированным кабелям - некоторые определяют характеристики неэкранированного телефонного кабеля (Type 3) и оптоволоконного кабеля (Type 5).

3. Коаксиальные кабели

Существует большое количество типов коаксиальных кабелей, используемых в сетях различного типа - телефонных, телевизионных и компьютерных. Ниже приводятся основные типы и характеристики этих кабелей.

- **RG-8** и **RG-11** - «толстый» коаксиальный кабель, разработанный для сетей Ethernet 10Base-5. Имеет волновое сопротивление 50 Ом и внешний диаметр 0,5 дюйма (около 12 мм). Этот кабель имеет достаточно толстый внутренний проводник диаметром 2,17 мм, который обеспечивает хорошие механические и электрические характеристики (затухание на частоте 10 МГц - не хуже 18 дБ/км). Зато этот кабель сложно монтировать - он плохо гнется.
- **RG-58/U**, **RG-58 A/U** и **RG-58 C/U** - разновидности «тонкого» коаксиального кабеля для сетей Ethernet 10Base-2. Кабель RG-58/U имеет сплошной внутренний проводник, а кабель RG-58 A/U - многожильный. Кабель RG-58 C/U проходит «военную приемку». Все эти разновидности кабеля имеют волновое сопротивление 50 Ом, но обладают худшими механическими и электрическими характеристиками по сравнению с «толстым» коаксиальным кабелем. Тонкий внутренний проводник 0,89 мм не так прочен, зато обладает гораздо большей гибкостью, удобной при монтаже. Затухание в этом типе кабеля выше, чем в «толстом» коаксиальном кабеле, что приводит к необходимости уменьшать длину кабеля для получения одинакового затухания в сегменте. Для соединения кабелей с оборудованием используется разъем типа BNC.
- **RG-59** - телевизионный кабель с волновым сопротивлением 75 Ом. Широко применяется в кабельном телевидении.
- **RG-62** - кабель с волновым сопротивлением 93 Ома, использовался в сетях ArcNet, оборудование которых сегодня практически не выпускается. Коаксиальные кабели с волновым сопротивлением 50 Ом (то есть «тонкий» и «толстый») описаны в стандарте EIA/TIA-568. Новый стандарт EIA/TIA-568A коаксиальные кабели не описывает, как морально устаревшие.

4. Волоконно-оптические кабели

Волоконно-оптические кабели состоят из центрального проводника света (сердцевины) - стеклянного волокна, окруженного другим слоем стекла - оболочкой, обладающей меньшим показателем преломления, чем сердцевина. Распространяясь по сердцевине, лучи света не выходят за ее пределы, отражаясь от покрывающего слоя оболочки. В зависимости от распределения показателя преломления и от величины диаметра сердечника различают:

- многомодовое волокно со ступенчатым изменением показателя преломления (рис. 2.11, а);
- многомодовое волокно с плавным изменением показателя преломления (рис. 2.11,б);
- одномодовое волокно (рис. 2.11, в).

Понятие «мода» описывает режим распространения световых лучей во внутреннем сердечнике кабеля. В одномодовом кабеле (Single Mode Fiber, SMF) используется центральный проводник очень малого диаметра, соизмеримого с длиной волны света - от 5 до 10 мкм. При этом практически все лучи света распространяются вдоль оптической оси световода, не отражаясь от внешнего проводника. Полоса пропускания одномодового кабеля очень широкая - до сотен гигагерц на километр. Изготовление тонких качественных волокон для одномодового кабеля представляет сложный технологический процесс, что делает одномодовый кабель достаточно дорогим. Кроме того, в волокно такого маленького диаметра достаточно сложно направить пучок света, не потеряв при этом значительную часть его энергии.

В многомодовых кабелях (Multi Mode Fiber, MMF) используются более широкие внутренние сердечники, которые легче изготовить технологически. В стандартах определены два наиболее употребительных многомодовых кабеля: 62,5/125 мкм и 50/125 мкм, где 62,5 мкм или 50 мкм - это диаметр центрального проводника, а 125 мкм - диаметр внешнего проводника.

В многомодовых кабелях во внутреннем проводнике одновременно существует несколько световых лучей, отражающихся от внешнего проводника под разными углами. Угол отражения луча называется модой луча. В многомодовых кабелях с плавным изменением коэффициента преломления режим распространения каждой моды имеет более сложный характер.

Многомодовые кабели имеют более узкую полосу пропускания - от 500 до 800 МГц/км. Сужение полосы происходит из-за потерь световой энергии при отражениях, а также из-за интерференции лучей разных мод.

В качестве источников излучения света в волоконно-оптических кабелях применяются:

- светодиоды;
- полупроводниковые лазеры.

Для одномодовых кабелей применяются только полупроводниковые лазеры, так как при таком малом диаметре оптического волокна световой поток, создаваемый светодиодом, невозможно без больших потерь направить в волокно. Для многомодовых кабелей используются более дешевые светодиодные излучатели.

Для передачи информации применяется свет с длиной волны 1550 нм (1,55 мкм), 1300 нм (1,3 мкм) и 850 нм (0,85 мкм). Светодиоды могут излучать свет с длиной волны 850 нм и 1300 нм. Излучатели с длиной волны 850 нм существенно дешевле, чем излучатели с длиной волны 1300 нм, но полоса пропускания кабеля для волн 850 нм уже, например 200 МГц/км вместо 500 МГц/км.

Лазерные излучатели работают на длинах волн 1300 и 1550 нм. Быстродействие современных лазеров позволяет модулировать световой поток с частотами 10 ГГц и выше. Лазерные излучатели создают когерентный поток света, за счет чего потери в оптических волокнах становятся меньше, чем при использовании некогерентного потока светодиодов.

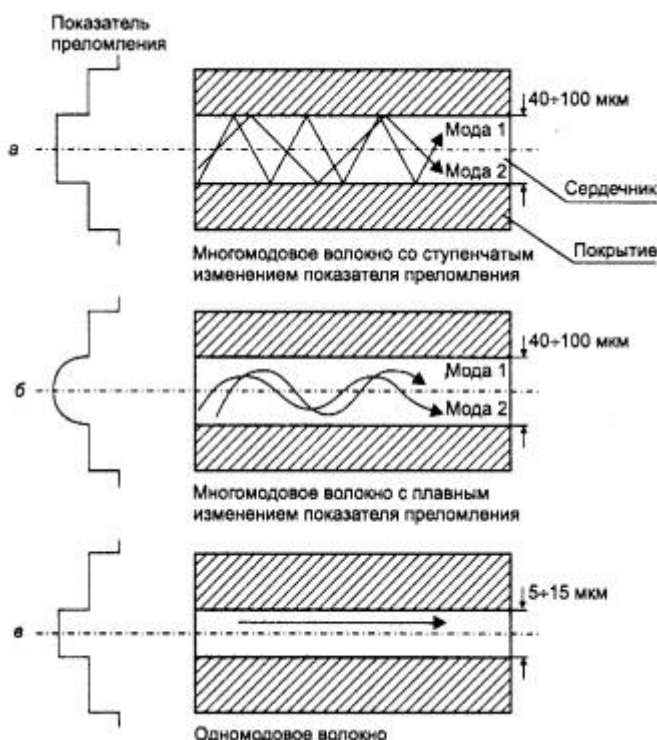


Рис. 2.11. Типы оптического кабеля

Вопросы к экзамену по курсу Распределенные Вычислительные Сети

Использование только нескольких длин волн для передачи информации в оптических волокнах связано с особенностью их амплитудно-частотной характеристики. Именно для этих дискретных длин волн наблюдаются ярко выраженные максимумы передачи мощности сигнала, а для других волн затухание в волокнах существенно выше.

Волоконно-оптические кабели присоединяют к оборудованию разъемами MIC, ST и SC.

Волоконно-оптические кабели обладают отличными характеристиками всех типов: электромагнитными, механическими (хорошо гнутся, а в соответствующей изоляции обладают хорошей механической прочностью). Однако у них есть один серьезный недостаток - сложность соединения волокон с разъемами и между собой при необходимости наращивания длины кабеля.

Сама стоимость волоконно-оптических кабелей ненамного превышает стоимость кабелей на витой паре, однако проведение монтажных работ с оптоволоконном обходится намного дороже из-за трудоемкости операций и высокой стоимости применяемого монтажного оборудования. Так, присоединение оптического волокна к разъему требует проведения высокоточной обрезки волокна в плоскости строго перпендикулярной оси волокна, а также выполнения соединения путем сложной операции склеивания, а не обжатия, как это делается для витой пары. Выполнение же некачественных соединений сразу резко сужает полосу пропускания волоконно-оптических кабелей и линий.

11. Структурированные кабельные сети (системы)

Структурированная кабельная система

(Structured Cabling System, SCS) – это:

- набор коммутационных элементов (кабелей, разъемов, коннекторов, кроссовых панелей и шкафов),
- а также методика их совместного использования, которая позволяет создавать регулярные, легко расширяемые структуры связей в вычислительных сетях.

Структурированная кабельная система (далее SCS) представляет своего рода «конструктор», с помощью которого проектировщик сети строит нужную ему конфигурацию из стандартных кабелей, соединенных стандартными разъемами и коммутируемых на стандартных кроссовых панелях. При необходимости конфигурацию связей можно легко изменить - добавить компьютер, сегмент, коммутатор, изъять ненужное оборудование, а также поменять соединения между компьютерами и концентраторами.

При построении SCS подразумевается, что каждое рабочее место на предприятии должно быть оснащено розетками для подключения телефона и компьютера. То есть хорошая SCS строится избыточной.

Кабели, представляющие собой набор витых пар, прокладываются в каждом здании, разводятся между этажами, на каждом этаже используется специальный кроссовый шкаф, от которого провода в трубах и коробах подводятся к каждой комнате и разводятся по розеткам.

SCS планируется и строится иерархически, с главной магистралью и многочисленными ответвлениями от нее (рис. 4.1).

Типичная иерархическая структура SCS (рис. 4.2) включает:

- **Горизонтальная подсистема** (в пределах этажа) соединяет кроссовый шкаф этажа с розетками пользователей. Подсистемы этого типа соответствуют этажам здания.
- **Вертикальная подсистема** (внутри здания); соединяет кроссовые шкафы каждого этажа с центральной аппаратной здания.
- **Подсистема кампуса** (в пределах одной территории с несколькими зданиями) соединяет неск. зданий с главной аппаратной всего кампуса. Эта часть каб. сист. обычно называется магистралью (**backbone**).

Зачем это нужно:

При построении больших сетей возникают различные ограничения:

- огр. на длину связи между узлами;
- огр. на кол-во узлов в сети;
- огр. на интенсивность трафика, порождаемого узлами 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

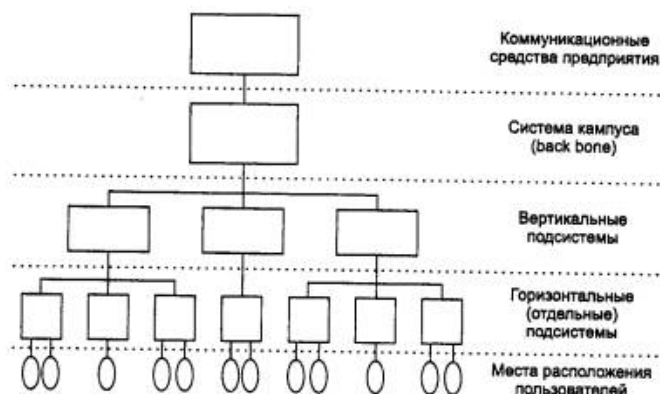


Рис. 4.1. Иерархия структурированной кабельной системы

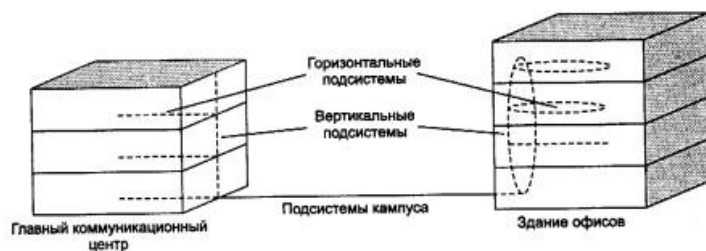


Рис. 4.2. Структура кабельных подсистем

Преимущества использования SCS (коротко):

- Универсальность.
- Увеличение срока службы.
- Уменьшение стоимости добавления новых пользователей и изменения их мест размещения.
- Возможность легкого расширения сети.
- Обеспечение более эффективного обслуживания.
- Надежность.

Подробнее см. на след. Стр.

Преимущества использования SCS (подробно):

- Универсальность. (единая среда для передачи комп. данных в лок. выч. сети, лок. телеф. сети, передачи видеоинф., сигналов от датчиков пож. безоп. или охр. систем позволяет автоматизировать многие процессы контроля, мониторинга и управления хоз. службами и системами жизнеобеспечения предприятия).
- Увеличение срока службы. (Срок морального старения SCS. – 10-15 лет.)
- Уменьшение стоимости добавления новых пользователей и изменения их мест размещения. (более выгодно провести однократную работу по прокладке кабеля, возможно, с большим запасом по длине, чем несколько раз выполнять прокладку, наращивая длину кабеля.)
- Возможность легкого расширения сети. SCS является модульной, поэтому ее легко расширять. (к магистрали можно добавить новую подсеть, не оказывая никакого влияния на существующие подсети. Можно заменить в отдельной подсети тип кабеля независимо от остальной части сети. SCS является основой для деления сети на легко управляемые логические сегменты, так как она сама уже разделена на физические сегменты).
- Обеспечение более эффективного обслуживания. SCS облегчает обслуживание и поиск неисправностей по сравнению с шинной кабельной системой. При шинной организации кабельной системы отказ одного из устройств или соединительных элементов приводит к трудно локализуемому отказу всей сети. В SCS отказ одного сегмента не действует на другие, так как объединение сегментов осуществляется с помощью концентраторов. Концентраторы диагностируют и локализуют неисправный участок.
- Надежность. SCS имеет повышенную надежность, поскольку производитель такой системы гарантирует не только качество ее отдельных компонентов, но и их совместимость.

Первой структурированной кабельной системой, имеющей все современные черты такого типа систем, была система SYSTIMAX SCS компании Lucent Technologies (ранее - подразделение AT&T). И сегодня компании Lucent Technologies принадлежит основная доля мирового рынка. Многие другие компании также выпускают качественные структурированные кабельные системы, например AMP, BICC Brand-Rex, Siemens, Alcatel, MOD-TAP. На российском рынке успешно завоевывает себе место под солнцем отечественная структурированная кабельная система АйТи-КСК московской компании «АйТи».

ВЫВОДЫ к главе 4.1 (альтернативный ответ на билет)

- Кабельная система составляет фундамент любой компьютерной сети. От ее качества зависят все основные свойства сети.
- Структурированная кабельная система представляет собой набор коммуникационных элементов - кабелей, разъемов, коннекторов, кроссовых панелей и шкафов, которые удовлетворяют стандартам и позволяют создавать регулярные, легко расширяемые структуры связей.
- Структурированная кабельная система состоит из трех подсистем:
 - горизонтальной (в пределах этажа),
 - вертикальной (между этажами)
 - и подсистемы кампуса (в пределах одной территории с несколькими зданиями).
- Для горизонтальной подсистемы характерно наличие большого количества ответвлений и перекрестных связей. Наиболее подходящий тип кабеля - неэкранированная витая пара категории 5.
- Вертикальная подсистема состоит из более протяженных отрезков кабеля, количество ответвлений намного меньше, чем в горизонтальной подсистеме. Предпочтительный тип кабеля - волоконно-оптический.
- Для подсистемы кампуса характерна нерегулярная структура связей с центральным зданием. Предпочтительный тип кабеля - волоконно-оптический в специальной изоляции.

Кабельная система здания строится избыточной, так как стоимость последующего расширения кабельной системы превосходит стоимость установки избыточных элементов

12. Проблемы совместного использования линий связи. Мультиплексирование и демультиплексирование. TDM и цифровая телефония.

При совместном использовании линий связи (далее ЛС) возникает комплекс проблем, к-рый вкл.:

- чисто электрические проблемы;
- логические проблемы разделения во врем. доступа.

Для реш. этих и др. проблем, наряду с разл. методами используют методы коммутации

Существуют три принципиально различные схемы коммутации абонентов в сетях:

- **коммутация каналов** (circuit switching),
- **коммутация пакетов** (packet switching)
- **коммутация сообщений** (message switching).

Коммутация каналов подразумевает образование непрерывного составного физ. канала из последовательно соединенных отдельных канальных участков для прямой передачи данных между узлами. Отдельные каналы соединяются между собой специальной аппаратурой - **коммутаторами**, которые могут устанавливать связи между любыми конечными узлами сети.

Коммутаторы, а также соединяющие их каналы должны обеспечивать одновременную передачу данных нескольких абонентских каналов. Для этого они должны быть высокоскоростными и поддерживать какую-либо **технику мультиплексирования** абонентских каналов.

В настоящее время для мультиплексирования абонентских каналов используются две техники:

- **техника частотного мультиплексирования** (Frequency Division Multiplexing, **FDM**); разрабатывалась в расчете на передачу непрер. сигналов (голос).
- **техника мультиплексирования с разделением времени** (Time Division Multiplexing, **TDM**). Эта новая техника мультиплексирования, ориентирующаяся на дискретный характер передаваемых данных, была разработана, при переходе к цифр. форме представления голоса

Аппаратура TDM-сетей - мультиплексоры, коммутаторы, демультиплексоры - работает в режиме разделения времени, поочередно обслуживая в теч. цикла своей работы все абонентские каналы. Цикл работы оборудования TDM равен 125 мкс, что соответствует периоду следования замеров голоса в цифровом абонентском канале. Это значит, что мультиплексор или коммутатор успевает вовремя обслужить любой абонентский канал и передать его очередной замер далее по сети. Каждому соединению выделяется один квант времени цикла работы аппаратуры, называемый также **тайм-слотом**. Длительность тайм-слота зависит от числа абонентских каналов, обслуживаемых мультиплексором TDM или коммутатором.

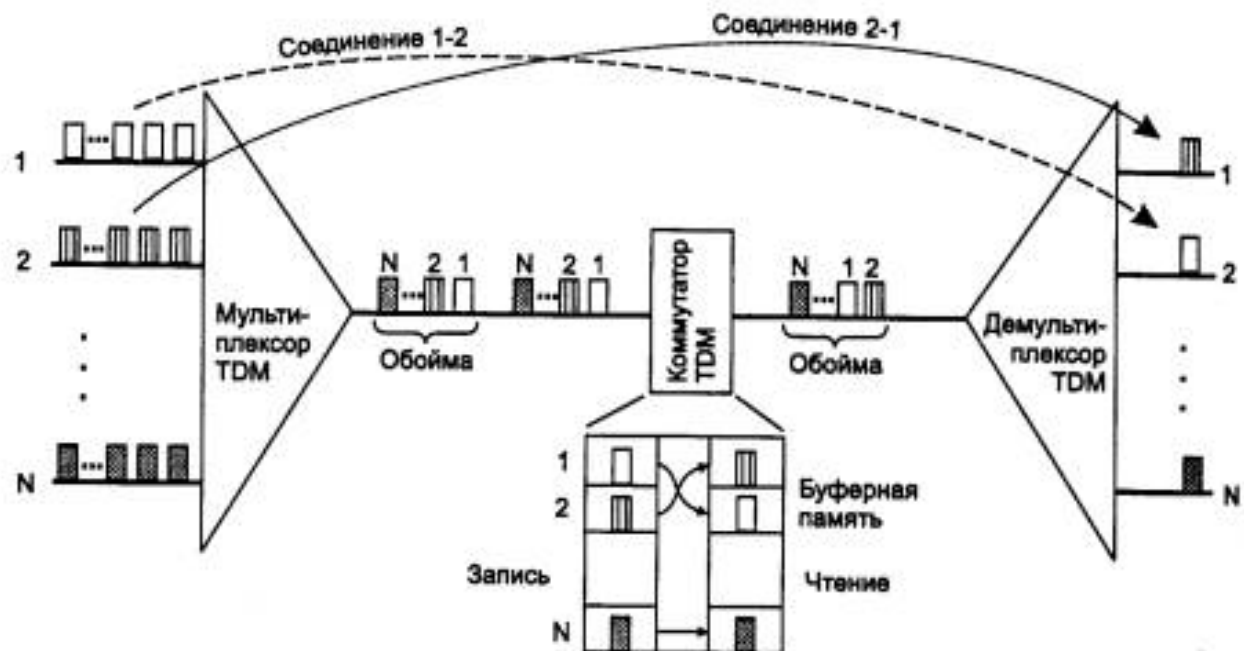


Рис. 2.28. Коммутация на основе разделения канала во времени

Мультиплексор принимает инф-цию по N входным каналам от конечных абонентов, каждый из которых передает данные по абонентскому каналу со скоростью 64 Кбит/с - 1 байт каждые 125 мкс. В каждом цикле мультиплексор выполняет следующие действия:

- прием от каждого канала очередного байта данных;
- составление из принятых байтов уплотненного кадра, называемого также обоймой;
- передача уплотненного кадра на выходной канал с битовой скоростью, равной $N \cdot 64$ Кбит/с.

Порядок байт в обойме соответствует номеру входного канала, от которого этот байт получен. Количество обслуживаемых мультиплексором абонентских каналов зависит от его быстродействия. Например, мультиплексор T1, представляющий собой первый промышленный мультиплексор, работавший по технологии TDM, поддерживает 24 входных абонентских канала, создавая на выходе обоймы стандарта T1, передаваемые с битовой скоростью 1,544 Мбит/с.

Демультимплексор выполняет обратную задачу - он разбирает байты уплотненного кадра и распределяет их по своим нескольким выходным каналам, при этом он считает, что порядковый номер байта в обойме соответствует номеру выходного канала.

Коммутатор принимает уплотненный кадр по скоростному каналу от мультиплексора и записывает каждый байт из него в отдельную ячейку своей буферной памяти, причем в том порядке, в котором эти байты были упакованы в уплотненный кадр. Для выполнения операции коммутации байты извлекаются из буферной памяти не в порядке поступления, а в таком порядке, который соответствует поддерживаемым в сети соединениям абонентов. Так, например, если первый абонент левой части сети рис. 2.28 должен соединиться со вторым абонентом в правой части сети, то байт, записанный в первую ячейку буферной памяти, будет извлекаться из нее вторым. «Перемешивая» нужным образом байты в обойме, коммутатор обеспечивает соединение конечных абонентов в сети.

Однажды выделенный номер тайм-слота остается в распоряжении соединения «входной канал-выходной слот» в течение всего времени существования этого соединения, даже если передаваемый трафик является пульсирующим и не всегда требует захваченного количества тайм-слотов. Это означает, что соединение в сети TDM всегда обладает известной и фиксированной пропускной способностью, кратной 64 Кбит/с.

Сети, использующие технику TDM, требуют синхронной работы всего оборудования, что и определило второе название этой техники - синхронный режим передач (STM). Нарушение синхронности разрушает требуемую коммутацию абонентов, так как при этом теряется адресная информация..

ВЫВОДЫ к главе 2.4 (альтернативный ответ на билет 12)

- В сетях для соединения абонентов используются три метода коммутации: коммутация каналов, коммутация пакетов и коммутация сообщений.
- Как коммутация каналов, так и коммутация пакетов может быть либо динамической, либо постоянной.
- В сетях с коммутацией каналов абонентов соединяет составной канал, образуемый коммутаторами сети по запросу одного из абонентов.
- Для совместного разделения каналов между коммутаторами сети несколькими абонентскими каналами используются две технологии: частотного разделения канала (FDM) и разделения канала во времени (TDM). Частотное разделение характерно для аналоговой модуляции сигналов, а временное - для цифрового кодирования.
- Сети с коммутацией каналов хорошо коммутируют потоки данных постоянной интенсивности, например потоки данных, создаваемые разговаривающими по телефону собеседниками, но не могут перераспределять пропускную способность магистральных каналов между потоками абонентских каналов динамически.

13. Сети с коммутацией каналов и сети с коммутацией пакетов. Основные отличия и характеристики. Применения и примеры сетей с различными способами коммутации.

Существуют три принципиально различные схемы коммутации абонентов в сетях:

- **коммутация каналов** (circuit switching),
- **коммутация пакетов** (packet switching)
- **коммутация сообщений** (message switching).

Каждая из этих схем имеет свои «+» и «-», но по долгосрочным прогнозам будущее принадлежит технологии коммутации пакетов, как более гибкой и универсальной.

Как сети с коммутацией пакетов, так и сети с Коммутацией каналов можно разделить на два класса по другому признаку:

- на сети с динамической коммутацией (соединение по инициативе пользователя на время сеанса связи)
- и сети с постоянной коммутацией. (сеть разрешает паре пользователей заказать соединение на длительный период времени, соединение устанавливается персоналом, обслуживающим сеть)

Примерами сетей, поддерживающих режим динамической коммутации, являются телефонные сети общего пользования, локальные сети, сети TCP/IP

Некоторые типы сетей поддерживают оба режима работы. Например, сети X.25 и ATM
Коммутация каналов подразумевает образование непрерывного составного физ. канала из последовательно соединенных отдельных канальных участков для прямой передачи данных между узлами. Подразделяется на **FDM** и **TDM**

Общие свойства сетей с коммутацией каналов (FDM и TDM):

Если соединение установлено, то ему выделяется фиксированная полоса частот в FDM-сетях или же фиксированная пропускная способность в TDM-сетях. Эти величины остаются неизменными в течение всего периода соединения. Т.е.

+ гарантированная пропускная способность является важным свойством, необходимым для таких приложений, как передача голоса, изображения или управления объектами в реальном масштабе времени.

- Однако динамически изменять пропускную способность канала по требованию абонента сети с коммутацией каналов не могут, что делает их неэффективными в условиях пульсирующего трафика.

- невозможность применения пользовательской аппаратуры, работающей с разной скоростью, так как сети с коммутацией каналов не буферизуют данные пользователей.

+ Сети с коммутацией каналов хорошо приспособлены для коммутации потоков данных постоянной скорости, когда единицей коммутации является не отдельный байт или пакет данных, а долговременный синхронный поток данных между двумя абонентами

Коммутация пакетов - все передаваемые пользователем сети сообщения разбиваются в исходном узле на сравнительно небольшие части, называемые пакетами (была спец. разработана для эфф. передачи компьютерного трафика). Каждый пакет снабжается заголовком, в котором указывается адресная информация, необходимая для доставки пакета узлу назначения, а также номер пакета, который будет использоваться узлом назначения для сборки сообщения.

Пакеты транспортируются в сети как независимые информационные блоки.

Коммутаторы сети принимают пакеты от конечных узлов и на основании адресной информации передают их друг другу, а в конечном итоге - узлу назначения

Коммутаторы пакетной сети отличаются

от коммутаторов каналов тем, что они имеют внутреннюю буферную память для временного хранения пакетов, если выходной порт коммутатора в момент принятия пакета занят передачей другого пакета (рис. 2.30). В этом случае пакет находится некоторое время в очереди



Рис. 2.29. Разбиение сообщения на пакеты



Рис. 2.30. Сглаживание пульсаций трафика в сети с коммутацией пакетов

пакетов в буферной памяти выходного порта, а когда до него дойдет очередь, то он передается следующему коммутатору. Такая схема передачи данных позволяет сглаживать пульсации трафика на магистральных связях между коммутаторами и тем самым использовать их наиболее эффективным образом для повышения пропускной способности сети в целом

Одним из отличий метода коммутации пакетов от метода коммутации каналов является неопределенность пропускной способности соединения между двумя абонентами. В методе коммутации каналов после образования составного канала пропускная способность сети при передаче данных между конечными узлами известна - это пропускная способность канала.

процесс передачи для определенной пары абонентов в сети с коммутацией пакетов является более медленным, чем в сети с коммутацией каналов.

Неопределенная пропускная способность сети с коммутацией пакетов - это плата за ее общую эффективность при некотором ущемлении интересов отдельных абонентов.

На эффективность работы сети существенно влияют размеры пакетов, которые передает сеть. Слишком большие размеры пакетов приближают сеть с коммутацией пакетов к сети с коммутацией каналов, поэтому эффективность сети при этом падает. Слишком маленькие пакеты заметно увеличивают долю служебной информации, так как каждый пакет несет с собой заголовок фиксированной длины, а количество пакетов, на которые разбиваются сообщения, будет резко расти при уменьшении размера пакета. Существует некоторая золотая середина, которая обеспечивает максимальную эффективность работы сети, однако ее трудно определить точно, так как она зависит от многих факторов, некоторые из них к тому же постоянно меняются в процессе работы сети.

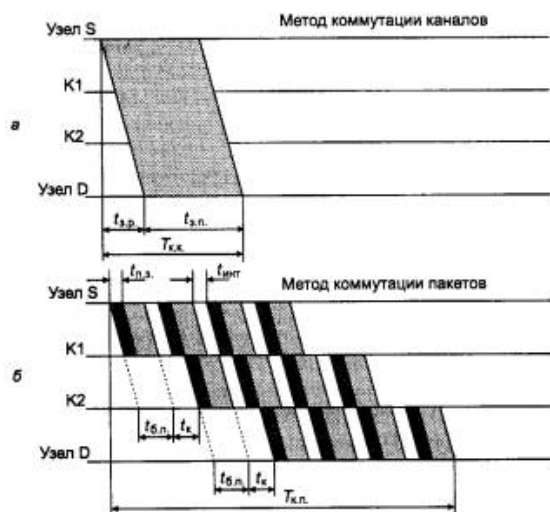


Рис. 2.31. Задержки передачи данных в сетях с коммутацией каналов и пакетов

ВЫВОДЫ к главе 2.4 (альтернативный ответ на билет)

- В сетях для соединения абонентов используются три метода коммутации: коммутация каналов, коммутация пакетов и коммутация сообщений.
- Сети с коммутацией каналов хорошо коммутируют потоки данных постоянной интенсивности, например потоки данных, создаваемые разговаривающими по телефону собеседниками, но не могут перераспределять пропускную способность магистральных каналов между потоками абонентских каналов динамически.
- Сети с коммутацией пакетов были специально разработаны для эффективной передачи пульсирующего компьютерного трафика. Буферизация пакетов разных абонентов в коммутаторах позволяет сгладить неравномерности интенсивности трафика каждого абонента и равномерно загрузить каналы связи между коммутаторами.
- Сети с коммутацией пакетов эффективно работают в том отношении, что объем передаваемых данных от всех абонентов сети в единицу времени больше, чем при использовании сети с коммутацией каналов. Однако для каждой пары абонентов пропускная способность сети может оказаться ниже, чем у сети с коммутацией каналов, за счет очередей пакетов в коммутаторах.
- Сети с коммутацией пакетов могут работать в одном из двух режимов: дейтаграммном режиме или режиме виртуальных каналов.
- Размер пакета существенно влияет на производительность сети. Обычно пакеты в сетях имеют максимальный размер в 1-4 Кбайт.
- Коммутация сообщений предназначена для организации взаимодействия пользователей в режиме off-line, когда не ожидается немедленной реакции на сообщение. При этом методе коммутации сообщение передается через несколько транзитных компьютеров, где оно целиком буферизуется на диске.

14. Методы доступа к среде передачи и их применение в локальных сетях ЭВМ.

Локальные вычислительные сети (ЛВС) – группа компьютеров, сосредоточенная на небольшой территории, объединенная одним или несколькими высокоскоростными каналами передачи данных, общем случае, коммуникационная система, принадлежащая одной организации.

Метод доступа регулирует доступ узлов к кабелю (среде передачи) и определяет порядок, по которому узлы получают право доступа к среде.

Методы доступа:

Централизованные. Управление обменом сосредоточенно в одном месте.

- 1. Неустойчивость к отказам центра
- 2. Малая гибкость управления (центр обычно не может оперативно реагировать на все события в сети).

+ 1. Отсутствие конфликтов.

+ 2. Простота реализации.

Децентрализованные. Вопросами управления, в т.ч. разрешением конфликтов, занимаются все абоненты сети.

+ Высокая устойчивость к отказам и большая гибкость.

Случайные. Случайное чередование передающих абонентов. Возможны конфликты, но предполагаются способы их разрешений.

- Плохо работают при больших информационных потоках и не гарантируют абоненту величину времени доступа.

+ Более устойчивы к отказам сетевого оборудования и более эффективно используют сеть при малой интенсивности обмена.

Основные принципы:

1. Слушай, прежде чем говорить

2. Слушай пока говоришь.

Пример: CSMA/CD (сеть Ethernet)

Детерминированные. Определяют четкие правила, по которым чередуются захватывающие сеть абоненты. Имеется систему приоритетов, причем приоритеты эти различны для всех абонентов.

+ Конфликты полностью исключены (или маловероятны).

Пример: Маркерный доступ (сети Token-Ring, FDDI). Право передачи имеет сетевое устройство владеющее специальным сообщением (маркером).

Комбинированные.

Были разработаны теоретически, но на практике не применяются.

(альтернативный ответ на билет №14)

Для упрощения и, соответственно, удешевления аппаратных и программных решений разработчики **первых локальных сетей** остановились на совместном использовании кабелей всеми компьютерами сети в режиме разделения времени, то есть режиме TDM. Наиболее явным образом режим совместного использования кабеля проявляется в классических сетях Ethernet, где коаксиальный кабель физически представляет собой неделимый отрезок кабеля, общий для всех узлов сети. Но и в сетях Token Ring и FDDI, где каждая соседняя пара компьютеров соединена, казалось бы, своими индивидуальными отрезками кабеля с концентратором, эти отрезки не могут использоваться компьютерами, которые непосредственно к ним подключены, в произвольный момент времени. Эти отрезки образуют логическое кольцо, доступ к которому как к единому целому может быть получен только по вполне определенному алгоритму, в котором участвуют все компьютеры сети. Использование кольца как общего разделяемого ресурса упрощает алгоритмы передачи по нему кадров, так как в каждый конкретный момент времени кольцо занято только одним компьютером.

Метод доступа CSMA/CD

В сетях Ethernet используется **метод доступа к среде передачи данных**, называемый **методом коллективного доступа с опознаванием несущей и обнаружением коллизий** (carrier-sense-multiply-access with collision detection, CSMA/CD).

Этот метод применяется исключительно в сетях с логической общей шиной (к которым относятся и радиосети, породившие этот метод). Все компьютеры такой сети имеют непосредственный доступ к общей шине, поэтому она может быть использована для передачи данных между любыми двумя узлами сети. Одновременно все

компьютеры сети имеют возможность немедленно (с учетом задержки распространения сигнала по физической среде) получить данные, которые любой из компьютеров начал передавать на общую шину (рис. 3.3). Простота схемы подключения - это один из факторов, определивших успех стандарта Ethernet. Говорят, что кабель, к которому подключены все станции, работает в режиме коллективного доступа (Multiply Access, MA).

Почти все виды технологий Ethernet используют один и тот же метод разделения среды передачи данных - метод случайного доступа CSMA/CD, который определяет облик технологии в целом.

Важным явлением в сетях Ethernet является **коллизия** - ситуация, когда две станции одновременно пытаются передать кадр данных по общей среде. Наличие коллизий - это неотъемлемое свойство сетей Ethernet, являющееся следствием принятого случайного метода доступа. Возможность четкого распознавания коллизий обусловлена правильным выбором параметров сети, в частности соблюдением соотношения между минимальной длиной кадра и максимально возможным диаметром сети.

Чтобы корректно обработать коллизию, все станции одновременно наблюдают за возникающими на кабеле сигналами. Если передаваемые и наблюдаемые сигналы отличаются, то фиксируется обнаружение коллизии (collision detection, CD). Для увеличения вероятности скорейшего обнаружения коллизии всеми станциями сети станция, которая обнаружила коллизию, прерывает передачу своего кадра (в произвольном месте, возможно, и не на границе байта) и усиливает ситуацию коллизии посылкой в сеть специальной последовательности из 32 бит, называемой jam-последовательностью. После этого обнаружившая коллизию передающая станция обязана прекратить передачу и сделать паузу в течение короткого случайного интервала времени. Затем она может снова предпринять попытку захвата среды и передачи кадра



Рис. 3.3. Метод случайного доступа CSMA/CD

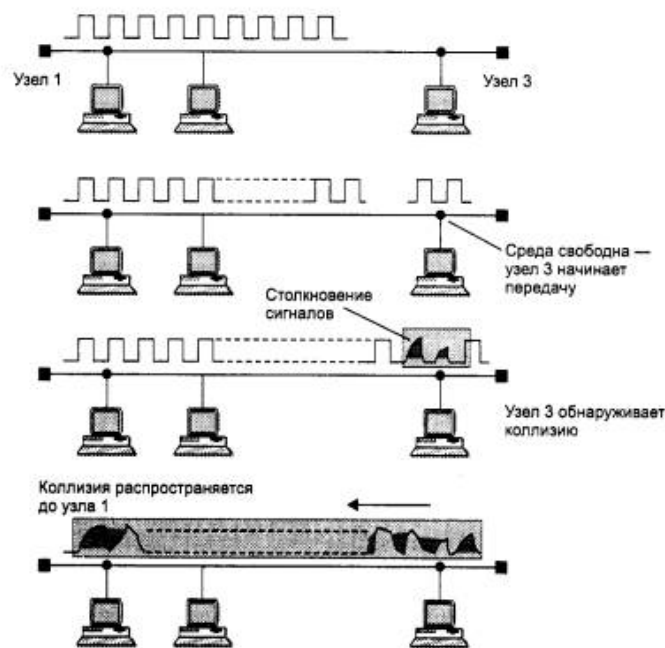


Рис. 3.4. Схема возникновения и распространения коллизии

15. Сетевые топологии физического уровня и их связь с методами доступа к среде.

Топология физических связей

Под **топологией** вычислительной сети понимается конфигурация графа, вершинам которого соответствуют компьютеры сети (иногда и другое оборудование, например концентраторы), а ребрам - физические связи между ними. Компьютеры, подключенные к сети, часто называют станциями или узлами сети

Конфигурация физических связей определяется электрическими соединениями компьютеров между собой и может отличаться от конфигурации логических связей между узлами сети. Логические связи представляют собой маршруты передачи данных между узлами сети и образуются путем соответствующей настройки коммуникационного оборудования.

Выбор топологии электрических связей существенно влияет на многие характеристики сети.

Полносвязная топология (рис. 1.10, а) соответствует сети, в которой каждый компьютер сети связан со всеми остальными. Для каждой пары компьютеров должна быть выделена отдельная электрическая линия связи.

Ячеистая топология (mesh) получается из полносвязной путем удаления некоторых возможных связей (рис. 1.10, б). В сети с ячеистой топологией непосредственно связываются только те компьютеры, между которыми происходит интенсивный обмен данными, а для обмена данными между компьютерами, не соединенными прямыми связями, используются транзитные передачи через промежуточные узлы.

Ячеистая топология допускает соединение большого количества компьютеров и характерна, как правило, для глобальных сетей.

Общая шина (рис. 1.10, в) является очень распространенной (а до недавнего времени самой распространенной) топологией для локальных сетей. В этом случае компьютеры подключаются к одному коаксиальному кабелю по схеме «монтажного ИЛИ». Передаваемая информация может распространяться в обе стороны.

Основными преимуществами такой схемы являются дешевизна и простота разводки кабеля по помещениям. Самый серьезный недостаток общей шины заключается в ее низкой надежности: любой дефект кабеля или какого-нибудь из многочисленных разъемов полностью парализует всю сеть. Другим недостатком общей шины является ее невысокая производительность, так как при таком способе подключения в каждый момент времени только один компьютер может передавать данные в сеть. Поэтому пропускная способность канала связи всегда делится здесь между всеми узлами сети.

Топология звезда (рис. 1.10, г). В этом случае каждый компьютер подключается отдельным кабелем к общему устройству, называемому **концентратором**, который находится в центре сети. В функции концентратора входит направление передаваемой компьютером информации одному или всем остальным компьютерам сети. Главное преимущество этой топологии перед общей шиной - существенно большая надежность. Любые неприятности с кабелем касаются лишь того компьютера, к которому этот кабель присоединен, и только неисправность концентратора может вывести из строя всю сеть. Кроме того, концентратор может играть роль интеллектуального фильтра информации, поступающей от узлов в сеть, и при необходимости блокировать запрещенные администратором передачи.

К недостаткам топологии типа звезда относится более высокая стоимость сетевого оборудования из-за необходимости приобретения концентратора. Кроме того, возможности по наращиванию количества узлов в сети ограничиваются количеством портов концентратора.

В настоящее время иерархическая звезда является самым распространенным типом топологии связей как в локальных, так и глобальных сетях.

В сетях с **кольцевой конфигурацией** (рис. 1.10, е) данные передаются по кольцу от одного компьютера к другому, как правило, в одном направлении. Если компьютер распознает данные как «свои», то он копирует их себе во внутренний буфер. В сети с кольцевой топологией необходимо принимать специальные меры, чтобы в случае выхода из строя или отключения какой-либо станции не прервался канал связи между остальными станциями. Кольцо представляет собой очень удобную конфигурацию для организации обратной связи - данные, сделав полный оборот, возвращаются к узлу-источнику. Поэтому этот узел может контролировать процесс доставки данных адресату. Часто это свойство кольца используется для тестирования связности сети и поиска узла, работающего некорректно.

В то время как небольшие сети, как правило, имеют типовую топологию - звезда, кольцо или общая шина, для крупных сетей характерно наличие произвольных связей между компьютерами. В таких сетях можно выделить отдельные произвольно связанные фрагменты (подсети), имеющие типовую топологию, поэтому их называют **сетями со смешанной топологией** (рис. 1.11).

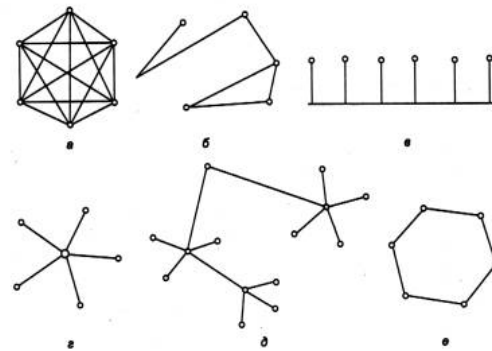


Рис. 1.10. Типовые топологии сетей

Вопросы к экзамену по курсу *Распределенные Вычислительные Сети*

Только в сети с полностью связной топологией для соединения каждой пары компьютеров имеется отдельная линия связи. Во всех остальных случаях неизбежно возникает вопрос о том, как организовать совместное использование линий связи несколькими компьютерами сети

В вычислительных сетях используют как индивидуальные линии связи между компьютерами, так и разделяемые (shared), когда одна линия связи попеременно используется несколькими компьютерами. В случае применения разделяемых линий связи (часто используется также термин разделяемая среда передачи данных - shared media) возникает комплекс проблем, связанных с их совместным использованием, который включает как чисто электрические проблемы обеспечения нужного качества сигналов при подключении к одному и тому же проводу нескольких приемников и передатчиков, так и логические проблемы разделения во времени доступа к этим линиям.

Классическим примером сети с разделяемыми линиями связи являются сети с топологией «**общая шина**», в которых один кабель совместно используется всеми компьютерами сети. Ни один из компьютеров сети в принципе не может индивидуально, независимо от всех других компьютеров сети, использовать кабель, так как при одновременной передаче данных сразу несколькими узлами сигналы смешиваются и искажаются. В топологиях «кольцо» или «звезда» индивидуальное использование линий связи, соединяющих компьютеры, принципиально возможно, но эти кабели часто также рассматривают как разделяемые для всех компьютеров сети, так что, например, только один компьютер кольца имеет право в данный момент времени отправлять по кольцу пакеты другим компьютерам.

Несмотря на все эти сложности, в локальных сетях разделяемые линии связи используются очень часто. Этот подход, в частности, реализован в широко распространенных классических технологиях Ethernet и Token Ring.

Сеть с разделяемой средой при большом количестве узлов будет работать всегда медленнее, чем аналогичная сеть с индивидуальными линиями связи, так как пропускная способность индивидуальной линии связи достается одному компьютеру, а при ее совместном использовании - делится на все компьютеры сети.

Основной принцип, положенный в основу Ethernet, - случайный метод доступа к разделяемой среде передачи данных. В качестве такой среды может использоваться толстый или тонкий коаксиальный кабель, витая пара, оптоволокно или радиоволны

В стандарте Ethernet строго зафиксирована топология электрических связей. Компьютеры подключаются к разделяемой среде в соответствии с типовой структурой «общая шина» (рис. 1.13). С помощью разделяемой во времени шины любые два компьютера могут обмениваться данными. Управление доступом к линии связи осуществляется специальными контроллерами - сетевыми адаптерами Ethernet. Каждый компьютер, а более точно, каждый сетевой адаптер, имеет уникальный адрес. Передача данных происходит со скоростью 10 Мбит/с. Эта величина является пропускной способностью сети Etherne

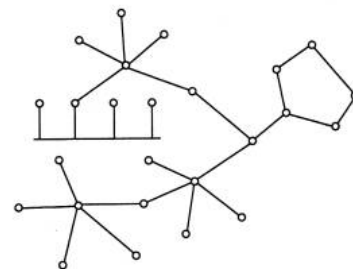


Рис. 1.11. Смешанная топология

16. Локальные и глобальные сети. Основные характеристики и отличия.

Структура крупных локальных и глобальных сетей.

Локальные сети - Local Area Networks (LAN) (или **Локальные вычислительные сети (ЛВС)**) - сети компьютеров, сосредоточенные на небольшой территории (обычно в радиусе не более 1-2 км) объединенные одним или несколькими высокоскоростными каналами передачи данных (порядка 100 Мбит/с), в общем случае локальная сеть это коммуникационная система, принадлежащая одной организации.

Предоставляемые услуги отличаются широким разнообразием и обычно предусматривают реализацию в режиме on-line.

Глобальные сети (ГС) - Wide Area Networks (WAN) - объединяют территориально распределенные компьютеры, которые могут находиться в различных городах и странах. В глобальных сетях часто используются уже существующие линии связи, (телефон – телеграф). Более низкие, чем в локальных сетях, скорости передачи данных (десятки килобит в секунду) ограничивают набор предоставляемых услуг передачей файлов, преимущественно не в оперативном, а в фоновом режиме, с использованием электронной почты. Для устойчивой передачи дискретных данных применяются более сложные методы и оборудование, чем в локальных сетях.

Отличия локальных сетей от глобальных (коротко) Подробно – см. на обороте

- Протяженность, качество и способ прокладки линий связи.
- Сложность методов передачи и оборудования.
- Скорость обмена данными. ЛС (10,16и100 Мбит/с) ГС (2400,9600,28800,33600 бит/с),
- Разнообразие услуг. ЛС – широкие, ГС — ограниченные (почта)
- Оперативность выполнения запросов. ЛС – неск. мсек, режим on-line ГС – неск. сек.
- Разделение каналов. В ЛС совместно сразу неск. узлами сети, а в ГС - индивидуально.
- Использование метода коммутации пакетов. В ЛС - применяется (неравн. нагрузка)
В ГС – в осн. метод коммутации каналов,
- Масштабируемость. ЛС – плохая, ГС – хорошая.

Структура крупных локальных и глобальных сетей

Классификация по масштабу производственного подразделения, в пределах к-рого действует сеть:

- **сети отделов**, (небольшая группа сотрудников/ разделение локальных ресурсов)
- **сети кампусов** (мн-во сетей разл. отделов одного предприятия в пределах отдельного здания или в пределах одной территории)
- **корпоративные сети** объединяют большое количество компьютеров на всех территориях отд. предприятия. Они могут быть сложно связаны и покрывать город, регион или даже континент. Число пользователей и комп-ов может измеряться тысячами, а число серверов - сотнями, расстояния между сетями отдельных территорий могут оказаться такими, что необходимо использование глобальных связей.

Для соединения удаленных локальных сетей и отдельных компьютеров применяются разнообразные телекоммуникационные средства, в (телефонные каналы, радиоканалы, спутниковая связь). Корпоративную сеть можно представить в виде «островков локальных сетей», плавающих в телекоммуникационной среде

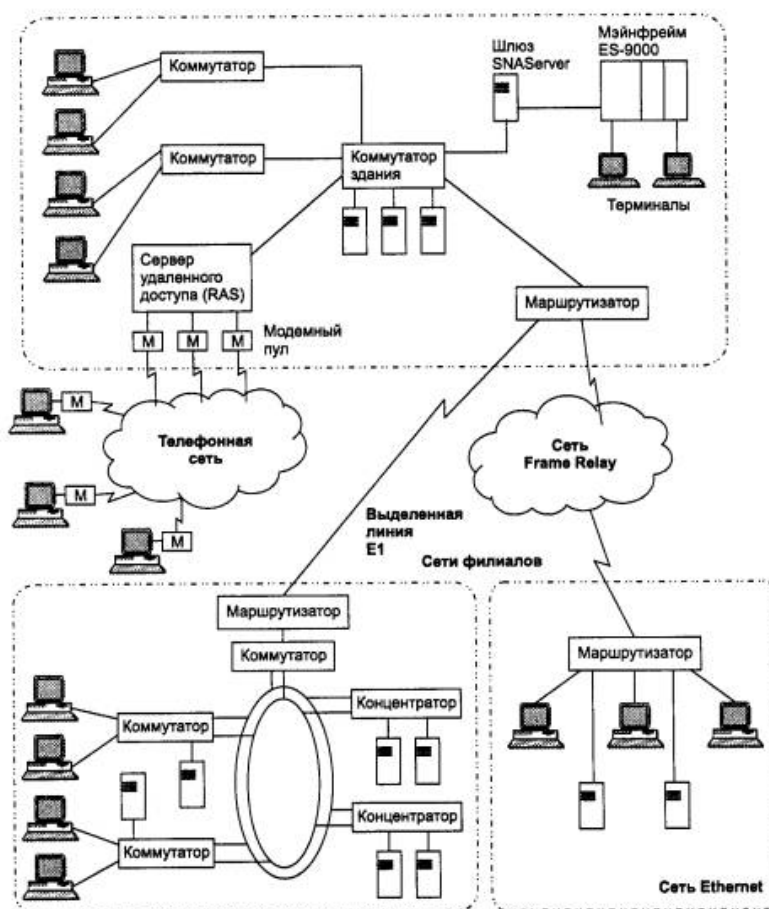


Рис. 1.33. Пример корпоративной сети

Для такой сложной и крупномасштабной сети как корпоративная сеть характерно:

- **масштабность** - тысячи пользовательских компьютеров, сотни серверов, огромные объемы хранимых и передаваемых по линиям связи данных, множество разнообразных приложений;
- **высокая степень гетерогенности** - типы компьютеров, коммуникационного оборудования, операционных систем и приложений различны;
- **использование глобальных связей** - сети филиалов соединяются с помощью телекоммуникационных средств, в том числе телефонных каналов, радиоканалов, спутниковой связи.

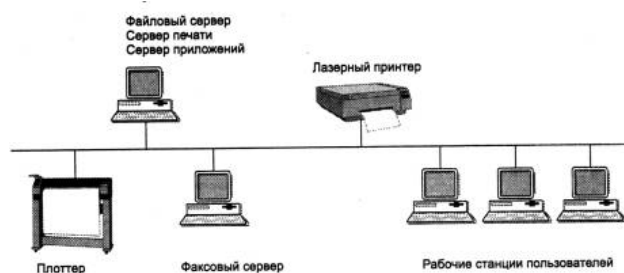


Рис. 1.31. Пример сети масштаба отдела

Отличия локальных сетей от глобальных (подробно)

- **Протяженность, качество и способ прокладки линий связи.** ЛВС отличается от ГС небольшим расстоянием между узлами сети. Это делает возможным использование в ЛВС качественных линий связи: коаксиального кабеля, витой пары, оптоволоконного кабеля, которые не всегда доступны (из-за экономических ограничений) на больших расстояниях, свойственных ГС, в ГС часто применяются уже существующие линии связи (телеграфные или телефонные), а в локальных сетях они прокладываются заново.
- **Сложность методов передачи и оборудования.** В условиях низкой надежности физ. каналов в ГС требуются более сложные, чем в ЛС, методы передачи данных и оборудование. Так, в ГС широко применяются модуляция, асинхронные методы, сложные методы контрольного суммирования, квитирование и повторные передачи искаженных кадров. С другой стороны, качественные линии связи в ЛС позволили упростить процедуры передачи данных за счет применения немодулированных сигналов и отказа от обязательного подтверждения получения пакета.
- **Скорость обмена данными.** Скорость высокоскоростных каналов ЛС (10,16и100 Мбит/с) сравнима со скоростями работы устройств и узлов компьютера - дисков, внутренних шин обмена данными и т. п. Для ГС типичны гораздо более низкие скорости передачи данных - 2400,9600,28800,33600 бит/с, 56 и 64 Кбит/с и только на магистральных каналах - до 2 Мбит/с.
- **Разнообразие услуг.** ЛС сети предоставляют широкий набор услуг - это различные виды услуг файловой службы, услуги печати, услуги службы передачи факсимильных сообщений, услуги баз данных, электронная почта и другие, в то время как ГС в основном предоставляют почтовые услуги и иногда файловые услуги с ограниченными возможностями - передачу файлов из публичных архивов удаленных серверов без предварительного просмотра их содержания.
- **Оперативность выполнения запросов.** Время прохождения пакета через ЛС обычно составляет несколько миллисекунд, время же его передачи через ГС может достигать нескольких секунд. Низкая скорость передачи данных в ГС затрудняет реализацию служб для режима on-line, который является обычным для ЛС.
- **Разделение каналов.** В ЛС каналы связи используются, как правило, совместно сразу несколькими узлами сети, а в ГС - индивидуально.
- **Использование метода коммутации пакетов.** Важной особенностью ЛС является неравномерное распределение нагрузки. Отношение пиковой нагрузки к средней может составлять 100:1 и даже выше. Такой трафик обычно называют пульсирующим. Из-за этого в ЛС для связи узлов применяется метод коммутации пакетов, который оказывается гораздо более эффективным, чем традиционный для глобальных сетей метод коммутации каналов. Эффективность метода коммутации пакетов состоит в том, что сеть в целом передает в единицу времени больше данных своих абонентов. В ГС метод коммутации пакетов также используется, но наряду с ним часто применяется и метод коммутации каналов, а также некоммутируемые каналы - как унаследованные технологии некомпьютерных сетей.
- **Масштабируемость.** «Классические» локальные сети обладают плохой масштабируемостью из-за жесткости базовых топологий, определяющих способ подключения станций и длину линии. При использовании многих базовых топологий характеристики сети резко ухудшаются при достижении определенного предела по количеству узлов или протяженности линий связи. Глобальным же сетям присуща хорошая масштабируемость, так как они изначально разрабатывались в расчете на работу с произвольными топологиями

17. Локальные сети на основе технологии Ethernet. Физический и канальный уровни. Основные характеристики и отличия. Различные реализации и их особенности.

При организации взаимодействия узлов в локальных сетях основная роль отводится классическим технологиям **Ethernet, Token Ring, FDDI**,

В начале 80-х **Ethernet** был стандартизован рабочей группой **IEEE 802.3**, и с тех пор он является международным стандартом.

Стандарты семейства **IEEE 802.X** охватывают только два нижних уровня семи-уровневой модели OSI - физический и канальный. Это связано с тем, что именно эти уровни в наибольшей степени отражают специфику локальных сетей.

Канальный уровень (Data Link Layer) делится в локальных сетях на два подуровня:

- логической передачи данных (Logical Link Control, **LLC**);
- управления доступом к среде (Media Access Control, **MAC**).

Уровень MAC появился из-за существования в локальных сетях разделяемой среды передачи данных. Именно этот уровень обеспечивает корректное совместное использование общей среды, предоставляя ее в соответствии с определенным алгоритмом в распоряжение той или иной станции сети. После того как доступ к среде получен, ею может пользоваться более высокий уровень - **уровень LLC**, организующий передачу логических единиц данных, кадров информации, с различным уровнем качества транспортных услуг.

Уровень LLC отвечает за передачу кадров данных между узлами с различной степенью надежности, а также реализует функции интерфейса с прилегающим к нему сетевым уровнем. Именно через уровень LLC сетевой протокол запрашивает у канального уровня нужную ему транспортную операцию с нужным качеством. На уровне LLC существует несколько режимов работы, отличающихся наличием или отсутствием на этом уровне процедур восстановления кадров в случае их потери или искажения, то есть отличающихся качеством транспортных услуг этого уровня.

Протоколы уровней MAC и LLC взаимно независимы - каждый протокол уровня MAC может применяться с любым протоколом уровня LLC, и наоборот.

протокол уровня MAC может применяться с любым протоколом уровня LLC, и наоборот.

Стандарты IEEE 802 имеют достаточно четкую структуру, приведенную на рис. 3.1:

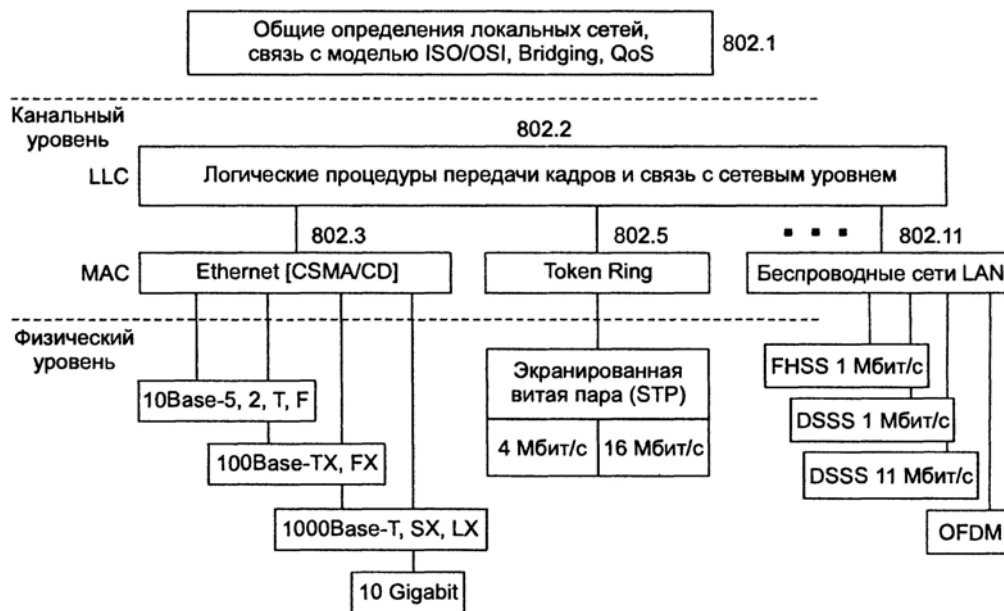


Рис. 3.1. Структура стандартов IEEE 802.X

Форматы кадров Ethernet (рис.):

- кадр 802.3/LLC (кадр 802.3/802.2 или кадр Novell 802.2);
- кадр Raw 802.3 (или кадр Novell 802.3);
- кадр Ethernet DIX (или кадр Ethernet II);
- кадр Ethernet SNAP.

Кадр 802.3/LLC									
6	6	2	1	1	1(2)	46-1497 (1496)		4	
DA	SA	L	DSAP	SSAP	Control	Data		FCS	
Заголовок LLC									

Кадр Raw 802.3/Novell 802.3										
6	6	2					46-1500		4	
DA	SA	L					Data		FCS	

Кадр Ethernet DIX (II)										
6	6	2					46-1500		4	
DA	SA	T					Data		FCS	

Кадр Ethernet SNAP											
6	6	2	1	1	1	3	2	46-1492		4	
DA	SA	L	DSAP	SSAP	Control	OUI	T	Data		FCS	
			AA	AA	03	000000					
			Заголовок LLC		Заголовок SNAP						

Параметры уровня MAC Ethernet

Параметры	Значения
Битовая скорость	10 Мбит/с
Интервал отсрочки	512 битовых интервала
Межкадровый интервал (IPG)	9,6 мкс
Максимальное число попыток передачи	16
Максимальное число возрастания диапазона паузы	10
Длина jam-последовательности	32 бита
Максимальная длина кадра (без преамбулы)	1518 байт
Минимальная длина кадра (без преамбулы)	64 байт (512 бит)
Длина преамбулы	64 бит
Минимальная длина случайной паузы после коллизии	0 битовых интервалов
Максимальная длина случайной паузы после коллизии	524 000 битовых интервала
Максимальное расстояние между станциями сети	2500 м
Максимальное число станций в сети	1024

Физические спецификации технологии Ethernet на сегодняшний день включают следующие среды передачи данных.

- **10Base-5** - коаксиальный кабель диаметром 0,5 дюйма, называемый «толстым» коаксиалом. Имеет волновое сопротивление 50 Ом. Максимальная длина сегмента - 500 метров (без повторителей).
- **10Base-2** - коаксиальный кабель диаметром 0,25 дюйма, называемый «тонким» коаксиалом. Имеет волновое сопротивление 50 Ом. Максимальная длина сегмента - 185 метров (без повторителей).
- **10Base-T** - кабель на основе неэкранированной витой пары (Unshielded Twisted Pair, UTP). Образует звездообразную топологию на основе концентратора. Расстояние между концентратором и конечным узлом - не более 100 м.
- **10Base-F** - волоконно-оптический кабель. Топология аналогична топологии стандарта 10Base-T. Имеется несколько вариантов этой спецификации - FOIRL (расстояние до 1000 м), 10Base-FL (расстояние до 2000 м), 10Base-FB (расстояние до 2000 м).

Число 10 в указанных выше названиях обозначает битовую скорость передачи данных этих стандартов - 10 Мбит/с, а слово Base - метод передачи на одной базовой частоте 10 МГц (в отличие от методов, использующих несколько несущих частот, которые называются Broadband - широкополосными). Последний символ в названии стандарта физического уровня обозначает тип кабеля.

Параметры спецификаций **физического уровня** для стандарта Ethernet

	10Base-5	10Base-2	10Base-T	10Base-F
Кабель	Толстый коаксиальный кабель RG-8 или RG-11	Тонкий коаксиальный кабель RG-58	Неэкранированная витая пара категорий 3, 4, 5	Многомодовый волоконно-оптический кабель
Максимальная длина сегмента, м	500	185	100	2000
Максимальное расстояние между узлами сети (при использовании повторителей), м	2500	925	500	2500 (2740 для 10Base-FB)
Максимальное число станций в сегменте	100	30	1024	1024
Максимальное число повторителей между любыми станциями сети	4	4	4	4 (5 для 10 Base-FB)

18. Коммутируемые сети Ethernet. Концепции коммутации и бриджинга, различные типы коммутаторов и мостов.

Технология Ethernet наиболее чувствительна к перегрузкам разделяемого сегмента. Ограничения, возникающие из-за использования общей разделяемой среды, можно преодолеть, разделив сеть на несколько разделяемых сред и соединив отдельные сегменты сети такими устройствами, как мосты, коммутаторы или маршрутизаторы

Сеть, разделенная на логические сегменты, обладает более высокой производительностью и надежностью. Взаимодействие между логическими сегментами организуется с помощью мостов и коммутаторов.

Сеть можно разделить на логические сегменты с помощью устройств двух типов - мостов (bridge) и/или коммутаторов (switch, switching hub).

Коммутатор ЛВС (switch) – многопортовое устройство-мост, каждый порт которого связан со своим сегментом сети.

- Внешне похож на концентратор, но в отличие от последнего коммутатор направляет входящий трафик на один порт, необходимый для достижения места назначения.
- Коммутатор функционирует на 2 уровне модели OSI, поддерживая различные протоколы сетевого уровня

Мост (bridge) – устройство, используемое для объединения сегментов кабеля ЛВС, но в отличие от концентраторов функционирующее на физическом и канальном уровнях.

- Мост позволяет осуществлять фильтрацию передаваемых пакетов по физическому адресу. Мост не изменяет содержимое кадров и не учитывает данные протоколов сетевого и более высокого уровней.

Тем не менее мост и коммутатор - это функциональные близнецы. Оба эти устройства продвигают кадры на основании одних и тех же алгоритмов.

Мосты и коммутаторы используют два типа алгоритмов: алгоритм прозрачного моста (transparent bridge), описанного в стандарте IEEE 802. ID, либо алгоритм моста с маршрутизацией от источника (source routing bridge) компании IBM для сетей Token Ring.

Выводы

- Для логической структуризации сети применяются мосты и их современные преемники - коммутаторы и маршрутизаторы. Первые два типа устройств позволяют разделить сеть на логические сегменты с помощью минимума средств - только на основе протоколов канального уровня. Кроме того, эти устройства не требуют конфигурирования.

- Логические сегменты, построенные на основе коммутаторов, являются строительными элементами более крупных сетей, объединяемых маршрутизаторами.

- Коммутаторы - наиболее быстродействующие современные коммуникационные устройства, они позволяют соединять высокоскоростные сегменты без блокирования (уменьшения пропускной способности) межсегментного трафика.

- Применение коммутаторов позволяет сетевым адаптерам использовать полнодуплексный режим работы протоколов локальных сетей (Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, Token Ring, FDDI). В этом режиме отсутствует этап доступа к разделяемой среде, а общая скорость передачи данных удваивается.

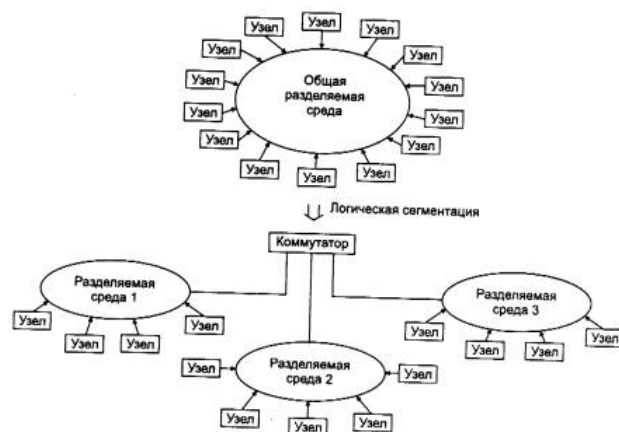
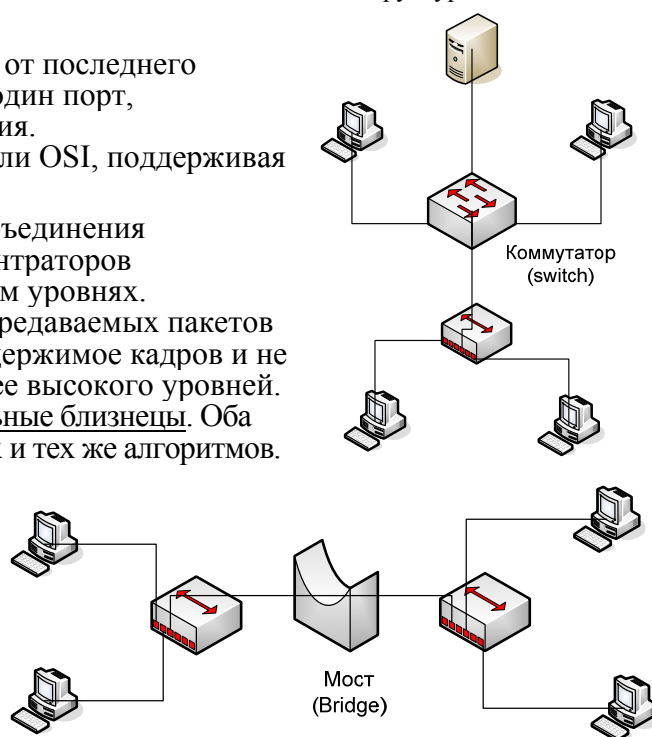


Рис. 4.16. Логическая структуризация сети



Технология коммутации сегментов Ethernet была предложена фирмой Kalpana в 1990 году в ответ на растущие потребности

Структурная схема **коммутатора EtherSwitch**, предложенного фирмой Kalpana, представлена на рис. 4.23.

Каждый из 8 портов 10Base-T обслуживается одним процессором пакетов Ethernet - EPP (Ethernet Packet Processor). Кроме того, коммутатор имеет системный модуль, который координирует работу всех процессоров EPP. Системный модуль ведет общую адресную таблицу коммутатора и обеспечивает управление коммутатором по протоколу SNMP. Для передачи кадров между портами используется коммутационная матрица, подобная тем, которые работают в телефонных коммутаторах или мультипроцессорных компьютерах, соединяя несколько процессоров с несколькими модулями памяти.

Коммутационная матрица работает по принципу коммутации каналов. Для 8 портов матрица может обеспечить 8 одновременных внутренних каналов при полудуплексном режиме работы портов и 16 - при полнодуплексном, когда передатчик и приемник каждого порта работают независимо друг от друга.

Прозрачные мосты незаметны для сетевых адаптеров конечных узлов, так как они самостоятельно строят специальную адресную таблицу, на основании которой можно решить, нужно передавать пришедший кадр в какой-либо другой сегмент или нет. Сетевые адаптеры при использовании прозрачных мостов работают точно так же, как и в случае их отсутствия, то есть не предпринимают никаких дополнительных действий, чтобы кадр прошел через мост. Алгоритм прозрачного моста не зависит от технологии локальной сети, в которой устанавливается мост, поэтому прозрачные мосты Ethernet работают точно так же, как прозрачные мосты FDDI.

Мосты с маршрутизацией от источника применяются для соединения колец Token Ring и FDDI, хотя для этих же целей могут использоваться и прозрачные мосты. Маршрутизация от источника (Source Routing, SR) основана на том, что станция-отправитель помещает в посылаемый в другое кольцо кадр всю адресную информацию о промежуточных мостах и кольцах, которые должен пройти кадр перед тем, как попасть в кольцо, к которому подключена станция-получатель. Хотя в название этого способа входит термин «маршрутизация», настоящей маршрутизации в строгом понимании этого термина здесь нет, так как мосты и станции по-прежнему используют для передачи кадров данных только информацию MAC - уровня, а заголовки сетевого уровня для мостов данного типа по-прежнему остаются неразличимой частью поля данных кадра.



Рис. 4.23. Структура коммутатора EtherSwitch компании Kalpana

19. Технологии MetroEthernet, специфика адаптации технологии Ethernet к сетям доступа..

Коммутация IP-пакетов — технология, используемая для оптимизации работы маршрутизаторов при использовании неизменных или редко меняющихся маршрутов.

Суть технологии — обработка IP-пакета без участия центрального процессора маршрутизатора. Первый пакет заданного типа (адрес отправителя, получателя, порт получателя) обрабатывается процессором в полном объеме (с проверкой на ACL, обработкой таблицы маршрутизации, определение нужного интерфейса), все последующие аналогичные (те же адреса, порты) уже не обрабатываются процессором, а коммутруются, как в устройствах второго уровня (чаще всего с использованием аппаратных средств коммутации, вроде коммутационной матрицы).

Подобная технология позволяет существенно снизить нагрузку на процессор маршрутизатора и уменьшить задержку в прохождении пакета. Самым существенным недостатком этой технологии является проблема смены маршрута, которая обнаруживается не сразу после изменения. Так же подобная технология используется в коммутаторах с поддержкой маршрутизации (L3 коммутаторы).

Дальнейшим развитием идеи коммутации IP-пакетов является MPLS и MetroEthernet, подразумевающие отказ от маршрутизации и переход к коммутации данных внутри обслуживаемого периметра (обычно, трафика абонентов).

20. Локальные сети на основе технологии FDDI. Физический и канальный уровни. Основные характеристики и отличия. Различные реализации и их особенности.

Технология FDDI (Fiber Distributed Data Interface)- оптоволоконный интерфейс распределенных данных - это первая технология локальных сетей, в которой средой передачи данных является волоконно-оптический кабель.

Технология FDDI во многом основывается на технологии Token Ring, развивая и совершенствуя ее основные идеи. Разработчики технологии FDDI ставили перед собой в качестве наиболее приоритетных следующие цели:

- повысить битовую скорость передачи данных до 100 Мбит/с;
- повысить отказоустойчивость сети за счет стандартных процедур восстановления ее после отказов различного рода - повреждения кабеля, некорректной работы узла, концентратора, возникновения высокого уровня помех на линии и т. п.;
- максимально эффективно использовать потенциальную пропускную способность сети как для асинхронного, так и для синхронного (чувствительного к задержкам) трафика.

Сеть FDDI строится на основе двух оптоволоконных колец, которые образуют основной и резервный пути передачи данных между узлами сети. Наличие двух колец - это основной способ повышения отказоустойчивости в сети FDDI, и узлы, которые хотят воспользоваться этим повышенным потенциалом надежности, должны быть подключены к обоим кольцам.

Канальный уровень технологии FDDI

Кольца в сетях FDDI рассматриваются как общая разделяемая среда передачи данных, поэтому для нее определен специальный метод доступа. Этот метод очень близок к методу доступа сетей Token Ring и также называется методом маркерного (или токенового) кольца - token ring.

Отличия метода доступа заключаются в том, что время удержания маркера в сети FDDI не является постоянной величиной, как в сети Token Ring. Это время зависит от загрузки кольца - при небольшой загрузке оно увеличивается, а при больших перегрузках может уменьшаться до нуля. Эти изменения в методе доступа касаются только асинхронного трафика, который не критичен к небольшим задержкам передачи кадров. Для синхронного трафика время удержания маркера по-прежнему остается фиксированной величиной. Механизм приоритетов кадров, аналогичный принятому в технологии Token Ring, в технологии FDDI отсутствует.

Как и во многих других технологиях локальных сетей, в технологии FDDI используется протокол подуровня управления каналом данных LLC, определенный в стандарте IEEE 802.2. Таким образом, несмотря на то что технология FDDI была разработана и стандартизована институтом ANSI, а не комитетом IEEE, она полностью вписывается в структуру стандартов 802.

Особенности метода доступа FDDI

Для передачи синхронных кадров станция всегда имеет право захватить маркер при его поступлении. При этом время удержания маркера имеет заранее заданную фиксированную величину.

Для обеспечения отказоустойчивости в стандарте FDDI предусмотрено создание двух оптоволоконных колец - первичного и вторичного. В стандарте FDDI допускаются два вида подсоединения станций к сети. Одновременное подключение к первичному и вторичному кольцам называется двойным подключением - Dual Attachment, DA. Подключение только к первичному кольцу называется одиночным подключением - Single Attachment, SA.

Физический уровень технологии FDDI

В технологии FDDI для передачи световых сигналов по оптическим волокнам реализовано логическое кодирование 4В/5В в сочетании с физическим кодированием NRZI. Эта схема приводит к передаче по линии связи сигналов с тактовой частотой 125 МГц.

Физический уровень разделен на два подуровня: независимый от среды подуровень PHY (Physical) и зависящий от среды подуровень PMD (Physical Media Dependent)

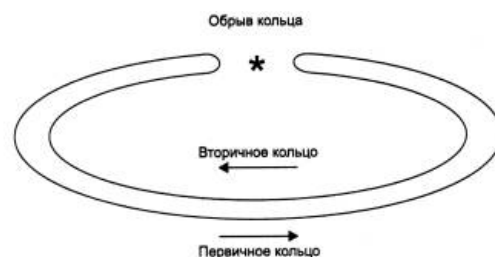


Рис. 3.16. Реконфигурация колец FDDI при отказе

Характеристики технологий FDDI, Ethernet, Token Ring

Характеристика	FDDI	Ethernet	Token Ring
Битовая скорость	100 Мбит/с	10 Мбит/с	16 Мбит/с
Топология	Двойное кольцо деревьев	Шина/звезда	Звезда/кольцо
Метод доступа	Доля от времени оборота маркера	CSMA/CD	Приоритетная система резервирования
Среда передачи данных	Оптоволокно, незэкранированная витая пара категории 5	Толстый коаксиал, тонкий коаксиал, витая пара категории 3, оптоволокно	Экранированная и незэкранированная витая пара, оптоволокно
Максимальная длина сети (без мостов)	200 км (100 км на кольцо)	2500 м	4000 м
Максимальное расстояние между узлами	2 км (не больше 11 дБ потерь между узлами)	2500 м	100 м
Максимальное количество узлов	500 (1000 соединений)	1024	260 для экранированной витой пары, 72 для незэкранированной витой пары
Тактирование и восстановление после отказов	Распределенная реализация тактирования и восстановления после отказов	Не определены	Активный монитор

Выводы

- Технология FDDI является наиболее отказоустойчивой технологией локальных сетей. При однократных отказах кабельной системы или станции сеть, за счет «сворачивания» двойного кольца в одинарное, остается вполне работоспособной.
- Маркерный метод доступа FDDI работает по-разному для синхронных и асинхронных кадров (тип кадра определяет станция). Для передачи синхронного кадра станция всегда может захватить пришедший маркер на фиксированное время. Для передачи асинхронного кадра станция может захватить маркер только в том случае, когда маркер выполнил оборот по кольцу достаточно быстро, что говорит об отсутствии перегрузок кольца. Такой метод доступа, во-первых, отдает предпочтение синхронным кадрам, а во-вторых, регулирует загрузку кольца, притормаживая передачу несрочных асинхронных кадров.
- В качестве физической среды технология FDDI использует волоконно-оптические кабели и UTP категории 5 (этот вариант физического уровня называется TP-PMD).
- Максимальное количество станций двойного подключения в кольце - 500, максимальный диаметр двойного кольца - 100 км. Максимальные расстояния между соседними узлами для многомодового кабеля равны 2 км, для витой пары UTP категории 5-100 м, а для одномодового оптоволокна зависят от его качества

21. Локальные сети на основе технологии Token Ring. Физический и каналный уровни. Основные характеристики и отличия. Различные реализации и их особенности..

Сети Token Ring, так же как и сети Ethernet, характеризует разделяемая среда передачи данных, которая в данном случае состоит из отрезков кабеля, соединяющих все станции сети в кольцо. Кольцо рассматривается как общий разделяемый ресурс, и для доступа к нему требуется не случайный алгоритм, как в сетях Ethernet, а детерминированный, основанный на передаче станциям права на использование кольца в определенном порядке. Это право передается с помощью кадра специального формата, называемого маркером или токеном (token).

Технология Token Ring была разработана компанией IBM в 1984 году, а затем передана в качестве проекта стандарта в комитет IEEE 802, который на ее основе принял в 1985 году стандарт 802.5. Компания IBM использует технологию Token Ring в качестве своей основной сетевой технологии

Сети Token Ring работают с двумя битовыми скоростями - 4 и 16 Мбит/с. Смещение станций, работающих на различных скоростях, в одном кольце не допускается. Сети Token Ring, работающие со скоростью 16 Мбит/с, имеют некоторые усовершенствования в алгоритме доступа по сравнению со стандартом 4 Мбит/с.

Технология Token Ring является более сложной технологией, чем Ethernet. Она обладает свойствами отказоустойчивости. В сети Token Ring определены процедуры контроля работы сети, которые используют обратную связь кольцеобразной структуры - посланный кадр всегда возвращается в станцию - отправитель. В некоторых случаях обнаруженные ошибки в работе сети устраняются автоматически, например может быть восстановлен потерянный маркер. В других случаях ошибки только фиксируются, а их устранение выполняется вручную обслуживающим персоналом.

В сетях с маркерным методом доступа (а к ним, кроме сетей Token Ring, относятся сети FDDI, а также сети, близкие к стандарту 802.4, - ArcNet, сети производственного назначения MAP) право на доступ к среде передается циклически от станции к станции по логическому кольцу.

Для контроля сети одна из станций выполняет роль так называемого активного монитора. Активный монитор выбирается во время инициализации кольца как станция с максимальным значением MAC-адреса. Если активный монитор выходит из строя, процедура инициализации кольца повторяется и выбирается новый активный монитор. Чтобы сеть могла обнаружить отказ активного монитора, последний в работоспособном состоянии каждые 3 секунды генерирует специальный кадр своего присутствия. Если этот кадр не появляется в сети более 7 секунд, то остальные станции сети начинают процедуру выборов нового активного монитора.

В сети Token Ring кольцо образуется отрезками кабеля, соединяющими соседние станции. Таким образом, каждая станция связана со своей предшествующей и последующей станцией и может непосредственно обмениваться данными только с ними. Для обеспечения доступа станций к физической среде по кольцу циркулирует кадр специального формата и назначения - маркер. В сети Token Ring любая станция всегда непосредственно получает данные только от одной станции - той, которая является предыдущей в кольце. Такая станция называется ближайшим активным соседом, расположенным выше по потоку (данных) - Nearest Active Upstream Neighbor, NAUN. Передачу же данных станция всегда осуществляет своему ближайшему соседу вниз по потоку данных.

Получив маркер, станция анализирует его и при отсутствии у нее данных для передачи обеспечивает его продвижение к следующей станции. Станция, которая имеет данные для передачи, при получении маркера изымает его из кольца, что дает ей право доступа к физической среде и передачи своих данных. Затем эта станция выдает в кольцо кадр данных установленного формата последовательно по битам. Переданные данные проходят по кольцу всегда в одном направлении от одной станции к другой. Кадр снабжен адресом назначения и адресом источника.

В Token Ring существуют три различных формата кадров:

- маркер;
- кадр данных;
- прерывающая последовательность.

Физический уровень технологии Token Ring

Стандарт Token Ring фирмы IBM изначально предусматривал построение связей в сети с помощью концентраторов, называемых MAU (Multistation Access Unit) или MSAU (Multi-Station Access Unit), то есть устройствами многостанционного доступа (рис. 3.15). Сеть Token Ring может включать до 260 узлов.

Концентратор Token Ring может быть активным или пассивным. Пассивный концентратор просто соединяет порты внутренними связями так, чтобы станции, подключаемые к этим портам, образовали кольцо.

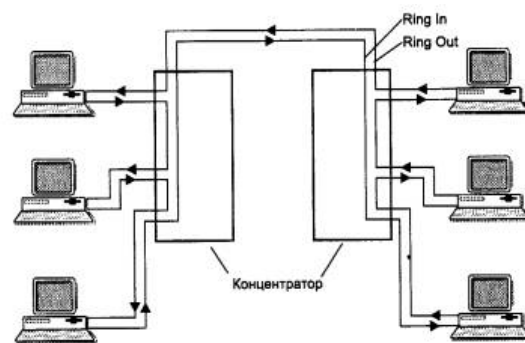


Рис. 3.15. Физическая конфигурация сети Token Ring

Активный концентратор выполняет функции регенерации сигналов и поэтому иногда называется повторителем, как в стандарте Ethernet.

В общем случае сеть Token Ring имеет комбинированную звездно-кольцевую конфигурацию. Конечные узлы подключаются к MSAU по топологии звезды, а сами MSAU объединяются через специальные порты Ring In (RI) и Ring Out (RO) для образования магистрального физического кольца.

Все станции в кольце должны работать на одной скорости - либо 4 Мбит/с, либо 16 Мбит/с. Кабели, соединяющие станцию с концентратором, называются ответвительными (lobe cable), а кабели, соединяющие концентраторы, - магистральными (trunk cable).

Технология Token Ring позволяет использовать для соединения конечных станций и концентраторов различные типы кабеля: STP Type 1, UTP Type 3, UTP Type 6, а также волоконно-оптический кабель.

При использовании экранированной витой пары STP Type 1 из номенклатуры кабельной системы IBM в кольцо допускается объединять до 260 станций при длине ответвительных кабелей до 100 метров, а при использовании неэкранированной витой пары максимальное количество станций сокращается до 72 при длине ответвительных кабелей до 45 метров.

Расстояние между пассивными MSAU может достигать 100 м при использовании кабеля STP Type 1 и 45 м при использовании кабеля UTP Type 3. Между активными MSAU максимальное расстояние увеличивается соответственно до 730 м или 365 м в зависимости от типа кабеля.

Максимальная длина кольца Token Ring составляет 4000 м.

Выводы

- Технология Token Ring развивается в основном компанией IBM и имеет также статус стандарта IEEE 802.5, который отражает наиболее важные усовершенствования, вносимые в технологию IBM.
- В сетях Token Ring используется маркерный метод доступа, который гарантирует каждой станции получение доступа к разделяемому кольцу в течение времени оборота маркера. Из-за этого свойства этот метод иногда называют детерминированным.
- Метод доступа основан на приоритетах: от 0 (низший) до 7 (высший). Станция сама определяет приоритет текущего кадра и может захватить кольцо только в том случае, когда в кольце нет более приоритетных кадров.
- Сети Token Ring работают на двух скоростях: 4 и 16 Мбит/с и могут использовать в качестве физической среды экранированную витую пару, неэкранированную витую пару, а также волоконно-оптический кабель. Максимальное количество станций в кольце - 260, а максимальная длина кольца - 4 км.
- Технология Token Ring обладает элементами отказоустойчивости. За счет обратной связи кольца одна из станций - активный монитор - непрерывно контролирует наличие маркера, а также время оборота маркера и кадров данных. При некорректной работе кольца запускается процедура его повторной инициализации, а если она не помогает, то для локализации неисправного участка кабеля или неисправной станции используется процедура beaconing.
- Максимальный размер поля данных кадра Token Ring зависит от скорости работы кольца. Для скорости 4 Мбит/с он равен около 5000 байт, а при скорости 16 Мбит/с - около 16 Кбайт. Минимальный размер поля данных кадра не определен, то есть может быть равен 0.
 - В сети Token Ring станции в кольцо объединяют с помощью концентраторов, называемых MSAU. Пассивный концентратор MSAU выполняет роль кроссовой панели, которая соединяет выход предыдущей станции в кольце со входом последующей. Максимальное расстояние от станции до MSAU - 100 м для STP и 45 м для UTP.
- Активный монитор выполняет в кольце также роль повторителя - он ресинхронизирует сигналы, проходящие по кольцу.
- Кольцо может быть построено на основе активного концентратора MSAU, который в этом случае называют повторителем.
- Сеть Token Ring может строиться на основе нескольких колец, разделенных мостами, маршрутизирующими кадры по принципу «от источника», для чего в кадр Token Ring добавляется специальное поле с маршрутом прохождения колец.

В сетях с МД. Право передачи имеет сетевое устройство, владеющее специальным сообщением (маркером). Пример: FDDI, Token Ring.

Билет №21

Token Ring. Все станции сети объединены в кольцо, отрезками кабеля (витая пара, оптоволокно). Кольцо рассматривается как общий разделяемый ресурс. Право на использование кольца передается с помощью кадра спец.формата (маркер, токен). Любая станция в TR всегда получает данные от ближайшего активного соседа (станции, расположенной выше по потоку данных) и передает своему ближайшему соседу вниз по потоку данных. Станция которая имеет данные для передачи при получении маркера изымает его из кольца и выдает в кольцо кадр данных. Кадр данных снабжен адресом источника и адресом назначения и флагом подтверждения приема. Далее кадр идет по сети. И если он проходит ч/з станцию назначения, то она выставляет флаг подтверждения приема и отправляет кадр далее. Когда кадр возвращается в к станции источнику она проверяет флаг, изымает кадр из кольца и формирует новый маркер. Время владения кольцом ограничивается временем удержания маркера, после истечения которого станция обязана прекратить передачу данных и передать маркер далее по кольцу. TR работают с 2-мя битовыми скоростями – 4 и 16 Мб/с Работа станций на разных скоростях не допускается. В TR 16Мб/с также используется алгоритм раннего освобождения маркера: станция передает маркер не дожидаясь возвращения по кольцу кадра с битом подтверждения приема. Одна станция обозначается как активный монитор, она осуществляет управление тайм-аутом в кольце, порождает новые маркеры, генерирует диагностические кадры. Если монитор отказал, то среди станций выбирается новый монитор.

Билет №20

FDDI. Основывается на TR. Строится на основе двух оптоволоконных колец (основное и резервное). В нормальном режиме данные проходят ч/з все участки первичного (Primary) кольца. В случае отказа первичное кольцо объединяется со вторичным, образуя вновь единое кольцо. Этот режим работы называется Wrap (свертывание). Свертывание производится силами концентраторов или сетевых адаптеров. Для упрощения этой процедуры, данные в первичном кольце передаются против часовой стрелки, а по вторичному - против. Скорость передачи составляет до 100Мб/с.

- + 1. Обладает элементами отказоустойчивости
- + 2. Отсутствие коллизий.
- 1. Высокая стоимость оборудования
- 2. Сложность построения больших сете

22. Глобальные сети связи. Различные типы глобальных сетей, особенности и характеристики

Глобальные сети (Wide Area Networks, WAN), которые также называют территориальными компьютерными сетями, служат для того, чтобы предоставлять свои сервисы большому количеству конечных абонентов, разбросанных по большой территории - в пределах области, региона, страны, континента или всего земного шара. Ввиду большой протяженности каналов связи построение глобальной сети требует очень больших затрат, в которые входит стоимость кабелей и работ по их прокладке, затраты на коммутационное оборудование и промежуточную усилительную аппаратуру, обеспечивающую необходимую полосу пропускания канала, а также эксплуатационные затраты на постоянное поддержание в работоспособном состоянии разбросанной по большой территории аппаратуры сети.

Типы глобальных сетей

Принято различать корпоративные сети, построенные с использованием:

- выделенных каналов;
- коммутации каналов;
- коммутации пакетов.

Выделенные каналы

Выделенные (или арендуемые - leased) каналы можно получить у телекоммуникационных компаний, которые владеют каналами дальней связи (таких, например, как «РОСТЕЛЕКОМ»), или от телефонных компаний, которые обычно сдают в аренду каналы в пределах города или региона.

Использовать выделенные линии можно двумя способами.

- Построение с их помощью территориальной сети определенной технологии, например frame relay, в которой арендуемые выделенные линии служат для соединения промежуточных, территориально распределенных коммутаторов пакетов, как в случае, приведенном на рис. 6.2.
- Соединение выделенными линиями только объединяемых локальных сетей или конечных абонентов другого типа, например мэйнфреймов, без установки транзитных коммутаторов пакетов, работающих по технологии глобальной сети

Глобальные сети с коммутацией каналов двух типов

- традиционные аналоговые телефонные сети (АТС)
- цифровые сети с интеграцией услуг ISDN. Достоинством сетей с коммутацией каналов является их распространенность, что характерно особенно для аналоговых телефонных сетей.

Недостаток АТС — низкое качество составного канала из-за использования телефонных коммутаторов устаревших моделей, работающих по принципу частотного уплотнения каналов (FDM-технологии). На такие коммутаторы сильно воздействуют внешние помехи (например, грозовые разряды или работающие электродвигатели), которые трудно отличить от полезного сигнала. Правда, в аналоговых телефонных сетях все чаще используются цифровые АТС, которые между собой передают голос в цифровой форме. Аналоговым в таких сетях остается только абонентское окончание. Чем больше цифровых АТС в телефонной сети, тем выше качество канала

Глобальные сети с коммутацией пакетов (технологии: X.25, frame relay, SMDS и ATM)

Кроме этих технологий, можно воспользоваться услугами территориальных сетей TCP/IP, которые доступны сегодня как в виде недорогой и очень распространенной сети Internet, качество транспортных услуг которой оставляет желать лучшего, так и в виде коммерческих глобальных сетей TCP/IP, изолированных от Internet и предоставляемых в аренду телекоммуникационными компаниями.



Рис. 6.1. Абоненты глобальной сети

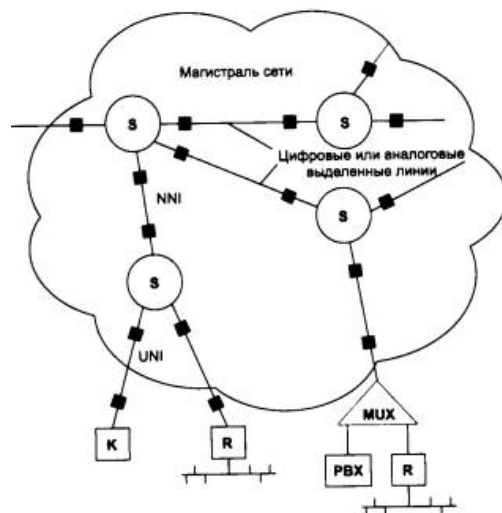


Рис. 6.2. Пример структуры глобальной сети

Вопросы к экзамену по курсу *Распределенные Вычислительные Сети*
Характеристики сетей с коммутацией пакетов

Тип сети	Скорость доступа	Трафик	Примечания
X.25	1,2–64 Кбит/с	Терминальный	Большая избыточность протоколов, хорошо работают на каналах низкого качества
Frame Relay	от 64 Кбит/с до 2 Мбит/с	Компьютерный	Сравнительно новые сети, хорошо передают пульсации трафика, в основном поддерживают службу постоянных виртуальных каналов
SMDS	1,544–45 Мбит/с	Компьютерный, графика, голос, видео	Сравнительно новые сети, распространены в крупных городах Америки, вытесняются сетями АТМ
АТМ	1,544–155 Мбит/с	Компьютерный, графика, голос, видео	Новые сети, коммерческая эксплуатация началась с 1996 года, пока используются в основном для передачи компьютерного трафика
TCP/IP	1,2–2,048 Кбит/с	Терминальный, компьютерный	Широко распространены в некоммерческом варианте — сети Internet, коммерческие услуги пока слабые

Магистральные сети и сети доступа

Целесообразно делить территориальные сети, используемые для построения корпоративной сети, на две большие категории:

- магистральные сети;
- сети доступа.

Магистральные территориальные сети (backbone wide-area networks) используются для образования одноранговых связей между крупными локальными сетями, принадлежащими большому подразделению предприятия.

Магистральные территориальные сети должны обеспечивать высокую пропускную способность, так как на магистраль объединяются потоки большого количества подсетей. Кроме того, магистральные сети должны быть постоянно доступны.

Обычно в качестве магистральных сетей используются цифровые выделенные каналы со скоростями от 2 до 622 Мбит/с, по которым передается трафик IP, IPX или протоколов архитектуры SNA компании IBM, сети с коммутацией пакетов frame relay, АТМ, X.25 или TCP/IP. При наличии выделенных каналов для обеспечения высокой готовности магистраль используется смешанная избыточная топология связей, как это показано на рис. 6.5.

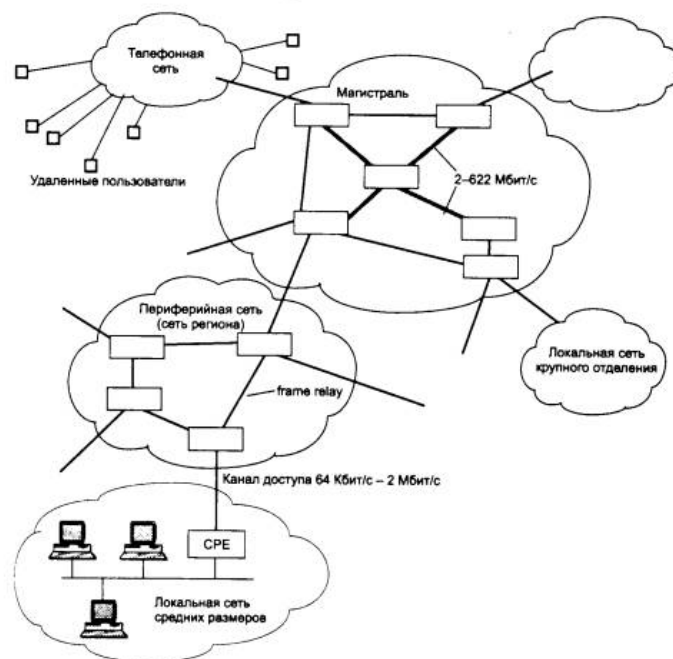


Рис. 6.5. Структура глобальной сети предприятия

Под **сетями доступа** понимаются территориальные сети, необходимые для связи небольших локальных сетей и отдельных удаленных компьютеров с центральной локальной сетью предприятия. Если организации магистральных связей при создании корпоративной сети всегда уделялось большое внимание, то организация удаленного доступа сотрудников предприятия перешла в разряд стратегически важных вопросов только в последнее время. Быстрый доступ к корпоративной информации из любой географической точки определяет для многих видов деятельности предприятия качество принятия решений его сотрудниками. Важность этого фактора растет с увеличением числа сотрудников, работающих на дому (telecommuters - телекоммутеров), часто находящихся в командировках, и с ростом количества небольших филиалов предприятий, находящихся в различных городах и, может быть, разных странах.

Выводы к билету №22 (альтернативный ответ)

- Глобальные компьютерные сети (WAN) используются для объединения абонентов разных типов: отдельных компьютеров разных классов - от мэйнфреймов до персональных компьютеров, локальных компьютерных сетей, удаленных терминалов.
- Ввиду большой стоимости инфраструктуры глобальной сети существует острая потребность передачи по одной сети всех типов трафика, которые возникают на предприятии, а не только компьютерного: голосового трафика внутренней телефонной сети, работающей на офисных АТС (PBX), трафика факс-аппаратов, видеокамер, кассовых аппаратов, банкоматов и другого производственного оборудования.
- Для поддержки мультимедийных видов трафика создаются специальные технологии: ISDN, В-ISDN. Кроме того, технологии глобальных сетей, которые разрабатывались для передачи исключительно компьютерного трафика, в последнее время адаптируются для передачи голоса и изображения. Для этого пакеты, переносящие замеры голоса или данные изображения, приоритезируются, а в тех технологиях, которые это допускают, для их переноса создается соединение с заранее резервируемой пропускной способностью. Имеются специальные устройства доступа - мультиплексоры «голос - данные» или «видео - данные», которые упаковывают мультимедийную информацию в пакеты и отправляют ее по сети, а на приемном конце распаковывают и преобразуют в исходную форму - голос или видеоизображение.
- Глобальные сети предоставляют в основном транспортные услуги, транзитом перенося данные между локальными сетями или компьютерами. Существует нарастающая тенденция поддержки служб прикладного уровня для абонентов глобальной сети: распространение публично-доступной аудио-, видео- и текстовой информации, а также организация интерактивного взаимодействия абонентов сети в реальном масштабе времени. Эти службы появились в Internet и успешно переносятся в корпоративные сети, что называется технологией intranet.
- Все устройства, используемые для подключения абонентов к глобальной сети, делятся на два класса: DTE, собственно вырабатывающие данные, и DCE, служащие для передачи данных в соответствии с требованиями интерфейса глобального канала и завершающие канал.
- Технологии глобальных сетей определяют два типа интерфейса: «пользователь-сеть» (UNI) и «сеть-сеть» (NNI). Интерфейс UNI всегда глубоко детализирован для обеспечения подключения к сети оборудования доступа от разных производителей. Интерфейс NNI может быть детализирован не так подробно, так как взаимодействие крупных сетей может обеспечиваться на индивидуальной основе.
- Глобальные компьютерные сети работают на основе технологии коммутации пакетов, кадров и ячеек. Чаще всего глобальная компьютерная сеть принадлежит телекоммуникационной компании, которая предоставляет службы своей сети в аренду. При отсутствии такой сети в нужном регионе предприятия самостоятельно создают глобальные сети, арендуя выделенные или коммутируемые каналы у телекоммуникационных или телефонных компаний.
- На арендованных каналах можно построить сеть с промежуточной коммутацией на основе какой-либо технологии глобальной сети (X.25, frame relay, ATM) или же соединять арендованными каналами непосредственно маршрутизаторы или мосты локальных сетей. Выбор способа использования арендованных каналов зависит от количества и топологии связей между локальными сетями.
- Глобальные сети делятся на магистральные сети и сети доступа.

23. Сети на основе Frame Relay. Особенности технологии и ее расширения.

Коротко

Frame Relay предназначен для межсетевого общения, ориентирован на соединение и использует два протокольных уровня модели OSI. Остальные уровни должны реализовываться программно. Такая схема заметно удешевляет интерфейс. Сеть работает по технологии, которая передает кадры только по протоколу канального уровня LAP-F, кадры при передаче ч/з коммутатор не преобразуются. Протокол вводит понятие *committed information rates* (CIR - оговоренные скорости передачи), обеспечивая каждому приложению гарантированную полосу пропускания. Если приложение не использует полностью выделенную полосу, другие приложения могут поделить между собой свободный ресурс. Frame Relay гарантирует большее быстродействие, чем X.25, и синхронную передачу данных. Применение инкапсуляции гарантирует транспортировку пакетов других протоколов через сети Frame Relay. Особенностью Frame Relay является отказ от коррекции обнаруженных в кадрах искажений

Сети frame relay - сравнительно новые сети, которые гораздо лучше подходят для передачи пульсирующего трафика локальных сетей по сравнению с сетями X.25, правда, это преимущество проявляется только тогда, когда каналы связи приближаются по качеству к каналам локальных сетей, а для глобальных каналов такое качество обычно достижимо только при использовании волоконно-оптических кабелей.

Преимущество сетей frame relay заключается в их низкой протокольной избыточности и дейтаграммном режиме работы, что обеспечивает высокую пропускную способность и небольшие задержки кадров. Надежную передачу кадров технология frame relay не обеспечивает. Сети frame relay специально разрабатывались как общественные сети для соединения частных локальных сетей. Они обеспечивают скорость передачи данных до 2 Мбит/с.

Особенностью технологии frame relay является гарантированная поддержка основных показателей качества транспортного обслуживания локальных сетей - средней скорости передачи данных по виртуальному каналу при допустимых пульсациях трафика. Кроме технологии frame relay гарантии качества обслуживания на сегодня может предоставить только технология ATM, в то время как остальные технологии предоставляют требуемое качество обслуживания только в режиме «максимальными усилиями» (best effort), то есть без гарантий.

Технология frame relay в сетях ISDN стандартизована как служба. В рекомендациях 1.122, вышедших в свет в 1988 году, эта служба входила в число дополнительных служб пакетного режима, но затем уже при пересмотре рекомендаций в 1992-93 гг. она была названа службой frame relay и вошла в число служб режима передачи кадров наряду со службой frame switching. Служба frame switching работает в режиме гарантированной доставки кадров с регулированием потока. На практике поставщики телекоммуникационных услуг предлагают только службу frame relay.

Технология frame relay сразу привлекла большое внимание ведущих телекоммуникационных компаний и организаций по стандартизации. В ее становлении и стандартизации помимо ССИТТ (ITU-T) активное участие принимают Frame Relay Forum и комитет T1S1 института ANSI.

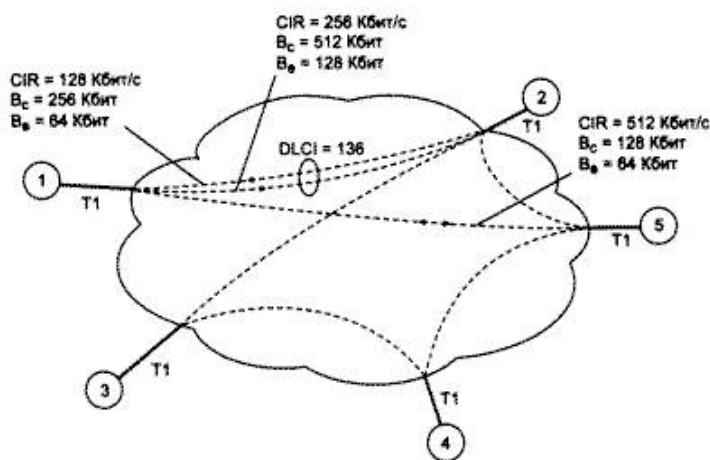


Рис. 6.28. Пример использования сети frame relay

Выводы к билету №23 (альтернативный ответ)

- Сети frame relay работают на основе весьма упрощенной, по сравнению с сетями X.25, технологией, которая передает кадры только по протоколу канального уровня - протоколу LAR-F. Кадры при передаче через коммутатор не подвергаются преобразованиям, из-за чего технология и получила свое название.
- Важной особенностью технологии frame relay является концепция резервирования пропускной способности при прокладке в сети виртуального канала. Сети frame relay создавались специально для передачи пульсирующего компьютерного трафика, поэтому при резервировании пропускной способности указывается средняя скорость трафика CIR и согласованный объем пульсаций Bs.
- Сеть frame relay гарантирует поддержку заказанных параметров качества обслуживания за счет предварительного расчета возможностей каждого коммутатора, а также отбрасывания кадров, которые нарушают соглашение о трафике, то есть посылаются в сеть слишком интенсивно.
- Большинство первых сетей frame relay поддерживали только службу постоянных виртуальных каналов, а служба коммутируемых виртуальных каналов стала применяться на практике только недавно.

24. Сети ISDN. Концепция сети с интеграцией услуг. Характеристики, применение к передаче голоса и данных.

ISDN (Integrated Services Digital Network - цифровые сети с интегральными услугами) относятся к сетям, в которых основным режимом коммутации является режим коммутации каналов, а данные обрабатываются в цифровой форме. (Идеи перехода телефонных сетей общего пользования на полностью цифровую обработку данных).

Архитектура сети ISDN предусматривает **несколько видов служб** (рис. 6.16):

- некоммутируемые средства (выделенные цифровые каналы);
- коммутируемая телефонная сеть общего пользования;
- сеть передачи данных с коммутацией каналов;
- сеть передачи данных с коммутацией пакетов;
- сеть передачи данных с трансляцией кадров (frame relay);
- средства контроля и управления работой сети.

Как видно из приведенного списка, транспортные службы сетей ISDN действительно покрывают **очень широкий спектр услуг**, включая популярные услуги frame relay. Кроме того, большое внимание уделено средствам контроля сети, которые позволяют маршрутизировать вызовы для установления соединения с абонентом сети, а также осуществлять мониторинг и управление сетью. Управляемость сети обеспечивается интеллектуальностью коммутаторов и конечных узлов сети, поддерживающих стек протоколов, в том числе и специальных протоколов управления.

Использование служб ISDN в корпоративных сетях

Несмотря на большие отличия от аналоговых телефонных сетей, сети ISDN сегодня используются в основном так же, как аналоговые телеф. сети, то есть как сети с коммутацией каналов, но только более скоростные: интерфейс BRI дает возможность установить дуплексный режим обмена со скоростью 128 Кбит/с (логическое объединение двух каналов типа В), а интерфейс PRI - 2,048 Мбит/с. Кроме того, качество цифровых каналов гораздо выше, чем аналоговых, а это значит, что процент искаженных кадров будет гораздо ниже и полезная скорость обмена данными существенно выше.

Пользовательский интерфейс основан на каналах трех типов:

- В-со скоростью передачи данных 64 Кбит/с;
- D - со скоростью передачи данных 16 или 64 Кбит/с;
- Н - со скоростью передачи данных 384 Кбит/с (Н0), 1536 Кбит/с (Н1) или 1920 Кбит/с (Н12).

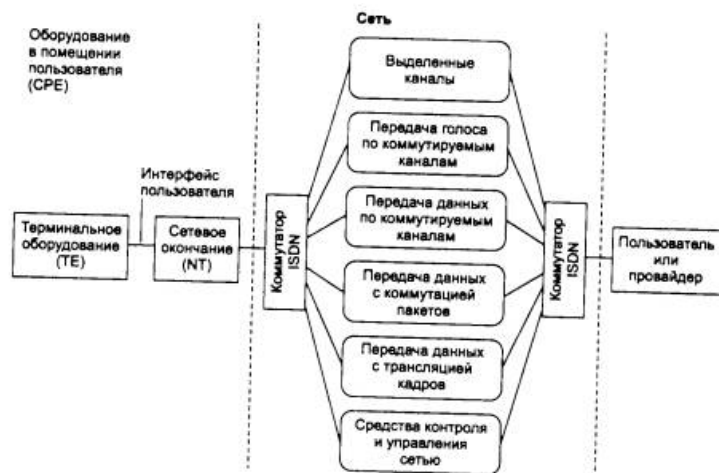


Рис. 6.16. Службы ISDN

Выводы к билету №24 (альтернативный ответ)

- Сети с коммутацией каналов используются в корпоративных сетях в основном для удаленного доступа многочисленных домашних пользователей и гораздо реже - для соединения локальных сетей.
- Отличительными особенностями всех сетей с коммутацией каналов являются: работа в режиме установления соединений, возможность блокировки вызова конечным абонентом или промежуточным коммутатором, необходимость использования на обоих концах сети устройств, поддерживающих одну и ту же скорость передачи данных, так как этот вид сетей не выполняет промежуточную буферизацию данных.
- Сети с коммутацией каналов делятся на аналоговые и цифровые. Аналоговые сети могут использовать аналоговую (FDM) и цифровую (TDM) коммутацию, но в них всегда абонент подключен по аналоговому 2-проводному окончанию. В цифровых сетях мультиплексирование и коммутация всегда выполняются по способу коммутации TDM, а абоненты всегда подключаются по цифровому абонентскому окончанию (DSL).
- Аналоговые сети обеспечивают вызов посредством импульсного или тонового набора номера с частотой 10 Гц, причем тоновый набор примерно в 5 раз быстрее импульсного.
- Аналоговые сети используют электромеханические коммутаторы, создающие большие помехи, и электронные программно-управляемые коммутаторы. При работе электронного коммутатора в режиме частотного уплотнения (FDM) создаются дополнительные помехи при демультиплексировании и мультиплексировании абонентских каналов.
- Модемы для работы по коммутируемым аналоговым телефонным каналам должны поддерживать функцию автовызова удаленного абонента. При асинхронном интерфейсе модем использует для этого команды Hayes-совместимых модемов, а при синхронном интерфейсе - стандарт V.25 или V.25 bis.
- Основные стандарты модемов для коммутируемых каналов тональной частоты - это стандарты V.34+, V.90, V.42 и V.42 bis. Стандарт V.34+ является общим стандартом для работы по выделенным и коммутируемым каналам при 2-проводном окончании. Стандарт V.42 определяет протокол коррекции ошибок LAP-M из семейства HDLC, а стандарт VC.42 bis - метод компрессии данных при асинхронном интерфейсе. В синхронном интерфейсе для коррекции ошибок используется протокол HDLC, а для компрессии - фирменный протокол SDC компании Motorola.
- Стандарт V.90 полезен в том случае, когда между модемом пользователя и сервером удаленного доступа поставщика услуг все АТС обеспечивают цифровые методы коммутации, а сервер подключен по цифровому абонентскому окончанию. В этом случае скорость передачи данных от сервера к пользователю повышается до 56 Кбит/с за счет отсутствия аналогово-цифрового преобразования на этом направлении.
- Цифровые сети с коммутацией каналов представлены двумя технологиями: Switched 56 и ISDN.
- Switched 56 - это переходная технология, которая основана на предоставлении пользователю 4-проводного цифрового абонентского окончания T1/E1, но со скоростью 56 Кбит/с. Коммутаторы такой сети работают с использованием цифровой коммутации. Технология Switched 56 обеспечивает соединение компьютеров и локальных сетей со скоростью 56 Кбит/с.
- Цифровые сети с интегрированными услугами - ISDN - разработаны для объединения в одной сети различных транспортных и прикладных служб. ISDN предоставляет своим абонентам услуги выделенных каналов, коммутируемых каналов, а также коммутации пакетов и кадров (frame relay).
- Интерфейс UNI предоставляется пользователям ISDN в двух видах - BRI и PRI. Интерфейс BRI предназначен для массового пользователя и построен по схеме 2B+D. Интерфейс PRI имеет две разновидности - североамериканскую 23B+D и европейскую 30B+D.
- Каналы типа D образуют сеть с коммутацией пакетов, выполняющую двоякую роль в сети ISDN: во-первых, передачу запроса на установление коммутируемого канала типа B с другим абонентом сети, во-вторых, обмен пакетами X.25 с абонентами сети ISDN или внешней сети X.25, соединенной с сетью ISDN.
- Цифровое абонентское окончание DSL сети ISDN для интерфейса BRI представляет собой 2-проводной кабель с максимальной длиной 5,5 км.
- Построение глобальных связей на основе сетей ISDN в корпоративной сети ограничено в основном организацией удаленного доступа и объединением небольших локальных сетей на основании службы коммутации каналов. Служба коммутации пакетов по каналу типа D реализуется редко - это связано с его невысокой скоростью, которая обычно составляет не более 9600 бит/с. Поэтому сети ISDN используются так же, как и аналоговые телефонные сети, но только как более скоростные и надежные.

25. Сети X.25. Особенности и применение сетей X.25 в современном мире.

Коротко

X.25 первая крупномасштабная реализация сетей с коммутацией пакетов PSN. X.25 имели невысокие скорости передачи данных, кот. компенсируются службами контроля ошибок на уровне сети и восстановл-ия. X.25 состоит из 4 компонентов: терминальн. оборудование (DTE) - устройство, кот. посылает и получает сетевые данные по сети пакетной коммутации, сборка/разборка пакетов (PAD), оконечное оборудование канала передачи данных (DCE) и пакетные коммутаторы (PSE).

Функции PAD:

- сборка символов, получаемых от асинхронных терминалов, в пакеты.
- разборка полей данных в пакетах и вывод данных на асинхр-е терминалы.
- управление процедурами установления соединения и разъединения по сети с нужным компом.
- передача символов, включающих старт-стопные сигналы и биты проверки на четность.
- продвижение пакетов при наличии соответст-х условий.

PAD используется для подключения кассовых аппаратов и банкоматов.

Технология X.25 имеет трехуровневый стек протоколов (физич., каналн., сетевой)

Протокол физ. уровня не оговорен, что дает возможность использовать каналы разных стандартов.

На каналном уровне используется протокол LAP-B (оба узла уч. в соединении равноправны).

Сетевой протокол X.25/3 выполняет функции маршрутизации пакетов, управления потоком пакетов.

Сеть состоит из коммутаторов соединенных высокоскоростными выделенными каналами.

Сети X.25 являются на сегодняшний день самыми распространенными сетями с коммутацией пакетов, используемыми для построения корпоративных сетей. Основная причина такой ситуации состоит в том, что долгое время сети X.25 были единственными доступными сетями с коммутацией пакетов коммерческого типа, в которых давались гарантии коэффициента готовности сети. Сеть Internet также имеет долгую историю существования, но как коммерческая сеть она начала эксплуатироваться совсем недавно, поэтому для корпоративных пользователей выбора не было. Кроме того, сети X.25 хорошо работают на ненадежных линиях благодаря протоколам с установлением соединения и коррекцией ошибок на двух уровнях - каналном и сетевом.

Технология сетей X.25 имеет несколько существенных признаков, отличающих ее от других технологий.

- Наличие в структуре сети специального устройства - PAD (Packet Assembler Disassembler), предназначенного для выполнения операции сборки нескольких низкоскоростных потоков байт от алфавитно-цифровых терминалов в пакеты, передаваемые по сети и направляемые компьютерам для обработки. Эти устройства имеют также русскоязычное название «Сборщик-разборщик пакетов», СРП.
- Наличие трехуровневого стека протоколов с использованием на каналном и сетевом уровнях протоколов с установлением соединения, управляющих потоками данных и исправляющих ошибки.
- Ориентация на однородные стеки транспортных протоколов во всех узлах сети - сетевой уровень рассчитан на работу только с одним протоколом каналного уровня и не может подобно протоколу IP объединять разнородные сети. Сеть X.25 состоит из коммутаторов (Switches, S), называемых также центрами коммутации пакетов (ЦКП), расположенных в различных географических точках и соединенных высокоскоростными выделенными каналами (рис. 6.22). Выделенные каналы могут быть как цифровыми, так и аналоговыми.

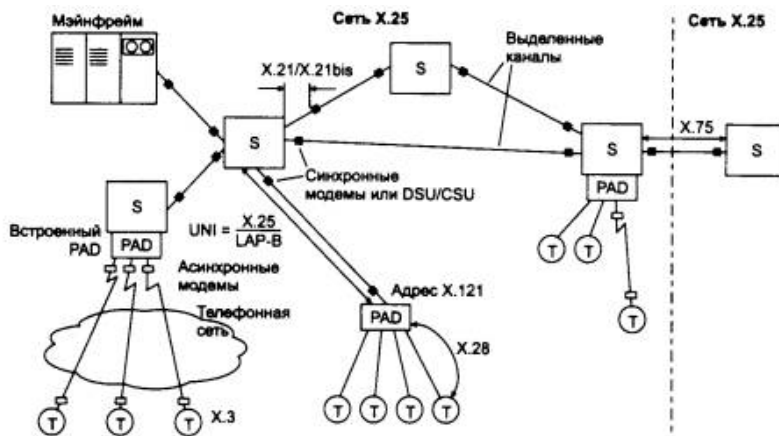


Рис. 6.22. Структура сети X.25

Выводы к билету №25 (альтернативный ответ)

- Сети X.25 относятся к одной из наиболее старых и отработанных технологий глобальных сетей. Трехуровневый стек протоколов сетей X.25 хорошо работает на ненадежных зашумленных каналах связи, исправляя ошибки и управляя потоком данных на канальном и пакетном уровнях.
- Сети X.25 поддерживают групповое подключение к сети простых алфавитно-цифровых терминалов за счет включения в сеть специальных устройств PAD, каждое из которых представляет собой особый вид терминального сервера.
- На надежных волоконно-оптических каналах технология X.25 становится избыточной и неэффективной, так как значительная часть работы ее протоколов ведется «вхолостую».

Выводы

- К технологиям глобальных сетей с коммутацией пакетов относятся сети X.25, frame relay, SMDS, ATM и TCP/IP. Все эти сети, кроме сетей TCP/IP, используют маршрутизацию пакетов, основанную на виртуальных каналах между конечными узлами сети.
- Сети TCP/IP занимают особое положение среди технологий глобальных сетей, так как они выполняют роль технологии объединения сетей любых типов, в том числе и сетей всех остальных глобальных технологий. Таким образом, сети TCP/IP относятся к более высокоуровневым технологиям, чем технологии собственно глобальных сетей.
- Техника виртуальных каналов заключается в разделении операций маршрутизации и коммутации пакетов. Первый пакет таких сетей содержит адрес вызываемого абонента и прокладывает виртуальный путь в сети, настраивая промежуточные коммутаторы. Остальные пакеты проходят по виртуальному каналу в режиме коммутации на основании номера виртуального канала, который является локальным адресом для каждого порта каждого коммутатора.
- Техника виртуальных каналов имеет преимущества и недостатки по сравнению с техникой маршрутизации каждого пакета, характерной для сетей IP или IPX. Преимуществами являются: ускоренная коммутация пакетов по номеру виртуального канала, а также сокращение адресной части пакета, а значит, и избыточности заголовка. К недостаткам следует отнести невозможность распараллеливания потока данных между двумя абонентами по параллельным путям, а также неэффективность установления виртуального пути для кратковременных потоков данных.
-
- Технология ATM является дальнейшим развитием идей предварительного резервирования пропускной способности виртуального канала, реализованных в технологии frame relay.
- Технология ATM поддерживает основные типы трафика, существующие у абонентов разного типа: трафик с постоянной битовой скоростью CBR, характерный для телефонных сетей и сетей передачи изображения, трафик с переменной битовой скоростью VBR, характерный для компьютерных сетей, а также для передачи компрессированного голоса и изображения.
- Для каждого типа трафика пользователь может заказать у сети значения нескольких параметров качества обслуживания - максимальной битовой скорости PCR, средней битовой скорости SCR, максимальной пульсации MBS, а также контроля временных соотношений между передатчиком и приемником, важных для трафика, чувствительного к задержкам.
- Технология ATM сама не определяет новые стандарты для физического уровня, а пользуется существующими. Основным стандартом для ATM является физический уровень каналов технологий SONET/SDH и PDH.
- Ввиду того что ATM поддерживает все основные существующие типы трафика, она выбрана в качестве транспортной основы широкополосных цифровых сетей с интеграцией услуг - сетей B-ISDN, которые должны заменить сети ISDN.

1. Линейное кодирование. Пропускная способность линий связи. Связь между полосой пропускания и пропускной способностью (теорема Шеннона, критерий Найквиста).
2. Методы передачи дискретных данных по линиям связи. Аналоговая модуляция, цифровое кодирование и их особенности.
3. Аналоговая модуляция. Модемы. Способы модуляции и их спектральные характеристики.
4. Цифровое кодирование. Особенности и проблемы цифрового кодирования, характеристики цифровых кодов. Основные типы кодирования и их спектральные характеристики.
5. Логическое кодирование. Необходимость и особенности логического кодирования. Наиболее популярные методы логического кодирования.
6. Передача аналоговых сигналов по цифровым линиям связи. Дискретная модуляция. Теорема Найквиста-Котельникова и ее применение к кодированию человеческой речи. Способы улучшения дискретной модуляции для разных типов сигналов.
7. Кабели связи. Характеристики кабелей связи, стандарты кабельной продукции.
8. Структурированные кабельные сети (системы).
9. Проблемы совместного использования линий связи. Мультиплексирование и демультиплексирование. TDM и цифровая телефония.
10. Сети с коммутацией каналов и сети с коммутацией пакетов. Основные отличия и характеристики. Применения и примеры сетей с различными способами коммутации.
11. Методы доступа к среде передачи и их применение в локальных сетях ЭВМ.
12. Сетевые топологии физического уровня и их связь с методами доступа к среде.
13. Локальные и глобальные сети. Основные характеристики и отличия. Структура крупных локальных и глобальных сетей.
14. Локальные сети на основе технологии Ethernet. Физический и канальный уровни. Основные характеристики и отличия. Различные реализации и их особенности.
15. Коммутируемые сети Ethernet. Концепции коммутации и бриджинга, различные типы коммутаторов и мостов.
16. Технологии MetroEthernet, специфика адаптации технологии Ethernet к сетям доступа.
17. Локальные сети на основе технологии FDDI. Физический и канальный уровни. Основные характеристики и отличия. Различные реализации и их особенности.
18. Локальные сети на основе технологии Token Ring. Физический и канальный уровни. Основные характеристики и отличия. Различные реализации и их особенности.
19. Глобальные сети связи. Различные типы глобальных сетей, особенности и характеристики.
20. Сети на основе Frame Relay. Особенности технологии и ее расширения.
21. Сети ISDN. Концепция сети с интеграцией услуг. Характеристики, применение к передаче голоса и данных.
22. Сети X.25. Особенности и применение сетей X.25 в современном мире,
23. Уровневые иерархические модели объединения сетей, основы и идеология. Модель взаимодействия открытых систем (OSI) как пример уровневой модели. Характеристики уровней и их реализация в существующих сетях.
24. Сети на основе стека протоколов TCP/IP. История возникновения, структура стека протоколов и назначение различных элементов стека. Протоколы, порты, сокет.
25. Структура адресного пространства в сетях TCP/IP для IPv4. Деление сетей на подсети. CIDR, VLSM.
26. Основные принципы работы маршрутизатора. Таблицы маршрутизации, форвардинг, типы маршрутов, фрагментация, MTU.
27. Особенности и отличия IPv6, обеспечение обратной совместимости с IPv4, новая функциональность и проблемы внедрения.
28. Доменная система имен.

29. Маршрутизация. Принципиальные подходы к решению проблемы маршрутизации для сетей различного размера. Distance vector и Link-state алгоритмы (концепция). IGP против EGP. Проблемы роста и подходы к их решению.
30. Протокол RIP. Особенности и проблемы, способы их решения. Ограничения применения и их анализ.
31. Протокол OSPF в сетях сложной структуры. Концепция областей и обмена маршрутами. Агрегирование.
32. Маршрутизация в рамках EGP. Протоколы BGP-3 и BGP-4. Атрибуты и их характеристики. Особенности и проблемы, присущие протоколам глобальной маршрутизации. Агрегирование, CIDR, VLSM.
33. Технологии MPLS/IP и EoMPLS, концепция Label Switching, применение MPLS для построения виртуальных частных сетей (MPLS/VPN), пересекающиеся адресные пространства.
34. Механизмы обеспечения качества обслуживания (QoS) в IPv4, различные подходы к обеспечению QoS в зависимости от задачи, алгоритмы обслуживания и предотвращения перегрузки сети.
35. Виртуальные частные сети как механизм туннелирования трафика, технологии PPTP и L2TP, особенности применения и отличительные особенности.
36. Построение защищенных каналов связи поверх IP с использованием технологии IPSEC, интеграция IPSEC в IPv6, использование IPSEC в IPv4. Протоколы IKE, ISAKMP, AH, ESP.
37. Передача голосового трафика поверх IP, протоколы SIP, RTP. Особенности алгоритмов компрессии голоса и проблемы транспортной инфраструктуры.
38. Технологии IP multicast для IPv4: взаимодействие с unicast-маршрутизацией, IGMP, PIM, RP.
39. Функционирование почтовой системы на основе SMTP/ESMTP, envelope и header адреса, различные технологии защиты от спама.
40. Обеспечение безопасности в сетях на основе IPv4 и IPv6. Проблемы и способы их решения.

Главное отличие внешних линий связи от внутренних состоит в их гораздо большей протяженности, а также в том, что они проходят вне экранированного корпуса по пространствам, зачастую подверженным воздействию сильных электромагнитных помех.

На способ передачи сигналов влияет и количество проводов в линиях связи между компьютерами. Для сокращения стоимости линий связи в сетях обычно стремятся к сокращению количества проводов и из-за этого используют не параллельную передачу всех бит одного байта или даже нескольких байт, как это делается внутри компьютера, а последовательную, побитную передачу, требующую всего одной пары проводов проблема взаимной синхронизации передатчика одного компьютера с приемником другого. существует вероятность искажения некоторых бит передаваемых данных.

Как сети с коммутацией пакетов, так и сети с Коммутацией каналов можно разделить на два класса по другому признаку:

- на сети с динамической коммутацией (соединение по инициативе пользователя на время сеанса связи)
- и сети с постоянной коммутацией. (сеть разрешает паре пользователей заказать соединение на длительный период времени, . соединение устанавливается персоналом, обслуживающим сеть)

Примерами сетей, поддерживающих режим динамической коммутации, являются телефонные сети общего пользования, локальные сети, сети TCP/IP.

Сегодня практически все данные - голос, изображение, компьютерные данные - передаются в цифровой форме. Поэтому выделенные каналы TDM-технологии, которые обеспечивают нижний уровень для передачи цифровых данных, являются универсальными каналами для построения сетей любого типа: телефонных, телевизионных и компьютерных.

17(б). Локальные сети на основе технологии Ethernet. Физический и канальный уровни. Основные характеристики и отличия. Различные реализации и их особенности.

Осн. принцип, полож. в основу **Ethernet**, - случайный метод доступа к разделяемой среде передачи данных. В качестве такой среды может использоваться толстый или тонкий коаксиальный кабель, витая пара, оптоволокно или радиоволны

В стандарте Ethernet строго зафиксирована топология электрических связей. Компьютеры подключаются к разделяемой среде в соответствии с типовой структурой «общая шина» (рис. 1.13).

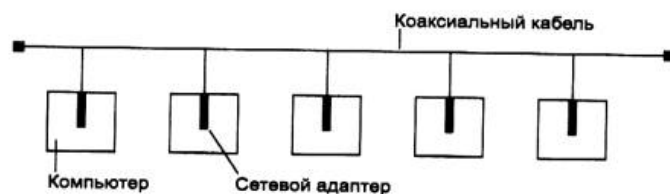


Рис. 1.13. Сеть Ethernet

С помощью разделяемой во времени шины любые два компьютера могут обмениваться данными. Управление доступом к линии связи осуществляется специальными контроллерами - сетевыми адаптерами Ethernet. Каждый компьютер, а более точно, каждый сетевой адаптер, имеет уникальный адрес. Передача данных происходит со скоростью 10 Мбит/с. Эта величина является пропускной способностью сети Ethernet.

Физический уровень (Physical layer) имеет дело с передачей битов по физическим каналам связи, (коаксиальный кабель, витая пара, оптоволоконный кабель или цифровой территориальный канал). К этому уровню имеют отношение характеристики физических сред передачи данных, такие как полоса пропускания, помехозащищенность, волновое сопротивление и другие. На этом же уровне определяются характеристики электрических сигналов, передающих дискретную информацию, (крутизна фронтов импульсов, уровни напряжения или тока передаваемого сигнала, тип кодирования, скорость передачи сигналов). Кроме этого, здесь стандартизируются типы разъемов и назначение каждого контакта.

Функции физического уровня реализуются во всех устройствах, подключенных к сети. Со стороны компьютера функции физического уровня выполняются сетевым адаптером или последовательным портом.

Примером протокола **физического уровня** может служить спецификация **10-Base-T технологии Ethernet**, которая определяет в качестве используемого кабеля незранированную витую пару категории 3 с волновым сопротивлением 100 Ом, разъем RJ-45, максимальную длину физического сегмента 100 метров, манчестерский код для представления данных в кабеле, а также некоторые другие характеристики среды и электрических сигналов.

Канальный уровень (Data Link layer)

На физическом уровне при пересылке битов не учитывается, что физическая среда передачи может быть занята.

Задачи канального уровня:

- проверка доступности среды передачи.
- реализация механизмов обнаружения и коррекции ошибок.

Для этого на канальном уровне биты группируются в наборы, называемые **кадрами** (frames). Канальный уровень обеспечивает корректность передачи каждого кадра, помещая специальную последовательность бит в начало и конец каждого кадра, для его выделения, а также вычисляет контрольную сумму, обрабатывая все байты кадра определенным способом и добавляя контрольную сумму к кадру. Когда кадр приходит по сети, получатель снова вычисляет контрольную сумму полученных данных и сравнивает результат с контрольной суммой из кадра. Если они совпадают, кадр считается правильным и принимается. Если же контрольные суммы не совпадают, то фиксируется ошибка. Канальный уровень может не только обнаруживать ошибки, но и исправлять их за счет повторной передачи поврежденных кадров. Необходимо отметить, что функция исправления ошибок не является обязательной для канального уровня, поэтому в некоторых протоколах этого уровня она отсутствует, например, в Ethernet и frame relay.

В протоколах канального уровня, используемых в локальных сетях, заложена определенная структура связей между компьютерами и способы их адресации. Хотя канальный уровень и обеспечивает доставку кадра между любыми двумя узлами локальной сети, он это делает только в сети с совершенно определенной топологией связей, именно той топологией, для которой он был разработан. К таким типовым топологиям, поддерживаемым протоколами канального уровня локальных сетей, относятся общая шина, кольцо и звезда, а также структуры, полученные из них с помощью мостов и коммутаторов. Примерами протоколов канального уровня являются протоколы Ethernet, Token Ring, FDDI, 100VG-AnyLAN.

В локальных сетях протоколы канального уровня используются компьютерами, мостами, коммутаторами и маршрутизаторами. В компьютерах функции канального уровня реализуются совместными усилиями сетевых адаптеров и их драйверов.

В целом канальный уровень представляет собой весьма мощный и законченный набор функций по пересылке сообщений между узлами сети. В некоторых случаях протоколы канального уровня оказываются самодостаточными транспортными средствами и могут допускать работу поверх них непосредственно протоколов прикладного уровня или приложений, без привлечения средств сетевого и транспортного уровней.

Технология Ethernet (802.3)

Ethernet - это самый распространенный на сегодняшний день стандарт локальных сетей. Общее количество сетей, работающих по протоколу Ethernet в настоящее время, оценивается в 5 миллионов, а количество компьютеров с установленными сетевыми адаптерами Ethernet - в 50 миллионов.

Когда говорят Ethernet, то под этим обычно понимают любой из вариантов этой технологии. В более узком смысле Ethernet - это сетевой стандарт, основанный на экспериментальной сети Ethernet Network, которую фирма Xerox разработала и реализовала в 1975 году. Метод доступа был опробован еще раньше: во второй половине 60-х годов в радиосети Гавайского университета использовались различные варианты случайного доступа к общей радиосреде, получившие общее название Aloha. В 1980 году фирмы DEC, Intel и Xerox совместно разработали и опубликовали стандарт Ethernet версии II для сети, построенной на основе коаксиального кабеля, который стал последней версией фирменного стандарта Ethernet. Поэтому фирменную версию стандарта Ethernet называют стандартом Ethernet DIX или Ethernet II.

На основе стандарта Ethernet DIX был разработан стандарт IEEE 802.3, который во многом совпадает со своим предшественником, но некоторые различия все же имеются. В то время как в стандарте IEEE 802.3 различаются уровни MAC и LLC, в оригинальном Ethernet оба эти уровня объединены в единый канальный уровень, в Ethernet DIX определяется протокол тестирования конфигурации (Ethernet Configuration Test Protocol), который отсутствует в IEEE 802.3. Несколько отличается и формат кадра, хотя минимальные и максимальные размеры кадров в этих стандартах совпадают. Часто для того, чтобы отличить Ethernet, определенный стандартом IEEE, и фирменный Ethernet DIX, первый называют технологией 802.3, а за фирменным оставляют название Ethernet без дополнительных обозначений.

В зависимости от типа физической среды стандарт IEEE 802.3 имеет различные модификации - 10Base-5, 10Base-2, 10Base-T, 10Base-FL, 10Base-FB.

Общие ограничения для всех стандартов Ethernet	
Номинальная пропускная способность	10 Мбит/с
Максимальное число станций в сети	1024
Максимальное расстояние между узлами в сети	2500 м (в 10Base-FB 2750 м)
Максимальное число коаксиальных сегментов в сети	5

К основным функциям PAD, определенных стандартом X.3, относятся:

- сборка символов, полученных от асинхронных терминалов, в пакеты;
- разборка полей данных в пакетах и вывод данных на асинхронные терминалы;
- управление процедурами установления соединения и разъединения по сети X.25 с нужным компьютером;
- передача символов, включающих старт-стопные сигналы и биты проверки на четность, по требованию асинхронного терминала;
- продвижение пакетов при наличии соответствующих условий, таких как заполнение пакета, истечение времени ожидания и др.

Терминалы не имеют конечных адресов сети X.25. Адрес присваивается порту PAD, который подключен к коммутатору пакетов X.25 с помощью выделенного канала.