

**ПРОСЖЕЛДОР**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Ростовский государственный университет путей сообщения»**  
**(ФГБОУ ВО РГУПС)**

---

И.Я. Бурнашев

**ПЕРЕДАЧА ДИСКРЕТНЫХ СООБЩЕНИЙ**  
**НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ**

Учебно-методическое пособие  
к практическим занятиям

Ростов-на-Дону  
2017

УДК 656.25(07) + 06

Рецензент – кандидат технических наук, доцент Д.В. Швалов

**Бурнашев И.Я.**

Передача дискретных сообщений на железнодорожном транспорте: учебно-методическое пособие к практическим занятиям / И.Я. Бурнашев; ФГБОУ ВО РГУПС. – Ростов н/Д, 2017. – 20 с.: ил.

В учебно-методическом пособии приведены механизмы кодирования, преобразования и сжатия информации, представлены расчеты параметров сетей и систем передачи данных, рассматриваются основы проектирования локальных вычислительных сетей.

Предназначено для студентов специальности «Системы обеспечения движения поездов» специализации «Телекоммуникационные системы и сети железнодорожного транспорта» при проведении практических занятий и самостоятельной работы.

Одобрено к изданию кафедрой «Связь на железнодорожном транспорте»

© Бурнашев И.Я., 2017

© ФГБОУ ВО РГУПС, 2017

## Оглавление

1. Основы кодирования и преобразования информации.....	4
2. Механизмы и алгоритмы сжатия информации.....	9
3. Оценка характеристик технических средств передачи данных.....	14
4. Расчет параметров сетей и систем передачи данных.....	19
5. Изучение алгоритмов работы локальных вычислительных сетей.....	27
6 Основы проектирования сетей передачи данных.....	35
Литература.....	43

# СБОРНИК ПРИМЕРОВ И ЗАДАЧ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

## 1 Основы кодирования и преобразования информации

Задача № 1: Передача информации ведется стартстопным кодом МТК-2 в дискретном двоичном канале без помех. Скорость передачи равна  $N$  знак/мин. Вероятность  $P_i$  появления символа «1» на информационных позициях даны, где  $i = 2, \dots, 6$  ( $i$  соответствует номеру единичного элемента в кодовой комбинации)

### Требуется:

1. Дать определение единицам измерения «Бит», «Бит/с», «Бод».
2. Определить количество информации, приходящейся на каждый информационный единичный элемент кодовой комбинации  $I_i$  бит/элемент.
3. Определить количество информации, содержащейся в кодовой комбинации (знаке)  $I_{zn}$  бит/знак.
4. Определить максимально возможное количество информации, которое может содержаться в кодовой комбинации (знаке)  $I_{zn \max}$  бит/знак
5. Определить скорость модуляции  $B$  Бод, скорость передачи информации  $R$ .
6. Указать две причины того, что  $R < B$  для кода МТК-2.

### Дано:

$N$ , знак/мин = 19200.

$P_2 = 0,55$ ;  $P_3 = 0,4$ ;  $P_4 = 0,35$ ;  $P_5 = 0,8$ ;  $P_6 = 0,7$ .

### Решение:

1. Бит – объем информации, переносящий один символ дискретного сообщения, когда алфавит источника состоит из двух равновероятных символов.

Бит/с – единица измерения скорости передачи информации по каналу.

Бод - скорость передачи одного символа в секунду, где изменение напряжения однозначно регистрируется принимающей стороной как один из символов алфавита.

2. Определим количество информации, приходящейся на каждый информационный единичный элемент кодовой комбинации

$$I_i = P_i \cdot \log_2 \frac{1}{P_i} + (1 - P_i) \cdot \log_2 \frac{1}{1 - P_i}, \text{ бит/элемент}$$

где  $P_i$  - вероятность появления символа, при их неравномерной передаче.

$$I_2 = 0,55 \log_2 \frac{1}{0,55} + (1 - 0,55) \cdot \log_2 \frac{1}{1 - 0,55} = 0,993, \text{ бит / элемент}$$

$$I_3 = 0,4 \log_2 \frac{1}{0,4} + (1 - 0,4) \cdot \log_2 \frac{1}{1 - 0,4} = 0,971, \text{ бит / элемент}$$

$$I_4 = 0,35 \log_2 \frac{1}{0,35} + (1-0,35) \cdot \log_2 \frac{1}{1-0,35} = 0,934, \text{бит} / \text{элемент}$$

$$I_5 = 0,8 \log_2 \frac{1}{0,8} + (1-0,8) \cdot \log_2 \frac{1}{1-0,8} = 0,722, \text{бит} / \text{элемент}$$

$$I_6 = 0,7 \log_2 \frac{1}{0,7} + (1-0,7) \log_2 \frac{1}{1-0,7} = 0,881, \text{бит} / \text{элемент}$$

3. Определим количество информации содержащейся в кодовой комбинации:

$$I_{kk} = \sum_{i=2}^6 I_i, \text{бит} / \text{знак},$$

где  $I_i$  - количество информации, приходящейся на каждый информационный единичный элемент кодовой комбинации.

$$I_{kk} = 0,993 + 0,971 + 0,934 + 0,722 + 0,881 = 4,501, \text{бит} / \text{знак}$$

4. Определим максимально возможное количество информации, которое может содержаться в кодовой комбинации (знаке):

$$I_{kk} \max = \sum_{i=2}^6 I \max, \text{бит} / \text{знак}$$

Определим максимально возможное количество информации, которое может содержаться в кодовой комбинации (знаке) из формулы:

$$I \max = -\log_2 (P_i), \text{бит} / \text{знак}$$

$$I_2 \max = -\log_2 0,55 = 0,862, \text{бит} / \text{знак}$$

$$I_3 \max = -\log_2 0,4 = 1,322, \text{бит} / \text{знак}$$

$$I_4 \max = -\log_2 0,35 = 1,515, \text{бит} / \text{знак}$$

$$I_5 \max = -\log_2 0,8 = 0,322, \text{бит} / \text{знак}$$

$$I_6 \max = -\log_2 0,7 = 0,515, \text{бит} / \text{знак}$$

$$I_{kk} \max = 0,862 + 1,322 + 1,515 + 0,322 + 0,515 = 4,535, \text{бит} / \text{знак}$$

5. Определим скорость модуляции В Бод из формулы:

$$B = \frac{1}{\tau_0}, \text{Бод}$$

где  $\tau_0$  - длительность единичного элемента

$\tau_0 = 0,41$  мс, найдена расчетным путем из  $N = 19200$  знак/мин по формуле:

$$\tau_0 = \frac{60}{N \cdot 7,5}$$

Таким образом:  $B = \frac{1}{0.41 \cdot 10^{-3}} = 2439 \approx 2440 \text{ Бод}$

Далее определяем скорость передачи информации R, бит/с:

$$R = \frac{B \cdot K}{n}, \text{ бит/с},$$

где K- количество информационных элементов в кодовой комбинации;  
 B – скорость модуляции (телеграфирования);  
 n – общее количество единичных элементов в кодовой комбинации.

$$R = \frac{2440 \cdot 5}{7.5} = 1627, \text{ бит/с}$$

$C_{\max} = B = 2440$  бит/с, т.к. по условия задачи используется канал без помех.

6. В пятиэлементном коде МТК-2  $B > R$ , потому что:

- все передаваемые единичные элементы являются информационными;
- имеем потери информации в канале связи, например, из-за помех или несоответствия канала спектру передаваемых сигналов.

Задача № 2:

1. Закодировать кодом ASCII символы своего отчества, в каждой комбинации добавить 8-й разряд-бит проверки на четность (всего 9 букв).
2. Сформировать из 9 комбинаций 3 кадра с форматом в протоколе Xmodem.
3. Пояснить последовательность операций, выполняемых приемником и передатчиком при передаче файла из 3-х кадров по протоколу Xmodem. Передача сопровождается ошибочными кадрами на приеме с номерами  $i = 1, 2, 3$ .

### Решение:

1. Закодируем кодом ASCII символы своего отчества и к каждой комбинации добавим 8й разряд-бит проверки на четность

<i>Буква</i>	<i>Код</i>
<i>V</i>	<i>10101100</i>
<i>a</i>	<i>11000011</i>
<i>d</i>	<i>11001001</i>
<i>i</i>	<i>11010010</i>
<i>m</i>	<i>11011011</i>
<i>o</i>	<i>11011110</i>
<i>v</i>	<i>11101101</i>
<i>n</i>	<i>11011101</i>
<i>a</i>	<i>11000011</i>

2. Формируем из 9 комбинаций 3 кадра с форматом, принятым в протоколе Xmodem

<i>Признак</i>	<i>Порядковый</i>	<i>Обратный код</i>	<i>Поле данных</i>	<i>Контрольная</i>
0000001	00000001	11111110	101011001100001111001001	00011100
0000001	00000010	11111101	110100101101101111011110	01000110
0000001	00000011	11111100	111011011101110111000011	01000110

3. Последовательность операций, выполняемых приемником и передатчиком при передаче файла из 3-х кадров по протоколу Xmodem. Передача сопровождается ошибочными кадрами на приеме с номерами  $i = 1, 2, 3$ :

Последовательность операций, выполняемых приемником и передатчиком при передаче файла с помощью протокола Xmodem, показана в табл. 8.1.

Передающая ЭВМ начинает передачу файла только после приема от принимающей ЭВМ знака NAK (Negative Acknowledge), представляющего собой последовательность <0010101> в кодировке ASCII.

Принимающая ЭВМ передает эту последовательность до тех пор, пока не начнется передача собственно файла. Если передано девять знаков NAK, а передача файла не началась, процесс должен быть возобновлен вручную.

После приема знака NAK передающая ЭВМ посылает знак начала блока SOH (Start Of Header) (01h), два номера блока (сам номер и его двоичное дополнение по "единицам"), блок данных из 128 байт и контрольную сумму блока CS (Check Sum).

Блоки нумеруются по модулю 256. Контрольная сумма размером в 1 байт представляет собой остаток от деления на 255 суммы значений кодов ASCII знаков, входящих в блок данных.

Принимающая ЭВМ вычисляет контрольную сумму и сравнивает ее с принятой. Если сравниваемые значения различны или прошло 10с, а прием блока не завершен, принимающая ЭВМ посылает передатчику знак NAK - запрос на повторную передачу последнего блока. Если блок принят правильно, приемник передает подтверждение знаком ACK (06h). Если следующий блок не поступил в течение 10с, то передача знака ACK повторяется до тех пор, пока блок не будет принят правильно. После девяти неудачных попыток передачи блока связь прерывается.

В протоколе используется двукратная передача номера. Это исключает повторную передачу одного и того же блока из-за потери подтверждающего сообщения. Принимающий компьютер контролирует уникальность номеров принимаемых блоков. Если блок ошибочно передан повторно, то он сбрасывается. После успешной передачи всех данных передающий компьютер посылает знак завершения передачи EOT (End Of Transmission) (04h), сообщающий об окончании передачи файла.

Перерыв в передаче блока свыше 1с считается перерывом связи.

Преимущества данного протокола перед другими заключаются в его доступности для разработчиков программных средств, простоте реализации на языках высокого уровня, малом объеме приемного буфера (256 байт) и возможности передачи не только символьных (в кодах ASCII), но и исполняемых файлов (\*.com и

\*.exe). Последнее возможно благодаря тому, что конец файла определяется подсчетом переданных байтов и использованием вместо знака файлового маркера (Ctrl-Z, "Z") специального сигнала завершения. Вероятность необнаруженной ошибки при передаче данных этим протоколом составляет  $PНО = 0,0004$ , что несколько ниже, чем при обычной асинхронной проверке паритета, где  $PНО = 0,05$ .

### Передача файла с помощью протокола Xmodem

Таблица 1.1

<i>Передатчик</i>	<i>Направление передачи</i>	<i>Приемник</i>
		<NAK>
<SOH> 01 FE <данные C8>	-*	Ошибочный кадр 1
		<NAK>
<SOH> 01 FE <данные C8>	^	,
	<	<ACK>
<SOH> 02 FD <данные C8>	-*	Ошибочный кадр 2
		<NAK>
<SOH> 02 FD <данные C8>	^	,
	<	<ACK>
<SOH> 03 FC <данные C8>	-*	Ошибочный кадр 3
		<NAK>
<SOH> 03 FC <данные C8>	^	,
	<	<ACK>
<EOT>	-*	
		<Любой знак кроме ACK>
<EOT>	,-t.....	
	4 -	<ACK>
<i>Передача файла завершена</i>		

Основными недостатками протокола Xmodem являются: низкая производительность, обусловленная использованием механизма ARQ типа SAW, большая вероятность необнаруженных ошибок, необходимость задания имени файла при приеме и относительно большой объем передаваемой служебной информации.

Последующие модификации протокола Xmodem были направлены на устранение этих и некоторых других его недостатков.

Задания для самостоятельного выполнения:

1. Закодировать кодом ASCII символы своей фамилии и имени, в каждой комбинации добавить 8-й разряд-бит проверки на четность (всего 9 букв).

2. Сформировать из  $n$  комбинаций 3...8 кадров с форматом в протоколе Xmodem.

3. Пояснить последовательность операций, выполняемых приемником и передатчиком при передаче файла из 3...8 кадров по протоколу Xmodem. Передача сопровождается ошибочными кадрами на приеме с номерами  $i = 1, 2, 3$ .



## 2 Механизмы и алгоритмы сжатия информации

Сжатие данных осуществляется на прикладном уровне с помощью программ сжатия, таких, как ARJ, или с помощью устройств защиты от ошибок (УЗО) непосредственно в составе модемов по протоколам типа V.42bis.

Очевидный способ сжатия числовой информации, представленной в коде ASCII, заключается в использовании сокращенного кода с четырьмя битами на символ вместо восьми, так как передается набор, включающий только 10 цифр, символы "точка", "запятая" и "пробел".

Среди простых алгоритмов сжатия наиболее известны алгоритмы RLE (Run Length Encoding). В них вместо передачи цепочки из одинаковых символов передаются символ и значение длины цепочки. Метод эффективен при передаче растровых изображений, но малополезен при передаче текста.

К методам сжатия относят также методы разностного кодирования, поскольку разности амплитуд отсчетов представляются меньшим числом разрядов, чем сами амплитуды. Разностное кодирование реализовано в методах дельта-модуляции и ее разновидностях.

Предсказывающие (предикативные) методы основаны на экстраполяции значений амплитуд отсчетов, и если выполнено условие, то отсчет должен быть передан, иначе он является избыточным;

$$A_r - A_p > d,$$

здесь  $A_r$  и  $A_p$  - амплитуды реального и предсказанного отсчетов,  
 $d$  - допуск (допустимая погрешность представления амплитуд).

Иллюстрация предсказывающего метода с линейной экстраполяцией представлена рис. 2.1. Здесь точками показаны предсказываемые значения сигнала. Если точка выходит за пределы "коридора" (допуска  $d$ ), показанного пунктирными линиями, то происходит передача отсчета. На рисунке передаваемые отсчеты отмечены темными кружками в моменты времени  $t_1, t_2, t_4, t_7$ . Если передачи отсчета нет, то на приемном конце принимается экстраполированное значение.

Методы MPEG (Moving Pictures Experts Group) используют предсказывающее кодирование изображений (для сжатия данных о движущихся объектах вместе со звуком). Так, если передавать только изменившиеся во времени пиксели изображения, то достигается сжатие в несколько десятков раз. Этот алгоритм сжатия используется также в стандарте H.261 ITU. Методы MPEG становятся мировыми стандартами для цифрового телевидения.

Для сжатия данных об изображениях можно использовать также методы типа JPEG (Joint Photographic Expert Group), основанные на потере малосущественной информации (не различимые для глаза оттенки кодируются одинаково, коды могут стать короче). В этих методах передаваемая последовательность пикселей делится на блоки, в каждом блоке производится преобразование Фурье, устраняются высокие частоты, передаются коэффициенты разложения для оставшихся ча-

стот, по ним в приемнике изображение восстанавливается.

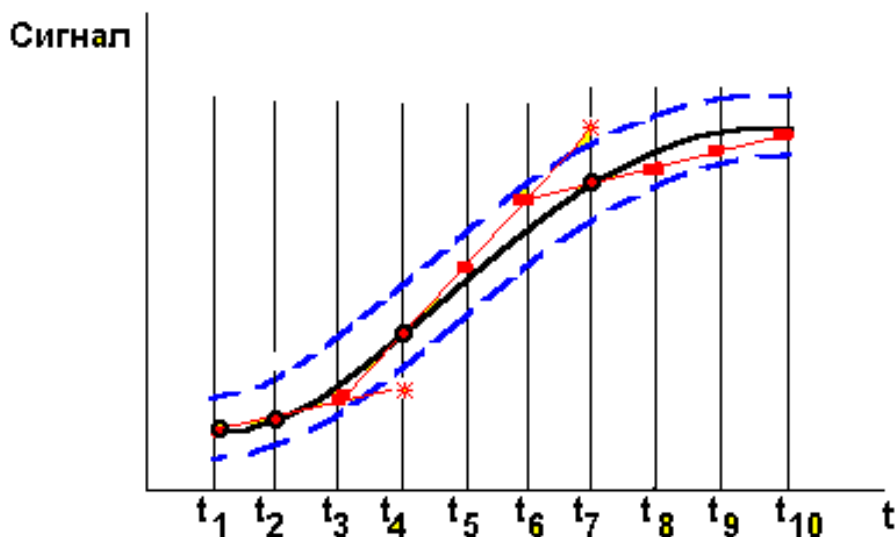


Рисунок 2.1 - Предикативное кодирование

Другой принцип воплощен во фрактальном кодировании, где изображение, представленное совокупностью линий, описывается уравнениями этих линий.

Более универсален широко известный метод Хаффмена, относящийся к статистическим методам сжатия. Идея метода - часто повторяющиеся символы нужно кодировать более короткими цепочками битов, чем цепочки редких символов. Строится двоичное дерево, листья соответствуют кодируемым символам, код символа представляется последовательностью значений ребер (эти значения в двоичном дереве суть 1 и 0), ведущих от корня к листу. Листья символов с высокой вероятностью появления находятся ближе к корню, чем листья маловероятных символов.

Распознавание кода, сжатого по методу Хаффмена, выполняется по алгоритму, аналогичному алгоритмам восходящего грамматического разбора. Например, пусть набор из восьми символов (A, B, C, D, E, F, G, H) имеет следующие правила кодирования:

$$\begin{aligned} A &::= 10; B ::= 01; C ::= 111; D ::= 110; \\ E &::= 0001; F ::= 0000; G ::= 0011; H ::= 0010. \end{aligned}$$

Тогда при распознавании входного потока 101100000110 в стек распознавателя заносится 1, но 1 не совпадает с правой частью ни одного из правил. Поэтому в стек добавляется следующий символ 0. Полученная комбинация 10 распознается и заменяется на A. В стек поступает следующий символ 1, затем 1, затем 0. Сочетание 110 совпадает с правой частью правила для D. Теперь в стеке AD, заносятся следующие символы 0000 и т.д.

Недостаток метода заключается в необходимости знать вероятности символов. Если заранее они не известны, то требуются два прохода: на одном в передатчике подсчитываются вероятности, на другом эти вероятности и сжатый поток символов передаются к приемнику. Однако двухпроходность не всегда возможна.

Этот недостаток устраняется в однопроходных алгоритмах адаптивного сжатия, в которых схема кодирования есть схема приспособления к текущим особенностям передаваемого потока символов. Поскольку схема кодирования известна как кодеру, так и декодеру, сжатое сообщение будет восстановлено на приемном конце.

Обобщением этого способа является алгоритм, основанный на словаре сжатия данных. В нем происходит выделение и запоминание в словаре повторяющихся цепочек символов, которые кодируются цепочками меньшей длины.

Интересен алгоритм "стопка книг", в котором код символа равен его порядковому номеру в списке. Появление символа в кодируемом потоке вызывает его перемещение в начало списка. Очевидно, что часто встречающиеся символы будут тяготеть к малым номерам, а они кодируются более короткими цепочками 1 и 0.

Кроме упомянутых алгоритмов сжатия существуют LZ-алгоритмы (алгоритмы Лемпеля-Зива). В частности, один из них (LZW) применен в протоколе V.42bis.

Лемпель и Зив используют следующую идею: если в тексте сообщения появляется последовательность из двух ранее уже встречавшихся символов, то эта последовательность объявляется новым символом, для нее назначается код, который при определенных условиях может быть значительно короче исходной последовательности. В дальнейшем в сжатом сообщении вместо исходной последовательности записывается назначенный код. При декодировании повторяются аналогичные действия и потому становятся известными последовательности символов для каждого кода.

Одна из алгоритмических реализаций этой идеи включает следующие операции. Первоначально каждому символу алфавита присваивается определенный код (коды - порядковые номера, начиная с 0). При кодировании:

1. Выбирается первый символ сообщения и заменяется на его код.
2. Выбираются следующие два символа и заменяются своими кодами. Одновременно этой комбинации двух символов присваивается свой код. Обычно это номер, равный числу уже использованных кодов. Так, если алфавит включает 8 символов, имеющих коды от 000 до 111, то первая двухсимвольная комбинация получит код 1000, следующая - код 1001 и т.д.
3. Выбираются из исходного текста очередные 2, 3,...N символов до тех пор, пока не образуется еще не встречавшаяся комбинация. Тогда этой комбинации присваивается очередной код, и поскольку совокупность A из первых N-1 символов уже встречалась, то она имеет свой код, который и записывается вместо этих N-1 символов. Каждый акт введения нового кода назовем шагом кодирования.

4. Процесс продолжается до исчерпания исходного текста.

При декодировании код первого символа, а затем второго и третьего заменяются на символы алфавита. При этом становится известным код комбинации второго и третьего символов. В следующей позиции могут быть только коды уже известных символов и их комбинаций. Процесс декодирования продолжается до исчерпания сжатого текста.

Сколько двоичных разрядов нужно выделять для кодирования? Ответ может быть следующим: число разрядов  $R$  на каждом шаге кодирования равно числу разрядов в наиболее длинном из использованных кодов (т.е. числу разрядов в последнем использованном порядковом номере). Поэтому если последний использованный код (порядковый номер) равен  $13=1101$ , то коды  $A$  всех комбинаций должны быть четырехразрядными при кодировании вплоть до появления номера 16, после чего все коды символов начинают рассматриваться как пятиразрядные ( $R=5$ ).

Задача № 3:

Пусть исходный текст представляет собой двоичный код (первая строка таблицы 1), т.е. символами алфавита являются 0 и 1. Коды этих символов соответственно также 0 и 1.

Образующийся по методу Лемпеля-Зива код (LZ-код) показан во второй строке таблицы 2.1.

В третьей строке отмечены шаги кодирования, после которых происходит переход на представление кодов  $A$  увеличенным числом разрядов  $R$ . Так, на первом шаге вводится код 10 для комбинации 00 и поэтому на следующих двух шагах  $R=2$ , после третьего шага  $R=3$ , после седьмого шага  $R=4$ , т.е. в общем случае  $R=K$  после шага  $2K-1-1$ .

В приведенном примере LZ-код оказался даже длиннее исходного кода, так как обычно короткие тексты не дают эффекта сжатия. Эффект сжатия проявляется в достаточно длинных текстах и особенно заметен в графических файлах.

Таблица 2.1

Исходный текст	0.00.000. 01. 11. 111.1111. 110. 0000.00000. 1101. 1110.
LZ-код	0.00.100.001.0011.1011.1101.1010.00110.10010.10001.10110.
$R$	2 3 4
Вводимые коды	- 10 11 100 101 110 111 1000 1001 1010 1011 1100

В другой известной реализации LZ-метода любая ранее встречавшаяся последовательность в сжатом тексте представляет совокупность следующих данных:

- номер первого символа в ранее встречавшейся последовательности;
- число символов в последовательности;
- следующий символ в текущей позиции кодируемого текста.

*Вопросы по занятию:*

1. Какие факторы влияют на степень избыточности данных?
2. Что такое архив? Какие программные средства называются архиваторами?
3. Почему методы сжатия, при которых происходит изменение содержимого данных, называются необратимыми?
4. Приведите примеры форматов сжатия с потерями информации.
5. В чем состоит преимущество обратимых методов сжатия над необратимыми? А недостаток?
6. Какая существует зависимость между коэффициентом сжатия и эффективностью метода сжатия?
7. В чем состоит основная идея алгоритма RLE?
8. В чем состоит основная идея алгоритмов группы KWE?
9. В чем состоит основная идея алгоритма Хаффмана?
10. Какие вы знаете программы-архиваторы? Коротко охарактеризуйте их.
11. В чем состоит основная идея алгоритма MPEG?
12. В чем состоит основная идея алгоритма JPEG?
12. В чем состоит основная идея алгоритма LZW?

### 3 Оценка характеристик технических средств передачи данных

Для проектирования и управления информационно-вычислительными сетями необходимо оценивать следующие характеристики:

- время реакции,
- время передачи,
- коэффициент загрузки и другие.

Полные и достоверные данные о параметрах каждого компонента вычислительной сети можно получить только в том случае, когда она введена в эксплуатацию (хотя бы в пусковом, неполном объеме), либо в том случае, когда введена в эксплуатацию аналогичная сеть. В этом случае на функционирующей информационно-вычислительной сети проводятся изменения требуемых параметров.

Если имеется информационно-вычислительная сеть - аналог, то после проведения измерений следует производить тщательный анализ адекватности полученных данных для разрабатываемой сети.

Однако, проведение измерений трудоемко и дорого, не все параметры поддаются непосредственному измерению, не все параметры, измеренные в информационно-вычислительной сети - аналоге могут быть адекватны разрабатываемой сети, поэтому для получения требуемых временных параметров широко используются методы моделирования (рис. 3.1).

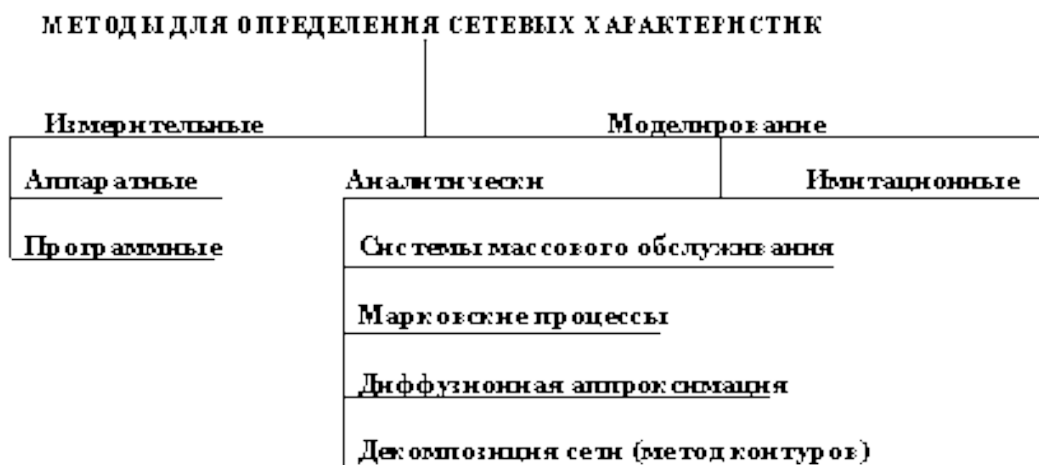


Рисунок 3.1 – Методы определения сетевых характеристик

Модель системы - материальный или логической объект, построенный по определенным правилам моделируемых свойств системы с целью изучения ее функционирования.

Поскольку перед разработчиком информационно-вычислительной сети возникает много вопросов, может быть создан ряд различных моделей систе-

мы. Эти модели отображают одну и ту же систему, но либо рассматривают ее с различных точек зрения или имеют различную степень детальности.

Разработка всякой модели начинается с создания концептуальной модели, которая является основой для любой модели: аналитической или имитационной.

Достаточно широко распространенным классом моделей являются имитационные модели, в которых воспроизводится во времени поведение реальной системы введением в модель условий и временных задержек, которые определяют последовательность переходов компонентов системы из одного состояния в другое.

Имитационная модель информационно-вычислительной сети или ее компонент описывает их функционирование в виде последовательности операций или групп операций, выполняемых компьютерами. Составными частями имитационной модели являются описания элементов, составляющих систему, и описание структуры системы. Описание представляются в виде программ. Поэтому процесс имитационного моделирования сводится к проведению экспериментов, состоящих из серии реализации программ на компьютере при различных исходных данных.

Имитационные модели информационно-вычислительной сети в зависимости от используемых входных данных можно разделить на трассоориентированные и статистические.

В трассоориентированных имитационных моделях входные данные задаются трассой, т.е. потоком событий, имеющих место при работе системы, которые регистрируются в хронологическом порядке.

В статистических имитационных моделях входные данные задаются с помощью датчиков случайных чисел, характеристики которых известны.

Важным преимуществом имитационных моделей перед аналитическими, является потенциальная возможность приблизить ее введением дополнительных усложнений к моделируемому объекту. Но при этом следует учитывать, что сложные имитационные модели требуют для своей реализации больших вычислительных ресурсов, поэтому целесообразно применение имитационных моделей в тех случаях, когда аналитические методы являются непригодными.

Кроме того, следует подчеркнуть, что имитационное моделирование, не проконтролируемое измерениями на реальном объекте, не может быть достаточной гарантией точности полученных результатов.

Аналитическая модель представляет собой набор математических соотношений, которые могут быть использованы для вычисления количественных значений требуемых параметров системы по заданным параметрам системы и рабочей нагрузки.

Аналитические модели используют для описания объектов и отношений математические символы. Любая аналитическая модель строится на основе

понятий и символики некоторой теории. По специфике математического аппарата различают детерминированные и вероятностные модели. К категории детерминированных относятся модели, использующие теоретические концепции машины Тьюринга, сетей Петри, автоматы, графические модели программ. Несмотря на то, что некоторые из этих моделей могут оказать существенную помощь в понимании вычислительных систем и их компонент в получении строгого описания функционирования, а также в создании их имитационных моделей, пока их приложения в качестве аналитических моделей для оценки производительности систем ограничены. Одним из главных препятствий для использования детерминированных моделей в исследованиях оценки производительности является их относительная неспособность отображать изменчивость рабочей нагрузки, наблюдаемую в любой вычислительной сети.

Детерминированная модель рабочей нагрузки применима в том случае, если делается предположение, что рабочая нагрузка состоит из нескольких заданий, которые возникают периодически. В этом случае поведение этих заданий может быть охарактеризовано с большей детальностью, чем в случае непериодической рабочей нагрузки.

Частным случаем, для которого детерминированная модель обычно легко применима, является периодическая рабочая нагрузка, состоящая из одинаковых заданий. Такая модель рабочей нагрузки не слишком далека от действительности для многих специализированных вычислительных устройств.

Вероятностный характер аналитических моделей отражает реально наблюдаемую случайную картину возникновения запросов на ресурсы вычислительных сетей и их составляющих компонент, а также использование этих ресурсов. При применении моделей теории очередей для оценок ресурсов производительности, вычислительные сети и составляющие их компоненты рассматриваются как совокупность обслуживающих устройств, в качестве которых выступают различные компоненты системы: центральный процессор, оперативная память, внешние запоминающие устройства, каналы и устройства ввода-вывода и т.д. Задания или программы, формируют запросы, или заявки на обслуживание к этим компонентам. Поэтому значительная часть моделей, используемых для определения параметров производительности, связана с анализом очередей, коэффициентов использования, интенсивностей обслуживания, время реакции и т.д.

Когда неизвестно точное решение сетевой модели с очередями в замкнутой форме, то иногда оказывается возможным определить приближенное решение. Приближенные методы позволяют решать более сложные и поэтому потенциально более точные модели вычислительных систем.

Использование в моделях метода декомпозиции, предусматривает разбиение сети на подсети, которые исследуются отдельно, а затем заменяются приближенной моделью подсети. Таким образом, окончательный анализ сети



использует вместо подсетей упрощенные компоненты. Развитие метода декомпозиции, называемое методом контуров, предусматривает выделение маршрутов движения однотипных транзакций, для которых составляются математические модели, каждая из которых учитывает взаимное влияние контуров и может учитывать их приоритетность.

Анализ публикаций показывает, что в мировой и отечественной практике для решения задач проектирования все в большей степени используются аналитические методы, которые требуют для своей реализации меньше вычислительных ресурсов и позволяют решать как задачи анализа, так и задачи оптимизации параметров. В ряде работ, посвященных комплексному рассмотрению информационных сетей, несмотря на некоторые различия подходов, для оценки временных характеристик систем используются методы теории массового обслуживания. При построении математической модели принимаются допущения:

- все каналы и все узлы коммутации являются бесшумными и абсолютно надежными;
- время обработки в узлах коммутации равно нулю;
- на передающей стороне канала могут организовываться очереди из сообщений, размещаемых в памяти неограниченной емкости;
- трафик, поступающий в сеть передачи из внешних источников (например, из хост-машин) образует пуассоновский процесс ;
- во многих аналитических соотношениях для каждой пары источник-получатель известен единственный путь, а в некоторых задачах вводится вероятность  $P(j,k)$  перехода из  $j$ -го узла в  $k$ -й;
- длины сообщений независимы и распределены по показательному закону.

Введенные ограничения и допущения обеспечивают решение задач анализа, позволяющих определять: время пребывания сообщений в сети, коэффициенты загрузки каналов связи, длины очередей и решать задачи эффективного проектирования.

Л. Клейнрок в основное внимание уделяет трем задачам:  
выбора пропускных способностей каналов,  
распределения потоков в каналах,  
выбор топологического варианта сети.

Задачи рассматриваются как однокритериальные, минимизирующие среднюю задержку сообщений в сети передачи данных при выполнении ограничений на затраты.

В методах, разработанных Г.П.Захаровым, рассматриваются сети передачи данных с коммутацией пакетов, которые исследуются как двухполюсные многофазовые системы массового обслуживания.

Для этих методов приняты следующие допущения и ограничения:

- законы распределения всех случайных величин принимаются экспоненциальными, кроме третьей фазы системы массового обслуживания, для которой закон распределения времени обслуживания принимается регулярным;
- удельная абонентская нагрузка в абонентских пунктах и компьютерах принимается равномерно распределенной по всей сети передачи данных;
- порядок обслуживания сообщений - прямой;
- время установления логического соединения включено во время коммутации;
- система массового обслуживания неприоритетная;
- сообщения при передаче по сети передачи данных стареют с заданной интенсивностью.

Основными критериями оценки сети передачи данных служат, как правило, вероятность своевременной доставки сообщений и среднее время доставки сообщений.

Несмотря на достаточную глубину и детальность разработанных подходов, которые доведены до инженерных методик, модели обладают рядом существенных недостатков, к основным из которых следует отнести:

- отсутствие возможности комплексно рассматривать не только передачу данных по каналам связи, но и учитывать влияния обработки данных в хост машинах и коммуникационных контроллерах;
- невозможность учитывать в моделях вычислительных сетей влияние взаимосвязанных профилей протоколов, поддерживающих диалоговые системы обработки сообщений.

### *Контрольные вопросы*

1. Почему при проектировании вычислительных сетей необходимо использовать моделирование?
2. В чем состоят основные трудности моделирования?
3. Назовите (перечислите) основные характеристики, оценивающие качество функционирования вычислительных сетей.
4. Назовите достоинства и недостатки аналитических и имитационных моделей.
5. Можно ли при разработке одной вычислительной сети использовать несколько различных моделей?

## 4 Расчет параметров сетей и систем передачи данных

### Задача 4

1. Пояснить основные параметры сети спецификации 10BASE-T.
2. Пояснить основные отличия сети FDDI от сети Token Ring.
3. Пояснить назначение, особенности, основные функции концентраторов.
4. Если длина сегмента Ethernet, входящий в выбранный путь, не максимальна и равна  $L$ , рассчитать двойное (круговое) время прохождения в каждом сегменте выделенного пути  $t_s$  где  $t_0$  это начальный сегмент, а  $t_1$  – время задержки на метр длины

Дано:

$$L, m = 185$$

$$t_{s,c} = 11.2$$

$$t_0, c = 0.065$$

Решение:

1. Пояснить параметры локальной сети спецификации 10BASE-T (рис. 4.1)

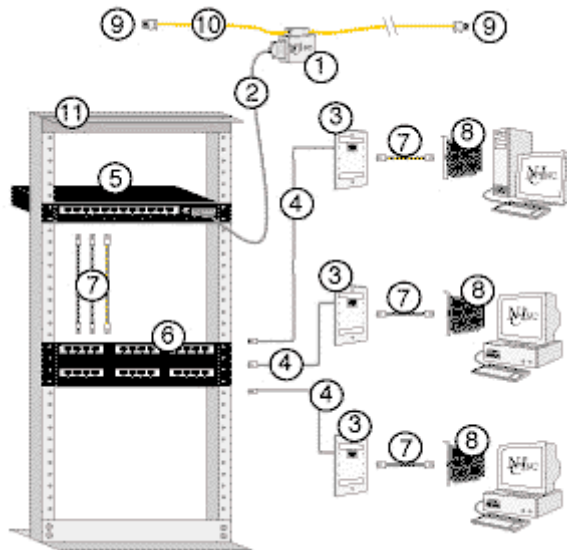


Рисунок 4.1 – Структура сети 10BASE-T

10Base-T - Локальная сеть на основе протокола CSMA-CD. Стандарт принят в 1991 году как дополнение к существующему набору стандартов Ethernet и имеет обозначение 802.3i. Использует в качестве среды двойную неэкранированную витую пару (Unshielded Twisted Pair, UTP). Соединения станций осуществляются по топологии "точка - точка" со специальным устройством - многопортовым повторителем с помощью двух витых пар. Одна витая пара используется для передачи данных от станции к повторителю (выход Tx сетевого адаптера), а другая - для передачи данных от повторителя к станции (вход Rx сетевого адаптера).

Многопортовые повторители в данном случае обычно называются концентраторами (англоязычные термины - hub или concentrator). Концентратор осуществляет функции повторителя сигналов на всех отрезках витых пар, подключенных к его портам, так что образуется единая среда передачи данных. Повторитель обнаруживает коллизию в сегменте в случае одновременной передачи сигналов по нескольким своим Rx входам и посылает jam-последовательность на все свои Tx выходы. Стандарт определяет битовую скорость передачи данных 10 Мб/с и максимальное расстояние отрезка витой пары между двумя непосредственно связанными узлами (станциями и концентраторами) не более 100 м при использовании витой пары качества не ниже категории 3. Возможно иерархическое соединение концентраторов в дерево. Для обеспечения синхронизации станций при реализации процедур доступа CSMA/CD и надежного распознавания станциями коллизий в стандарте определено максимально число концентраторов между любыми двумя станциями сети. Общее количество станций в сети 10Base-T не должно превышать 1024.

Сети, построенные на основе стандарта 10Base-T, обладают по сравнению с коаксиальными вариантами Ethernet'a многими преимуществами. Эти преимущества связаны с разделением общего физического кабеля на отдельные кабельные отрезки, подключенные к центральному коммуникационному устройству. И хотя логически эти отрезки по-прежнему образуют общий домен коллизий, их физическое разделение позволяет контролировать их состояние и отключать в случае обрыва, короткого замыкания или неисправности сетевого адаптера на индивидуальной рабочей станции. Это обстоятельство существенно облегчает эксплуатацию больших сетей Ethernet, так как концентратор обычно автоматически выполняет такие функции, уведомляя при этом администратора сети о возникшей проблеме.

#### *10Base-T основные параметры:*

- Используемая топология – звезда
- Используемый кабель - витая пара UTP3, UTP4, UTP5
- Тип соединителя - RG-45
- Максимальная длина сегмента - 100 метров
- Максимальная длина сети - 500 метров
- Минимальное расстояние между точками подключения - 0,5 метра
- Максимальное количество сегментов - 5 (последовательно)
- Максимальное число узлов на сегменте – 1024

#### 2. Пояснить основные отличия сети FDDI от сети Token Ring.

Методы Token Ring & CSMA/CD (Ethernet) развивались независимо друг от друга. Но с одной и той же целью - обеспечить передачу данных. И на этом их общность заканчивается.

Устройства ЛВС Token Ring соединяются последовательно в замкнутое кольцо. В отличие от CSMA/CD Token Ring не допускает, чтобы какая-либо станция начинала передачу данных, если другая станция уже ведет передачу. Каждая станция дожидается разрешения на передачу. Разрешение поступает в виде маркера, представляющего собой особую битовую последовательность, которая, будучи захваченной (распознанной), позволяет начать передачу данных. По окончании передачи маркер освобождается (генерируется новый).

#### *Достоинства:*

Высокая пропускная способность. Все устройства работают поочередно, то есть нет коллизий, что позволит занять большую полосу пропускания (более 80%).

Детерминированный доступ. Каждое устройство гарантированно получает возможность для передачи данных. Доступ обеспечивается через регулярные промежутки времени. А это очень важно для критичных по времени приложений.

Поиск неисправности и управление. В TR есть встроенные средства управления, которые обеспечивают поиск неисправности, так и управление кольцом.

Отказоустойчивость. Есть возможность динамически локализовать большинство неисправностей аппаратуры и восстанавливать работу после их устранения.

#### *Недостатки:*

Стоимость оборудования для организации этой сети достаточно велика.

Сложность установки, требуются тщательные предварительные расчеты.

Расходы на восстановление нормального функционирования и управления. В некоторых случаях восстановление работы достигается за счет снижения пропускной способности, а это мешает вовремя обнаружить проблему.

#### *Функционирование Token Ring*

Все станции замкнуты в кольцо. Каждая станция принимает сигналы и ретранслирует их. (То есть работает и как репитер, и надо четыре провода). "Приемный кабель" к соседу-предшественнику, "передающий кабель" к соседу-последователю. Чтобы передавать данные, каждая станция должна выполнять 4 шага, составляющих протокол маркерного доступа:

#### *Захват маркера*

Поставив в очередь данные, адаптер начинает наблюдать за кольцом, пытаясь распознать появление маркера. В любой момент в TR может работать только одна станция.

#### *Передача подготовленных данных*

После захвата маркера адаптер передает подготовленные данные, пока не закончит передачу всех данных или не обнулится таймер удержания маркера (по умолчанию, 10с). Переданные данные ретранслируются всеми станциями, пока не достигнут передающей станции. Ретранслируя, станции проверяют корректность кадра. Если обнаружена ошибка, то устанавливается разряд ошибки, и остальные станции уже игнорируют наличие ошибки. Если станция распознает свой адрес, то

она в поле кадра ARI ставит 1 (означает, что адрес распознан). Если в буфере станции есть место для кадра, то кадр копируется в буфер для последующей обработки, а в кадре выставляется поле FCI в 1.

#### *Изъятие переданных кадров*

Передающая станция несет ответственность за изъятие данных. Это достигается за счет того, что она не ретранслирует их (данные) дальше. Она также проверяет состояние флагов на ошибку, наличие станции и копирование данных. Адаптер не повторяет данные, если что не так, а лишь сообщает об этом управляющие станции. Эта информация используется для поиска адаптеров с недостаточным объемом буфера. (Возможен вариант когда ошибка возникает после копирования данных)

#### *Передача свободного маркера*

После истечения времени удержания маркера или же изъятия всех своих данных, адаптер должен передать свободный маркер (освободить маркер).

#### *Раннее освобождение маркера.*

Для увеличения пропускной способности сети используется механизм под названием "раннее освобождение маркера". Для этого был разработан протокол раннего освобождения ETR(Early Token Release), при котором станции начинают передачу маркера или кадра вслед за концом предшествующего кадра. Были разработаны специальные адаптеры. Эти адаптеры могут работать в сети и с обычными адаптерами, но обычные при этом простаивают больше, чем специальные адаптеры.

### *Технология FDDI*

FDDI (Fiber Distributed Data Interface)- оптоволоконный интерфейс распределенных данных - это первая технология локальных сетей, в которой средой передачи данных является волоконно-оптический кабель. Работы по созданию технологий и устройств для использования волоконно-оптических каналов в локальных сетях начались в 80-е годы, вскоре после начала промышленной эксплуатации подобных каналов в территориальных сетях. Институт ANSI разработал в период с 1986 по 1988 гг. начальные версии стандарта FDDI, который обеспечивает передачу кадров со скоростью 100 Мбит/с по двойному волоконно-оптическому кольцу длиной до 100 км.

#### *Основные характеристики технологии*

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 пропускную способность сети для асинхронного и синхронного (чувствительного к задержкам) трафиков.

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.

В нормальном режиме работы сети данные проходят через узлы и участки кабеля только первичного (Primary) кольца, режим назван режимом Thru - "сквозным" или "транзитным". Вторичное кольцо (Secondary) в этом режиме не используется.

В случае какого-либо вида отказа, когда часть первичного кольца не может передавать данные (например, обрыв кабеля или отказ узла), первичное кольцо объединяется со вторичным, вновь образуя единое кольцо. Этот режим работы сети называется Wrap, то есть "свертывание" или "сворачивание" колец. Операция свертывания производится средствами концентраторов и/или сетевых адаптеров FDDI. Для упрощения этой процедуры, данные по первичному кольцу всегда передаются в одном направлении (на диаграммах это направление изображается против часовой стрелки), а по вторичному - в обратном (изображается по часовой стрелке). Поэтому при образовании общего кольца из двух колец передатчики станций по-прежнему остаются подключенными к приемникам соседних станций, что позволяет правильно передавать и принимать информацию соседними станциями.

В стандартах FDDI много внимания отводится различным процедурам, которые позволяют определить наличие отказа в сети, а затем произвести необходимую реконфигурацию. Сеть FDDI может полностью восстанавливать свою работоспособность в случае единичных отказов ее элементов. При множественных отказах сеть распадается на несколько не связанных сетей. Технология FDDI дополняет механизмы обнаружения отказов технологии Token Ring механизмами реконфигурации пути передачи данных в сети, основанными на наличии резервных связей, обеспечиваемых вторым кольцом.

Кольца в сетях FDDI рассматриваются как общая разделяемая среда передачи данных, поэтому для нее определен специальный метод доступа. Метод близок к методу доступа сетей Token Ring и также называется методом маркерного кольца.

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. Разработчики технологии решили, что деление трафика на 8 уровней приоритетов избыточно и достаточно разделить трафик на два класса - асинхронный и синхронный, последний из которых обслуживается всегда, даже при перегрузках кольца.

В остальном пересылка кадров между станциями кольца на уровне MAC полностью соответствует технологии Token Ring. Станции FDDI применяют алгоритм раннего освобождения маркера, как и сети Token Ring со скоростью 16 Мбит/с.

Адреса уровня MAC имеют стандартный для технологий IEEE 802 формат. Формат кадра FDDI близок к формату кадра Token Ring, основные отличия заключаются в отсутствии полей приоритетов. Признаки распознавания адреса, копирования кадра и ошибки позволяют сохранить имеющиеся в сетях Token Ring процедуры обработки кадров станцией-отправителем, промежуточными станциями и станцией-получателем.

Отличительной особенностью технологии FDDI является уровень управления станцией - Station Management (SMT). Именно уровень SMT выполняет все функции по управлению и мониторингу всех остальных уровней стека протоколов FDDI. В управлении кольцом принимает участие каждый узел сети FDDI. Поэтому все узлы обмениваются специальными кадрами SMT для управления сетью.

Отказоустойчивость сетей FDDI обеспечивается протоколами и других уровней: с помощью физического уровня устраняются отказы сети по физическим причинам, например из-за обрыва кабеля, а с помощью уровня MAC - логические отказы сети, например потеря нужного внутреннего пути передачи маркера и кадров данных между портами концентратора.

3. Пояснить назначение, особенности концентраторов и их основные функции.

Hub или концентратор - многопортовый повторитель сети с автосегментацией. Все порты концентратора равноправны. Получив сигнал от одной из подключенных к нему станций, концентратор транслирует его на все свои активные порты. При этом, если на каком-либо из портов обнаружена неисправность, то этот порт автоматически отключается (сегментируется), а после ее устранения снова делается активным. Обработка коллизий и текущий контроль за состоянием каналов связи обычно осуществляется самим концентратором. Концентраторы можно использовать как автономные устройства или соединять друг с другом, увеличивая тем самым размер сети и создавая более сложные топологии. Кроме того, возможно их соединение магистральным кабелем в шинную топологию. Автосегментация необходима для повышения надежности сети. Ведь Hub, заставляющий на практике применять звездообразную кабельную топологию, находится в рамках



стандарта IEEE 802.3 и тем самым обязан обеспечивать соединение типа МОНО-КАНАЛ.

Назначение концентраторов - объединение отдельных рабочих мест в рабочую группу в составе локальной сети.

Для рабочей группы характерны следующие признаки:

- определенная территориальная сосредоточенность;
- решает сходные задачи, использует однотипное программное обеспечение и общие информационные базы;
- в пределах рабочей группы существуют общие требования по обеспечению безопасности и надежности, происходит одинаковое воздействие внешних источников возмущений (климатических, электромагнитных и т.п.);
- совместно используют высокопроизводительные периферийные устройства;
- содержат свои локальные сервера, нередко территориально расположенные на территории рабочей группы.

OSI. Концентраторы работают на физическом уровне (Уровень 1 базовой эталонной модели OSI). Поэтому они не чувствительны к протоколам верхних уровней. Результатом этого является возможность совместного использования различных операционных систем (Novell NetWare, SCO UNIX, EtherTalk, LAN Manager и пр., совместимые с сетями Ethernet или IEEE 802.3). Есть, правда, определенное "давление" на хозяина сети при использовании программ управления сетью: управляющие программы, как правило, используют для связи с SNMP оборудованием протокол IP. Поэтому в части управления сетью приходится использовать только эти протоколы и соответственно операционные оболочки на станциях управления сетью. Но это не очень серьезное давление, ибо протокол IP является, наверное, самым популярным.

Концентраторы обладают характерными эксплуатационными признаками:

- оснащены светодиодными индикаторами, указывающими состояние портов (Port Status), наличие коллизий (Collisions), активность канала передачи (Activity), наличие неисправности (Fault) и наличие питания (Power), что обеспечивает быстрый контроль состояния всего концентратора и диагностику неисправностей;
- при включении электропитания выполняют процедуру самотестирования, а в процессе работы - функцию самодиагностики;
- имеют стандартный размер по ширине - 19";
- обеспечивают автосегментацию портов для изоляции неисправных портов и улучшения сохранности сети (network integrity);
- обнаруживают ошибку полярности при использовании кабеля на витой паре и автоматически переключают полярность для устранения ошибки монтажа;
- поддерживают конфигурации с применением нескольких концентраторов, соединенных друг с другом либо посредством специальных кабелей и stack-

портов, либо тонкой коаксиальной магистрали, включенной между портами BNC, либо посредством оптоволоконного или толстого коаксиального кабеля подключенного через соответствующие трансиверы к порту AUI, либо посредством UTP кабелей, подключенных между портами концентраторов;

- поддерживают речевую связь и передачу данных через один и тот же кабель;
- прозрачны для программных средств сетевой операционной системы;
- могут быть смонтированы и введены в действие в течении нескольких минут.

4. Если длина сегмента Ethernet, входящего в выбранный путь, не максимальна и равна  $L$ , рассчитать двойное (круговое) время прохождения в каждом сегменте выделенного пути  $t_s$  где  $t_0$  это начальный сегмент, а  $t_1$  – время задержки на метр длины

$$t_s = Lt_1 + t_0$$

Отсюда

$$t_1 = \frac{t_s - t_0}{L} = \frac{11.2 - 0.065}{185} = 0.0602, c$$

*Контрольные вопросы:*

1. Какие характеристики ЛВС в наибольшей степени определяют ее возможности?
2. Как классифицируются ЛВС?
3. В чем состоят основные особенности ЛВС?
4. Каковы тенденции развития ЛВС?
5. Особенности технологий Fast Ethernet, 10VG-AnyLAP и Gigabit Ethernet.
6. Характеристика протокола IPX/SPX.
7. Состав и назначение сетевого коммуникационного оборудования ЛВС.
8. Всегда ли глобальная вычислительная сеть имеет в своей основе базовую сеть передачи данных?
9. Для чего необходимы точки соединения сетей (Interconnect Points) и точки доступа к сети (Network Access Points)?
10. В связи с чем 1 января 1983 года принято считать официальной датой рождения Интернет?

## 5 Изучение алгоритмов работы локальных вычислительных сетей

Рассмотрим описание принципов и алгоритмов работы локальных сетей на примере сетей Ethernet, распространенного международного стандарта локальных сетей (их несколько миллионов по всему миру).

Разработку стандартов локальных сетей выполняют рабочие группы IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers - Институт инженеров электротехники и электроники).

Эта общественная некоммерческая ассоциация профессионалов ведет свою историю с 1884 года, объединяет индивидуальных членов из 150 стран (25% членов проживают вне США).

Если за основу сравнения этих стандартов взять скорость передачи данных и максимально возможное расстояние между двумя узлами (диаметр сети), то получим такую сравнительную таблицу:

Тип стандарта Ethernet	Скорость передачи данных	Максимальный диаметр сети
Ethernet	10 Мбит/с	2500м
Fast Ethernet	100 Мбит/с	200м
Gigabit Ethernet	1000 Мбит/с	200м
10G Ethernet	10 Гбит/с	40 км

Остановимся на принципе построения локальных сетей исторически первого варианта Ethernet (10 Мбит/с), который появился в конце 70-х годов как стандарт трех компаний - Digital, Intel, Xerox.

Эта технология, как и технологии Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, основана на понятии разделяемой среды: каждый узел получает все, что передается по сети; передачу выполняет только один узел, остальные ждут паузы для начала собственной передачи.

В основе технологии 10G Ethernet положен другой принцип: информация не "разбрасывается" по всей сети, а целенаправленно "проталкивается" от узла к узлу по направлению к пункту назначения.

За продвижение данных в такой сети отвечают маршрутизаторы. Они определяют соседний узел, в который нужно передвинуть информационный пакет для приближения его к пункту назначения. Такие сети называются сетями с коммутацией пакетов.

На рис. 5.1 сегмент кабеля на концах оборудуется терминаторами ("заглушками") для поглощения распространяемого сигнала. Кабель при помощи T-образного разъема соединяет между собой сетевые адаптеры компьютеров.

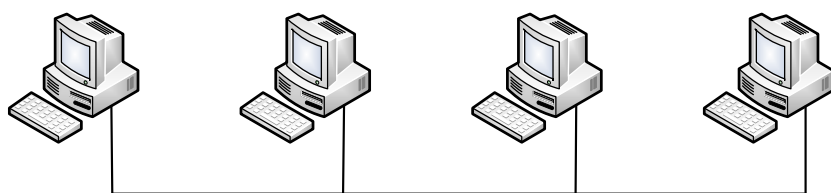


Рисунок 5.1 - Сеть Ethernet на коаксиальном кабеле

Любой участник может послать в сеть сообщение только тогда, когда в ней нет другой передачи. Передача сообщения распространяется по кабелю в обе стороны (поглощаясь терминаторами на концах), и все участники слышат ее (в том числе и сам отправитель). Все, кроме ЭВМ получателя, игнорируют передаваемые данные, обнаружив чужой адрес, а ЭВМ получателя принимает данные полностью.

Понятно, что при таком способе передачи нельзя допустить длительного захвата сети одним узлом.

В силу этой причины сообщения передаются разделенными на пакеты (в технологии Ethernet они называются кадрами). Длина пакета лежит в диапазоне от 01.01.01 байт.

Передав один пакет, узел на некоторое время прерывает работу и, если в сети нет нагрузки, отправляет следующий пакет. Но паузой может воспользоваться другой узел и начать свой сеанс передачи. Таким образом, все узлы разделяют одну среду (кабель), имея равные возможности для посылки в сеть информационных пакетов.

Рассмотрим формирование MAC-адреса.

Узлы в сети Ethernet адресуются при помощи 6-байтового двоичного числа, называемого MAC-адресом (Media Access Control - управление доступом к носителю). Обычно MAC-адрес записывают в виде шести пар шестнадцатеричных цифр, разделенных тире или двоеточиями, например, 10 :A1:17 : 3D: 56 : AF.

Уникальный MAC-адрес "зашивается" в сетевой адаптер при его изготовлении. Он уникальный, не должен совпадать ни с каким другим MAC-адресом в мире и не может меняться во время эксплуатации устройства.

Распределением MAC-адресов между производителями оборудования занимается международная некоммерческая организация IEEE.

MAC-адрес состоит из 48 бит, таким образом, адресное пространство насчитывает 248 (или 656) адресов. Согласно подсчетам IEEE, этого запаса адресов хватит по меньшей мере до 2100 года.

Определим, возможные ситуации при коллизии. ЭВМ № 1 прослушала сеть и если она свободна начала передачу пакета. Сигнал не успел дойти до ЭВМ получателя, когда она тоже начала передачу, решив, что сеть свободна. Понятно, что через некоторое время в сети произойдет наложение сигналов. Такая ситуация называется коллизией.

Если передающая станция обнаружит наличие ошибок между переданным в сеть сигналом и сигналом, полученным из сети, она фиксирует коллизии и обрывают передачу пакета. Коллизия в сети Ethernet не является исключительным событием - это обычная рабочая ситуация.

Вопрос в том, как долго ждать узлу, чтобы попытаться вновь передать в сеть испорченный коллизией пакет? Если ждать фиксированный промежуток времени, то коллизия со 100 процентной вероятностью возникнет вновь (ЭВМ одновременно возобновят передачу, если одновременно прервали ее из-за коллизии). В протоколе Ethernet пауза после обнаружения коллизии выбирается из интервала от 0 до 52,4 мс случайным образом. Именно она обеспечивает работоспособность сети Ethernet.

Рассмотрим диаметр сети.

Коллизия может возникнуть после того, как узел завершит передачу пакета! Такая коллизия называется поздней. При поздней коллизии пакет пропадает безвозвратно (передающий узел считает, что передача пакета произошла успешно, и удаляет его из своей буферной памяти).

Для нормальной работы сети необходимо, чтобы передающая станция могла обнаружить коллизии до того, как закончит передачу пакета в сеть. Такая коллизия называется ранней. При ранней коллизии узел передает испорченный пакет заново после случайной паузы.

Для предотвращения поздних коллизий приходится ограничивать длину кабеля величиной, при которой время передачи пакета наименьшей длины (64 байта) было бы больше удвоенного времени прохождения сигнала по всей длине кабеля.

Почему в расчет берется удвоенная длина кабеля?

Пусть передающий узел, расположенный на одном конце кабеля, начал передачу пакета. Передача должна продолжаться все время, за которое первый переданный сигнал достигнет приемного узла на противоположном конце кабеля и вернется назад, искаженный коллизией (ведь может случиться, что приемный узел начнет свою передачу за мгновение до прихода к нему сигнала от передающего узла). То есть необходимо учитывать прохождение сигнала по удвоенной длине кабеля.

Ограничение диаметра сети Ethernet величиной 2500 м как раз и основано на расчете такой длины кабеля, при которой в сети не может быть поздней коллизии, даже при передаче самого короткого пакета между двумя крайними станциями. Стандарт называет величину 2500 м с хорошим запасом (более чем в три раза).

При передаче сигнала по кабелю возникает его ослабление (затухание). Приходится делить кабель на сегменты и соединять их между собой повторителями.

Повторитель (repeater) - электронное устройство, которое усиливает сигнал при передаче его из одного сегмента кабеля в другой. Для разного типа кабелей стандарт определяет различные величины максимальной длины сегмента:

Тип кабеля	Максимальная длина сегмента
Толстый коаксиальный кабель RG-8 или RG-11	500м
Тонкий коаксиальный кабель RG-58	185м
Неэкранированная витая пара	100м
Волоконно-оптический кабель	2000м

### *Стандарты физической среды*

В зависимости от типа используемого кабеля, технология Ethernet предусматривает несколько вариантов стандарта, основанных на свойствах физической среды передачи данных.

- 10Base-5 - коаксиальный кабель диаметром 0,5", называемый "толстым".
- 10Base-2 - коаксиальный кабель диаметром 0,25", называемый "тонким".
- 10Base-T — неэкранированная витая пара.
- 10Base-F — волоконно-оптический кабель.

Число 10 в указанных обозначениях обозначает битовую скорость передачи в этих стандартах - 10 Мбит/С.

### *Стандарт 10Base-T*

Среда передачи - две неэкранированные витые пары, то есть 4 жилы, скрученных попарно между собой. Одна пара работает на прием, другая - на передачу.

Соединение узлов выглядит как звезда, где в центре расположен хаб (hub, англ. ступица колеса). Другие названия хаба: многопортовый повторитель, концентратор. Как видим, физические соединения в сети образуют звезду, но она принципиально не отличается от сети с общей шиной: хаб объединяет ЭВМ общей разделяемой средой. Говорят, что физическая топология сети - звезда, логическая - общая шина.

Сигнал, полученный с одного порта, транслируется на все другие порты (кроме порта, с которого он получен), и сеть работает по прежнему протоколу:

1. Если в сети "тишина", можно начать передачу пакета.
2. Если обнаружена коллизия, нужно прекратить передачу.
3. Через случайную паузу нужно повторить передачу испорченного пакета.

Стандарт определяет длину сегмента (кабеля) не более 100 метров.

Сеть можно расширить, соединяя хабы между собой (при помощи тех же портов) в древовидную структуру. Но и в этой сети по-прежнему одна разделяемая среда, то есть логически она работает как общая шина по старому алгоритму. Говорят, что вся сеть представляет собой один домен коллизий (все узлы этой сети конкурируют за общую разделяемую среду передачи).

Построение сети в виде дерева, листья которого - рабочие станции (или сервера), а остальные узлы - хабы, удобно на практике.

Разрыв сети на отдельной ветви не мешает работе других ветвей дерева (в отличие от соединений по общей шине), и, кроме того, иерархия соединений мо-

жет повторять иерархию пользователей сети или их пространственного положения.

Общее число станций в сети 10Base-T не должно превышать числа 1024. Это количество, прописанное в стандарте, определяет предельную нагрузку сети, при которой она еще будет функционировать, несмотря на обилие возможных коллизий.

Следовательно в сети 10Base-T между любыми двумя станциями не может быть более 5 сегментов. Получается, что максимальный диаметр такой сети не превышает  $5 \times 100 = 500$  м. Диаметр сети может быть существенно увеличен, если в качестве соединительного устройства использовать не хаб, а коммутатор. Другие названия этого устройства: мост (bridge), переключатель (switch) и коммутатор.

Коммутатор своими портами разбивает сеть на несколько частей, в каждой из которых - свой домен коллизий. Происходит так потому, что коммутатор в отличие от хаба не транслирует полученный пакет на другие порты, если получатель находится на том же самом порту, с которого получен пакет.

Рассмотрим алгоритм работы коммутатора.

В начальный момент (при включении питания) таблица маршрутизации коммутатора пуста. Пусть узел А передает пакет для узла В. Пакет содержит не только адрес получателя, но и адрес отправителя. Когда пакет приходит на порт 1, коммутатор делает в таблице первую запись:

Адрес узла	Порт, по которому находится узел
А	1

Теперь коммутатор ищет в таблице строчку для узла В, чтобы решить, что делать с пакетом: игнорировать, если В расположен на том же порту, что и А, или транслировать пакет в порт, к которому подключен В.

Строки с узлом В в таблице еще нет. Коммутатор вынужден работать как хаб: он транслирует пакет к неизвестному адресату на все порты, кроме того порта, с которого пакет получен, то есть на порты 2 и 3.

Пусть теперь узел F передает пакет для узла А.

В таблице появляется новая строка:

Адрес узла	Порт, по которому находится узел
А	1
F	3

Коммутатор находит в таблице порт получателя и передает пакет в порт 1.

Таким образом, заполняется таблица маршрутизации, и коммутатор, начав как обычный хаб, быстро обучается, повышая свою "квалификацию".

Еще большим интеллектом обладает маршрутизатор (англ. – роутер, router). Это устройство позволяет строить сети с ячеистой топологией и коммутировать в ней пакеты, выбирая наиболее рациональные маршруты.

## Стандарт 10Base-F

В качестве единой разделяемой среды передачи используется оптоволоконный кабель. Сеть 10Base-F строится по тем же правилам и из тех же элементов, что и сеть 10Base-T. По-прежнему работает правило четырех хабов для одного домена коллизий. Максимальная длина сегмента сети - 2000 м. Максимальный диаметр одного домена коллизий - 2500 м. Максимальное число рабочих станций в нем - 1024.

## FastEthernet

Скорость передачи данных в сетях, построенных по этому стандарту, - 100 Мбит/с. Логика работы сетей Fast Ethernet и Ethernet одинаковая. Все отличия лежат на физическом уровне построения сети. В 10 раз увеличилась скорость передачи сигнала, значит, в 10 раз должен уменьшиться максимальный диаметр одного разделяемого сегмента (чтобы избежать в нем поздних коллизий).

Признаком свободного состояния среды в Fast Ethernet является передача специального символа простоя источника (а не отсутствие сигнала, как в стандарте классической Ethernet). Коаксиальный кабель исключен из списка разрешенных сред передачи. Стандарт Fast Ethernet установил три спецификации:

- 100Base-TX, неэкранированная (экранированная) витая пара, 2 пары в кабеле.
- 100Base-T4 — неэкранированная витая пара (четыре пары в кабеле).
- 100Base-FX — волоконно-оптический кабель (с двумя волокнами).

Максимальные длины для кабельных сегментов приводятся в таблице:

Стандарт	Максимальная длина кабеля сегмента
100Base-TX	100м
100Base-T4	100м
100Base-FX	412 м (полудуплекс), 2 км (дуплекс)

(Полудуплексный канал работает на передачу и прием по очереди, а дуплексный - одновременно.) Правило четырех хабов для Fast Ethernet превращается в правило одного или двух хабов (в зависимости от класса хаба).

## 100Base-TX

Среда передачи - 2 витых пары в одной общей оболочке.

## 100Base-T4

Среда передачи - 4 витых пары в одной общей оболочке. Три пары используются для параллельной передачи сигнала со скоростью 33,3 Мбит/с (всего 100 Мбит/с), четвертая пара всегда "слушает" сеть на предмет обнаружения коллизий.



## *100Base-FX*

Среда передачи - оптоволоконный кабель с двумя волокнами.

## *Gigabit Ethernet*

Скорость передачи данных в сетях - 1000 Мбит/с. Поддерживаются кабели: волоконно-оптический, витая пара. Для предотвращения поздних коллизий длина сегмента кабеля должна уменьшиться в 10 раз по сравнению со стандартом Fast Ethernet, но это было бы неприемлемо. Вместо этого в технологии Gigabit Ethernet увеличена длина минимального пакета с 64 до 512 байт и, кроме того, разрешено передавать несколько пакетов подряд (общий размер - не более 8192 байт). Конечно, это увеличивает ожидание паузы для начала передачи, но на скорости 1000 Мбит/с эта задержка не слишком существенна.

Для поддержки заявленной скорости передачи в технологии Gigabit Ethernet применяются и другие технические решения, но структура сети остается прежней:

- дерево разделяемых сред;
- для соединения узлов в одном домене коллизий используются хабы;
- коммутаторы и маршрутизаторы соединяют домены коллизий.

## *10G Ethernet*

Скорость передачи данных в сетях - Мбит/с. Технология сети 10G Ethernet отличается от других Ethernet-технологий. Это сети с коммутацией пакетов. Если в сетях с разделяемыми средами пакет, переданный одной станцией, поступает на все другие станции, то в коммутируемых сетях пакет следует от передающей станции к станции назначения по маршруту, который уточняется по мере продвижения пакета от одного маршрутизатора к другому.

Сеть с разделяемыми средами, построенная только на хабах и коммутаторах, должна иметь строго иерархическую структуру: на схеме соединений не должно быть циклов.

Сети с коммутацией пакетов могут иметь ячеистую структуру, в которой между двумя станциями может существовать два и более маршрутов прохождения пакета. Ячеистые сети более надежны: если один маршрут перестает работать по техническим причинам, для доставки пакета выбирается другой. Они имеют большую пропускную способность по сравнению с сетями на разделяемых средах (пакеты не транслируются во все стороны, а следуют к пункту назначения; станции передают, не дожидаясь тишины в сети).

Проводящая среда - оптоволоконный кабель и кабель с витыми парами. Длина сегмента оптического кабеля может достигать 40 км, а длина сегмента витой пары - 100 м. Причина ограничения длины кабеля в затухании сигнала при его прохождении по кабелю.

*Вопросы по занятию:*

1. Как работает сеть с разделяемой средой?
2. Как рабочая станция узнает, что передаваемый пакет предназначен для нее?
3. Кто и когда назначает MAC-адреса устройствам, входящим в Ethernet-сеть?
4. Протокол Ethernet запрещает начинать передачу, если в сети присутствует сигнал. Почему же в разделяемых средах возникают коллизии?
5. За счет какого приема протокол Ethernet обеспечивает работоспособность сети, несмотря на коллизии?
6. Почему ранняя коллизия не приводит к потерям пакетов?
7. Почему поздняя коллизия приводит к потерям пакетов?
8. Что является главной причиной ограничения диаметра сети в сети с разделяемой средой?
9. Можно ли увеличить диаметр сети, увеличив минимальную длину пакета?
10. Почему для сети с разделяемой средой стандарты предусматривают ограничение на число подключаемых к ней узлов?
11. Решает ли хаб (коммутатор, маршрутизатор) проблему коллизии?
12. Может ли сеть с хабами (коммутаторами, маршрутизаторами) иметь несколько доменов коллизий?
13. Ethernet-сеть имеет ограничение на диаметр по причине недопущения поздних коллизий. Как, несмотря на это, построить длинную Ethernet-сеть?
14. В чем преимущество сетей с коммутацией пакетов перед сетями с разделяемыми средами?

## 6 Основы проектирования сетей передачи данных

Проектирование информационно-вычислительных сетей – сложный и ответственный процесс.

Известно, что любая вычислительная система по своей сути представляет комплекс технических средств, необходимых для функционирования некоторой информационной системы. Поэтому эффективность работы информационной системы во многом зависит от того, соответствует ли ей уровень используемой вычислительной системы.

Следует помнить, что универсальных рекомендаций по проектированию, которые бы учитывали все возможные факторы и обстоятельства и давали наилучшее решение во всех случаях, не существует. Тем не менее, можно сформулировать общие подходы к проектированию локальных компьютерных сетей, использование которых хотя бы направит этот процесс в нужное русло.

Обычно процесс создания локальной сети включает в себя следующую последовательность этапов:

1. Анализ исходных данных;
2. Выбор основных сетевых решений;
3. Анализ финансовых затрат и принятие окончательного решения;
4. Прокладка кабельной системы;
5. Организация силовой электрической сети;
6. Установка оборудования и сетевого программного обеспечения;
7. Конфигурирование (настройка параметров) сети.

Первые три этапа касаются непосредственно процесса проектирования и являются основополагающими. В результате их выполнения формулируется технико-экономическое обоснование (ТЭО), которое включает в себя анализ предметной области и обоснование необходимости создания в организации локальной информационно-вычислительной сети. Кроме того, ТЭО обязательно должно содержать расчеты экономической эффективности, а также итоговое заключение о целесообразности и получаемых перспективах от реализации проекта (в данном случае, создания ЛВС)

### *Определение исходных данных*

На основе анализа предметной области определяются те базовые требования, которым должна удовлетворять проектируемая локальная сеть.

1. Анализ предметной области необходимо начинать с определения целей разработки ЛВС. В качестве общих можно назвать такие цели как: обеспечение связи, совместная обработка информации, совместное использование данных и файлов, централизованное управление компьютерами, контроль за доступом к важным данным. Разумеется, в каждом конкретном случае перечень целей должен быть уточнен и дополнен. Следует помнить, что всякая

цель проектирования и реализации ЛВС возникает не сама по себе, а как одна из целей функционирования некоторой информационной системы.

2. После определения списка целей необходимо выделить функционально- независимые группы пользователей локальной сети и указать для каждой из групп перечень их функций в ЛВС. Например, для пользователей группы «Клиенты туристической фирмы» можно предусмотреть функцию ознакомления с электронными презентациями новых маршрутов, а для пользователей «Менеджер туристической фирмы» – функции доступа к внутренней базе данных фирмы, подключения к глобальным сетям бронирования, связи с другими менеджерами и т.п. Следует помнить, что реализация каждой пользовательской функции должна способствовать достижению ранее заявленных целей разработки локальной сети.

3. Проведенный анализ целей и функций позволяет выдвинуть общие требования к проектируемой ЛВС:

- размер сети (количество ЭВМ, расстояние между ними в настоящее время, а также в ближайшем будущем и в перспективе);
- структура сети (иерархия и основные части – по подразделениям, комнатам, этажам и т.п.);
- основные направления, характер: данные, изображения, звук, видео и интенсивность информационных потоков;
- необходимость подключения к глобальным и другим локальным сетям;
- типовые характеристики компьютеров ЛВС;
- требования к программному обеспечению, устанавливаемому на компьютерах, объединяемых в сеть.

На основе выдвинутых требований проектировщик осуществляет поиск оптимального варианта ЛВС.

#### *Выбор основных сетевых решений*

Выбор сетевых решений для локальной компьютерной сети осуществляется на основе следующих принципов:

- сеть должна соответствовать требованиям, сформулированным на этапе анализа исходных данных;
- проект сети должен удовлетворять условиям совместимости выбранных программных и аппаратных средств;
- предложенный проект ЛВС должен быть оптимальным с точки зрения некоторого критерия;
- архитектура сети должна обеспечивать возможность дальнейшего развития;
- управление оборудованием ЛВС должно быть достаточно простым.

К основным сетевым решениям, которые проектировщик должен выбрать для проектируемой компьютерной сети, относятся:

- а) выбор сетевой архитектуры, что подразумевает:
- выбор топологии сети, то есть схемы соединения компьютеров, кабельной системы и других сетевых компонентов;
  - выбор протокола передачи данных;
  - выбор типа кабельной системы;
  - выбор сетевого оборудования.
- б) определение параметров серверного оборудования;
- в) определение характеристик рабочих станций;
- г) планирование мер по обеспечению информационной безопасности.;
- д) планирование мер защиты от перебоев электропитания;
- е) выбор концепции совместного использования периферийных устройств;
- ж) выбор сетевого программного обеспечения.

Выбор структуры означает выбор схемы соединения компьютеров, кабельной системы и других сетевых компонентов. Существуют три основных вида структуры сети: общая шина, звезда и кольцо. Каждая из топологий имеет свои достоинства и недостатки, указанные в таблице 6.1.

Таблица 6.1 - Сравнительная характеристика базовых сетевых топологий

Характеристики	«Звезда»	«Кольцо»	«Шина»
Стоимость организации	Средняя	Высокая	Низкая
Надежность передачи данных	Средняя	Высокая	Низкая
Масштабируемость	Высокая	Средняя	Низкая
Защищенность от прослушивания	Хорошая	Хорошая	Плохая
Удобство и простота обслуживания	Хорошее	Среднее	Плохое

На практике очень редко удается организовать локальную сеть на базе единственной топологии. Чтобы сеть работала эффективно, сначала необходимо спроектировать структуру сети, то есть определить способ ее разделения на части (сегменты) и схему соединения этих частей между собой.

Определение структуры сети должно производиться с использованием сведений, полученных на этапе определения исходных данных:

- физическое расположение компьютеров по комнатам и этажам,
- взаимное расположение комнат, относящихся к одному подразделению,
- направления, характер и объемы информационных потоков внутри и между подразделениями.

Идеальным вариантом является ситуация, когда рабочие места сотрудников, занимающихся одной задачей, находятся в одной или рядом располо-

женных комнатах. В этом случае структура сети будет соответствовать структуре здания (или комплекса зданий) организации.

После определения структуры сети, проектировщик принимает решение о выборе топологии – либо общей для всей сети, либо отдельно для каждого сегмента.

Выбор согласованных протоколов для передачи данных (выбор сетевой технологии) – одна из важнейших и наиболее сложных задач, возникающих в процессе проектирования ЛВС. В зависимости от метода доступа к передающей среде (каналу передачи данных), различают следующие сетевые технологии:

- Технология Ethernet;
- Технология Token Ring.

Указанные технологии реализованы на базе международных стандартов Института Инженеров по Электротехнике и Радиоэлектронике (IEEE) и являются широко распространенными в настоящее время. Их сравнительную характеристику можно увидеть в таблице 6.2.

Таблица 6.2 - Сравнительная характеристика сетевых технологий

Характеристика	Ethernet	Token Ring
Используемые топологии	Шина, Звезда	Кольцо, Звезда
Кабельная система	Коаксиальный кабель, неэкранированная и экранированная витая пара, волоконно-оптический кабель, радио и инфракрасные каналы	Экранированная и неэкранированная витая пара, волоконно-оптический кабель
Стоимость	Низкая	Высокая
Макс. скорость передачи данных	До 1 Гбит/с	До 200 Мбит/с
Надежность передачи данных	Низкая	Высокая
Масштабируемость	Низкая	Средняя
Удобство и простота обслуживания	Средняя	Низкая

На скорость и надежность передачи данных, а также на максимальный размер сети существенное влияние оказывает и выбор кабельной системы, используемой для соединения сегментов сети и отдельных компьютеров.

В настоящее время используют такие типы кабельной системы как экранированная и неэкранированная витая пара, одномодовый и многомодовый волоконно-оптический кабель.

Сравнительные характеристики различных типов кабелей приведены в таблице 6.3.

Таблица 6.3 - Сравнительная характеристика основных типов кабелей

Характеристика	Неэкранированная витая пара	Экранированная витая пара	Волоконно - оптический кабель
Стоимость	Низкая	Средняя	Высокая
Скорость передачи данных	До 1 Гбит/с	До 1 Гбит/с	До 1 Гбит/с
Защита от помех	Низкая	Средняя	Высокая
Размер линии связи	Низкий	Низкий	Высокий
Удобство прокладки и обслуживания	Выше средней	Ниже средней	Низкая
Мобильность	Средняя	Низкая	Низкая

При выборе сетевого оборудования необходимо учитывать многие факторы, в том числе:

- требования к скорости и интенсивности передачи данных в проектируемой ЛВС (по сети в целом и по отдельным сегментам);
- требования к структуре сети и возможный выбор сетевых топологий;
- выбранную сетевую технологию (Ethernet, Token Ring и т.п.);
- выбранные типы кабеля сети, требования к максимальному размеру сети (в том числе отдельных соединяющих сегментов) и защищенности от помех;
- стоимость и технические характеристики конкретных аппаратных средств (сетевых адаптеров, повторителей, концентраторов, коммутаторов, мостов, маршрутизаторов и др.).

Следует помнить, что все рассмотренные аспекты выбора сетевой архитектуры должны рассматриваться не в отрыве друг от друга, а комплексно. При определении характеристик серверного оборудования и оборудования рабочих компьютеров сети следует ориентироваться на требования, выдвинутые в процессе анализа исходных данных. Кроме того, следует принять решение относительно выбора организации управления в ЛВС.

В настоящее время по данному основанию разделяют следующие виды компьютерных сетей:

- одноранговые сети (сети с децентрализованным управлением);
- серверные сети с «толстым» клиентом (сети с централизованным управлением, прикладное программное обеспечение размещено и на клиенте, и на сервере);

- серверные сети с «тонким» клиентом (сети с централизованным управлением, прикладное программное обеспечение размещено только на сервере);

В таблице 6.4 рассмотрены некоторые характеристики указанных видов ЛВС.

Таблица 6.4 - Характеристика ЛВС с разной организацией управления

Характеристика	Одноранговая сеть	Серверная сеть с «толстым» клиентом	Серверная сеть с «тонким» клиентом
Стоимость серверного оборудования	Отсутствует	Высокая	Очень высокая
Стоимость рабочих станций	Высокая	Средняя	Низкая
Макс. размер сети	Низкий	Высокий	Высокий
Защита информации	Низкая	Выше средней	Высокая
Удобство управления	Низкое	Высокое	Высокое

Планирование мер по обеспечению информационной безопасности и защиты от сбоев электропитания заключается в выборе дополнительных аппаратных или программных средств, в том числе таких, как:

- применение механизмов шифрования данных;
- использование электронной цифровой подписи;
- применение средств контроля и подстановки трафика;
- использование источников бесперебойного питания для обеспечения надежной работы серверных и иных сетевых устройств.

Каждая из приведенных выше мер позволяет повысить соответствующий «показатель качества» проектируемой компьютерной сети, однако стоимость ЛВС при этом также возрастает.

При выборе программного обеспечения для проектируемой сети особое значение имеет выбор сетевой операционной системы (СОС). В настоящее время широкое распространение получили СОС Novel Netware и СОС Microsoft Windows (Server) (разумеется, это не единственные возможные варианты).

Многие специалисты указывают, что при примерно равных затратах на покупку ПО, сетевая операционная система обеспечивает более высокий уровень защиты данных от несанкционированного доступа и быстрого действия при данном типе сетевого оборудования.



Кроме того, эксплуатационные расходы при использовании СОС Novell заметно ниже аналогичных расходов при использовании СОС Microsoft Windows (особенно для больших ЛВС).

С другой стороны, СОС Microsoft Windows обеспечивают более высокий уровень совместимости с программным обеспечением рабочих компьютеров сети, что положительно сказывается на эффективности работы ЛВС. Поэтому для небольших и средних компьютерных сетей использование СОС Microsoft Windows является вполне оправданным.

Обычно для заданной предметной области можно составить несколько вариантов конфигурации локальной компьютерной сети, каждый из которых удовлетворяет требованиям, выдвинутому на этапе определения исходных данных. Между собой эти варианты могут сильно различаться по стоимости реализации, уровню быстродействия и надежности передачи данных и т. д.

Для выбора оптимального проекта проводится системная оценка всех вариантов ЛВС по основным критериям:

- быстродействие (скорость передачи данных);
- надежность (защищенность передачи данных от искажений и помех);
- информационная безопасность (защищенность от несанкционированного доступа и от возможных потерь);
- мобильность (как показатель эффективности использования ЛВС);
- стоимость организации и эксплуатации сети;
- масштабируемость, т. е. возможность увеличения размера сети;
- удобство организации и обслуживания ЛВС.

#### *Вопросы по занятию:*

1. Какой метод доступа к передающей среде используется в технологии Ethernet ?
2. О чем свидетельствует время двойного оборота ?
3. Каким образом разрешаются конфликты в технологии Ethernet ?
4. Какова производительность сети Ethernet при передаче пакетов минимальной длины ?
5. Какова производительность сети Ethernet при передаче пакетов максимальной длины ?
6. Назовите основные характеристики толстого Ethernet.
7. Назовите основные характеристики тонкого Ethernet.
8. Назовите основные характеристики Ethernet на витой паре.
9. Назовите основные характеристики технологии Token Ring.
10. Объясните особенности маркерного метода доступа к передающей среде ?
11. Назовите основные характеристики технологии FDDI.

12. Объясните особенности метода в технологии FDDI ?
13. Назовите основные характеристики технологии Fast Ethernet.
14. Объясните каким образом удалось увеличить диаметр сети Gigabit Ethernet до 200 метров ?
15. Объясните каким образом удалось передать 1000 Мбит в секунду по ви- той паре 5 категории ?
16. Назовите основные характеристики технологии 100VG-FnyLAN.

## Литература

### *Основная литература:*

1 Будылдина Н.В. Системы документальной электросвязи: Учебное пособие для вузов -М.: Горячая линия-Телеком, 2011.

2. Олифер В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: учеб. пособие для вузов / В. Олифер, Н. Олифер - 4-е изд.- СПб. : Питер, 2010.

### *Дополнительная литература:*

3. Крук Б.И. Телекоммуникационные системы и сети. В 3-х томах. Том 1. Современные технологии учеб. Пособие для студ. вузов связи и колледжей/ Б.И. Крук, / Под ред. В.П. Шувалова. – М.: Горячая линия – Телеком, 2003.

4. Будылдина Н. В. Современные информационные технологии: учеб. пособие Екатеринбург: Изд-во УрТИСИ ГОУ ВПО "СибГУТИ", 2008.

5. <http://referent.mubint.ru/>

6. Будылдина Н.В. Оконечные устройства сетей электросвязи. Учебное пособие, УФСибГУТИ, 2003.

7. В.П. Шувалов. Пособие по дисциплине. Передача дискретных сообщений.

8. Н.В. Будылдина Основы передачи дискретных сообщений. Учебное пособие. Екатеринбург, 2009.

9. <http://refdb.ru/>.

10. <http://project.net.ru/> МГТУ им. Н.Э.Баумана Телекоммуникационные технологии и сети И.П. Норенков, В.А. Трудоношин Москва 1999

21. <http://www.rfcmd.ru/>

22. <http://opds.sut.ru/>

23. <http://venec.ulstu.ru>

24. <http://siblec.ru/>

25. <http://doronin2004.narod.ru/>

26. <http://studopedia.ru/>

27. <http://sovietoffice.net/>

28. <http://www.zakonprost.ru/>

29. <http://edu.dvgups.ru/>

30. <http://network-journal.mpei.ac.ru/>

31. <http://www.studfiles.ru/>

32. <http://citforum.ru/>

*Учебное издание*

**Бурнашев Ильдар Янгибаевич**

**ПЕРЕДАЧА ДИСКРЕТНЫХ СООБЩЕНИЙ  
НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ**

Печатается в авторской редакции  
Технический редактор Т.М. Чеснокова

Подписано в печать 09.10.17. Формат 60×84/16.  
Бумага газетная. Ризография. Усл. печ. л. 2,56.  
Тираж      экз. Изд. № 9044. Заказ      .

Редакционно-издательский центр ФГБОУ ВО РГУПС.

---

Адрес университета: 344038, г. Ростов н/Д, пл. Ростовского Стрелкового Полка  
Народного Ополчения, д. 2.