

# 1. Дайте определение понятиям «информация» и «сообщение». Чем характеризуется источник дискретных сообщений. Как определить количество информации в сообщении и энтропию источника. Как определить количество объективной информации в последовательности сообщений (в книге, рисунке и т.п.)

Информация — это осознанные сведения об окружающем мире, которые являются объектом хранения, преобразования, передачи и использования.

Сообщение — это информация, передаваемая с помощью электромагнитных сигналов средствами электросвязи.

Основными характеристиками является: энтропия, производительность (поток информации), избыточность.

- Энтропия дискретного источника это среднее количество информации, приходящееся на элемент сообщения. Энтропия характеризует вероятность появления символа источника и зависит только от его вероятностных характеристик.
- Производительность источника сообщений. Это количество информации, вырабатываемое источником в единицу времени. Скорость создания сообщения. При отсутствии помех производительность равна энтропии приходящейся на единицу времени. Повышение производительности достигается или снижением времени выдачи символа или за счет повышения энтропии.
- Избыточность. Любой естественный язык обладает избыточностью. Это обеспечивает надежное общение при больших искажениях (дефекты речи, акцент и т.д.) Различают реальные сообщения и оптимальные. Оптимальными являются сообщения, энтропия которых равна максимальному значению.

Количество информации может быть определено следующим образом:

$$I = - \sum_{i=1}^N p_i \log_2 p_i, \quad (1.1)$$

где  $I$  – количество информации;  $N$  – количество возможных событий (сообщений);  $p_i$  – вероятность отдельных событий (сообщений);  $\sum$  – математический знак суммы чисел. Определяемое с помощью формулы (1.1) количество информации принимает только положительное значение. Поскольку вероятность отдельных событий меньше единицы, то соответственно выражение  $\log_2 p_i$  является отрицательной величиной и для получения положительного значения количества информации в формуле (1.1) перед знаком суммы стоит знак минус.

Если вероятность появления отдельных событий одинаковая и они образуют полную группу событий, т. е.:

формула (1.1) преобразуется в формулу Р. Хартли:

$$\sum_{i=1}^N p_i = 1, \quad I = \log_2 N, \quad (1.2)$$

## Информационная энтропия для независимых

случайных событий  $x$  с  $n$  возможными состояниями (от 1 до  $n$ ) рассчитывается по формуле:

$$H(x) = - \sum_{i=1}^n p(i) \log_2 p(i).$$

Эта величина также называется *средней энтропией*

сообщения. Величина  $\log_2 \frac{1}{p(i)}$  называется *частной энтропией*, характеризующей только  $i$ -е состояние.

Чтобы определить количество объективной информации в последовательности сообщений (в книге, рисунке и

т.п.) нужно:

1. Найти мощность алфавита –  $N$ .
2. Найти информационный объем одного символа –  $I = \log_2 N$ .
3. Найти количество символов в сообщении –  $K$ .
4. Найти информационный объем всего сообщения –  $K \cdot I$

## **2. Дайте определение понятию «БИТ». Какими ещё единицами можно измерять количество информации. Как соотносятся понятия «Бит» и «Единичный элемент».**

Бит — единица измерения количества информации, равная одному разряду в двоичной системе счисления.

8 бит составляют 1 байт. Наряду с байтами для измерения количества информации используются более крупные единицы:

1 Кбайт (один килобайт) = 2<sup>10</sup> байт = 1024 байта;

1 Мбайт (один мегабайт) = 2<sup>10</sup> Кбайт = 1024 Кбайта;

1 Гбайт (один гигабайт) = 2<sup>10</sup> Мбайт = 1024 Мбайта.

Бит – единичный элемент кодовой комбинации с основанием кода, равным двум.

## **3. Дайте определение непрерывным и дискретным сигналам. Чем определяется информационная ёмкость единичного элемента. Чем определяется скорость передачи информации.**

Сигнал называется непрерывным (или аналоговым), если его параметр может принимать любое значение в пределах некоторого интервала.

Сигнал называется дискретным, если его параметр может принимать конечное число значений в пределах некоторого интервала.

Информационная емкость оценивается также в относительных единицах плотности записи, показывающих, сколько единиц информации может быть записано на единице площади носителя записи или в единице его объема.

Информационная ёмкость единичного элемента определяется длиной алфавита ( $N=2^i$ ) так, информационная емкость знака двоичной знаковой системы составляет 1 бит.

Скорость передачи определяется количеством битов, передаваемых по каналу связи за одну секунду бит/с

## **4. Что такое скорость телеграфирования и в чем она измеряется. Какие**

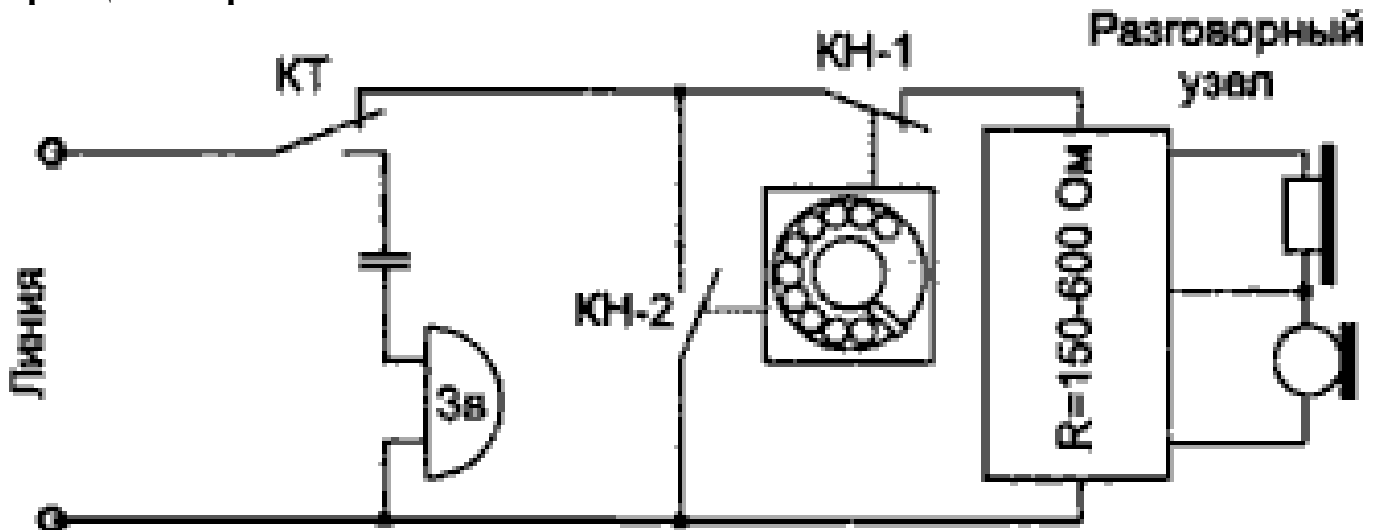
**возможны соотношения между скоростью передачи информации и скоростью телеграфирования.**

Скорость телеграфирования — это скорость, которая измеряется количеством элементарных телеграфных посылок, передаваемых в одну секунду. Единицей измерения скорости является бод. Бод — это число изменений состояния среды передачи в секунду.

Соотношение между скоростью модуляции в бодах и скоростью передачи дискретной информации в бит / с зависит от того, какое реальное содержание имеет та или иная посылка. Скорость передачи в бодах не всегда равна скорости в битах в секунду. На

высоких скоростях, а также в случае применения современных методов сжатия данных, за время изменения сигнала с плюса на минус может быть передано больше одного бита информации. Поэтому, скорость в битах в секунду обычно больше, чем в бодах. Использование различных типов модуляции обеспечивает минимизацию ширины полосы с целью освобождения частотного пространства для других видов сигналов, что повышает скорость передачи.

5. Нарисуйте упрощенную схему аналогового телефонного аппарата и поясните принцип его работы.



кт-телефонная станция, кн-канал

В состоянии покоя аппаратура АТС посылает в линию напряжение постоянного тока через ограничительные резисторы и следит за током в линии. При опущенной трубке КТ переключается и подключает через конденсатор вызывное устройство (Зв), при этом телефон не нагружает линию по постоянному току. Для вызова абонента АТС посылает серию импульсов. Эти импульсы через конденсатор проходят в обмотку звонка и вызывают колебания молоточка. При снятой трубке к линии подключается разговорный узел (это положение показано на рисунке). Разговорный узел содержит микрофон, телефон и схему подавления прослушивания сигнала собственного микрофона. Для предотвращения травм органов слуха предусмотрен ограничитель напряжения звукового сигнала. Подключение разговорного узла приводит к протеканию постоянного тока в линии, что позволяет станции фиксировать факт снятия трубки. При снятии трубки станция посылает непрерывный тональный сигнал ответа и готовится принять сигналы набора номера. Отбой (вешание трубки) сигнализируется разрывом цепи для постоянного тока. На данной схеме показаны цепи импульсного набора номера. При наборе номера (трубка снята) разговорный узел отключается контактом КН-1. Во время «взвода» диска контакт КН-2 замыкается, во время обратного хода он  $n$  раз размыкается (по одному разрыву на единицу набираемой цифры, 0–10 разрывов). После окончания набора цифры контакты КН-1 снова подключают разговорный узел. В результате коммутации станция сигнализирует короткими гудками «занято».

6. Поясните идею передачи аналоговых сигналов в цифровом виде. Покажите основные этапы аналого-цифрового преобразования: дискретизацию, квантование и кодирование. На что влияет выбор периода дискретизации и шага квантования.

Аналоговый сигнал является непрерывным во времени способом передачи данных. Недостатком его можно назвать присутствие шума, который иногда приводит к полной потере информации. Очень часто возникают такие ситуации, что невозможно определить, где в коде важные данные, а где обычные искажения. Именно

из-за этого цифровая обработка сигналов приобрела большую популярность и постепенно вытесняет аналоговую.

Дискретизация сигнала во времени заключается в измерении значений амплитуды аналогового сигнала через определенные промежутки времени, называемые шагом дискретизации. Чем выбранный шаг меньше, тем, соответственно, чаще замеряются значения амплитуды. Количество осуществляемых замеров амплитуды в одну секунду называют частотой дискретизации (или частотой выборки) сигнала.

Квантование измеренных значений амплитуды сигнала представляет собой процесс замены этих значений приближенными с определенной точностью. Необходимость производимых округлений вызвана невозможностью записывать с бесконечной точностью реальные значения амплитуды сигнала (это потребовало бы бесконечно большой объем памяти). Точность осуществляемого округления зависит от выбранного количества уровней квантования: чем больше уровней квантования, тем на меньшую величину приходится округлять измеренные значения амплитуды, и, таким образом, тем меньше получаемая погрешность.

Процесс перехода от первичного алфавита к его вторичному отображению называется кодированием. Основными задачами кодирования являются повышение помехоустойчивости передаваемых сообщений, удаление избыточности из закодированных сообщений и защита информации от несанкционированного доступа (постороннего прослушивания).

Автоматическое кодирование осуществляется в устройстве называемом кодером, а обратный процесс декодирование происходит в декодере.

## **7. Какие среды передачи используются в системах телекоммуникаций.**

### **Перечислите основные характеристики сред передачи и дайте определения.**

Для систем электросвязи средами распространения сигнала в проводных линиях являются воздушная линия, кабель, волновод, оптоволокно, а в радиолиниях – атмосфера и космическое пространство.

Для оценки качества каналов передачи данных можно использовать следующие характеристики:

- скорость передачи данных по каналу связи;
- пропускную способность канала связи;
- достоверность передачи информации;
- надежность канала связи.

В воздушных линиях средой распространения сигнала являются один или два проводника, подвешенные на столбах. В кабельных линиях средой распространения сигнала являются радиокабели. Радиокабели подразделяются на симметричные и коаксиальные.

Симметричный радиокабель представляет собой два параллельно расположенных изолированных проводника, помещенных в диэлектрическую среду. Коаксиальный радиокабель представляет собой два концентрически расположенных изолированных проводника, помещенных в диэлектрическую среду. В волноводных линиях средой распространения сигнала является пространство, ограниченное стенками волновода. По волноводу распространяется электромагнитная волна. В оптоволоконных линиях средой распространения сигнала является оптическое волокно, представляющее собой нить из оптически прозрачного материала (стекло, пластик), используемая для переноса световых волн внутри себя посредством полного внутреннего

отражения. В радиолиниях передача информации осуществляется посредством радиоволн. Условно принято считать, что космическое пространство начинается за пределами двух-трех земных, а ниже располагается атмосфера.

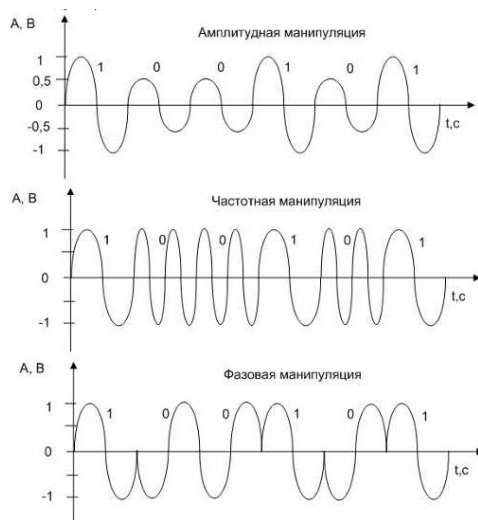
**8. Что такое модуляция и для чего она используется. Какие виды модуляции Вы знаете. Нарисуйте примеры модулированных сигналов.**

Модуляция – это процесс изменения одного или целого набора параметров высокочастотного колебания в соответствии с законом информационного низкочастотного сообщения. Модуляция выполняется с целью передачи информации посредством электромагнитного излучения.

Амплитудная модуляция — вид модуляции, при которой изменяемым параметром несущего сигнала является его амплитуда

При частотной модуляции значениям «0» и «1» информационной последовательности соответствуют определённые частоты синусоидального сигнала при неизменной амплитуде.

Фазовая модуляция — один из видов модуляции колебаний, при которой фаза несущего колебания управляется информационным сигналом.



**9. Что такое спектр сигнала и ширина спектра? Как связана ширина спектра с временными характеристиками сигнала на примере последовательности прямоугольных импульсов.**

Спектр сигнала — это результат разложения сигнала на более простые в базисе ортогональных функций.

Ширина спектра сигнала — Величина, характеризующая часть спектра сигнала, содержащего спектральные составляющие, суммарная мощность которых составляет заданную часть полной мощности сигнала.

Чем меньше длительность сигнала, тем шире его спектр. От периода не зависит.

**10. Нарисуйте структурную схему системы передачи дискретных сообщений и поясните назначение её блоков.**

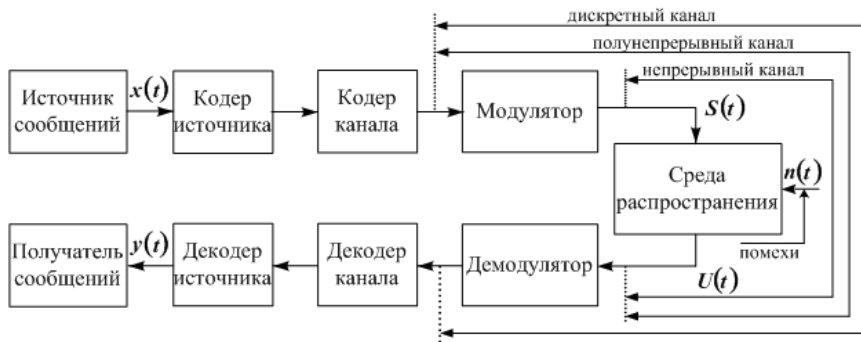


Рис. 1.3. Структурная схема системы электрической связи для передачи дискретных сообщений

Кодер источника служит для преобразования сообщений в кодовые символы с целью уменьшения избыточности источника сообщения, т.е. обеспечения минимума среднего числа символов на одно сообщение и представления в удобной форме (например, в виде двоичных чисел).

Кодер канала, предназначен для введения избыточности, позволяющей обнаруживать и исправлять ошибки в канальном декодере, с целью повышения достоверности передачи.

Модулятор— устройство, изменяющее параметры несущего сигнала в соответствии с изменениями передаваемого (информационного) сигнала.

Среда распространения сигнала физическая субстанция, по которой происходит передача (перенос) той или иной информации (данных) от источника (передатчика, отправителя) к приёмнику (получателю).

Демодулятор — электронный узел устройств, отделяющий полезный (модулирующий) сигнал от несущей составляющей.

Декодер канала обеспечивает проверку избыточного (помехоустойчивого) кода и преобразование его в последовательность первичного электрического сигнала без избыточного кода.

Декодер источника (ДИ) – это устройство для преобразования последовательности ПЭС без избыточного кода в сообщение.

**11. Поясните, как организуется передача сигналов от нескольких источников при частотном разделении каналов (с использованием модуляции).**

Наиболее часто в отдельных каналах при ЧРК применяется однополосная модуляция с соответственно подобранными частотами пилот-сигналов, которые выдаются генератором несущих частот (ГНЧ). Данный способ модуляции обеспечивает минимальную полосу частот группового сигнала. Совокупность канальных сигналов на выходе суммирующего устройства  $\Sigma$  образует групповой сигнал. В групповом передатчике  $M$  групповой сигнал преобразуется в линейный сигнал, который и поступает в линию связи ЛС. В общем случае групповой сигнал может формироваться не только простейшим суммированием канальных сигналов, но также и определенной логической обработкой, в результате которой каждый элемент группового сигнала несет информацию о сообщениях источников.

**12. Проиллюстрируйте, как организуется передача последовательностей элементов от двух источников по одному каналу при временном разделении каналов.**

В многоканальных системах (МКС) с ВРК канальные сигналы передаются в строгой очередности без

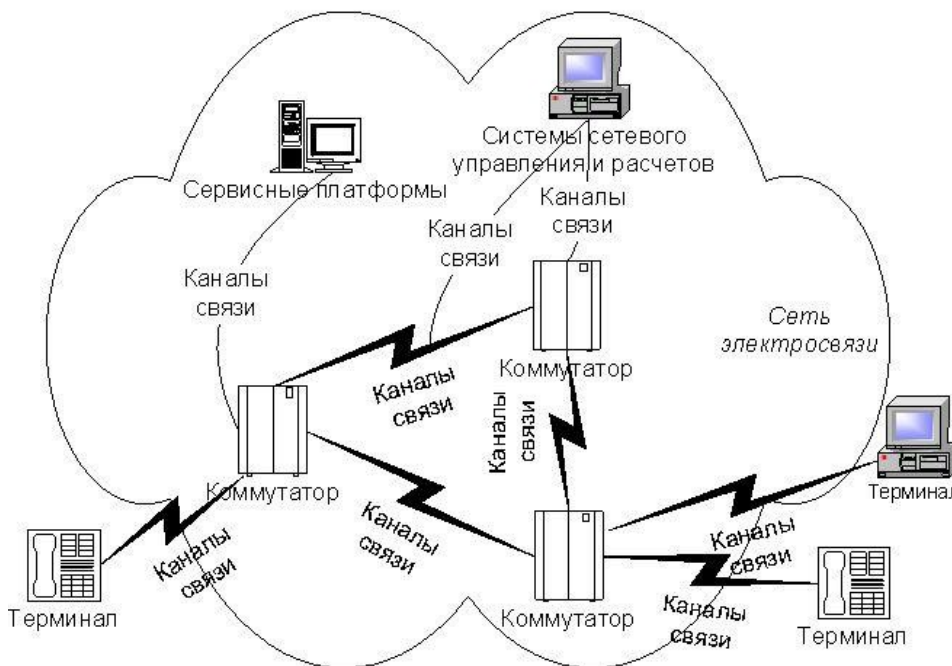
перекрытия по времени. В качестве переносчиков первичных сигналов используются периодические последовательности импульсов, ортогональные по времени. Выделение канальных сигналов из принятого группового осуществляется при помощи специальных электронных коммутаторов. В модуляторах осуществляется один из видов импульсной модуляции переносчиков (опорных импульсных последовательностей), в результате которой формируются канальные сигналы. После линейного сложения последних образуется групповой сигнал. Для формирования группового сигнала могут использоваться различные виды импульсной и цифровой модуляции. При передаче данных в системе с ВРК используется дискретизация во времени (импульсная модуляция). Групповой канальный тракт разделен на временные интервалы (таймслоты) фиксированной длины, отдельные для каждого индивидуального канала (подканала). Сначала передается импульс 1-го подканала, затем 2-ого. После передачи фрейма последнего из подканалов происходит передача фрейма первого подканала, потом 2-ого.

### 13. Как Вы понимаете термин «Коммутация». Поясните идеи коммутации каналов и коммутации пакетов. Нарисуйте упрощенную структуру телекоммуникационной сети.

**Коммутация** – это система электрических соединений проводов, кабелей, аппаратов, осуществляемая на телефонных, телеграфных станциях и радиостанциях.

При **коммутации каналов** сеть реализует между конечными узлами постоянный цельный физический канал из последовательных соединенных промежуточных участков с помощью коммутатора. Главным условием такого канала, является одинаковая скорость передачи данных на каждом из участков. Равенство определяет то, что коммутаторы такой сети не должны буферизовать транспортируемые данные.

Когда объект передает **коммутированные пакеты**, то данные разбиваются в начальном узле на небольшие части, которые называются кадры. Каждому пакету дается заголовок, в котором пишется адрес доставки.



### 14. Что такое «Децибел»? Определите значения тока, напряжения и мощности, используемые для указания абсолютных уровней в Децибелах.

**Децибел** — дольная единица бела, равная одной десятой этой единицы. Бел выражает отношение двух значений энергетической величины десятичным логарифмом этого отношения.

Энергетические величины пропорциональны квадратам *силовых величин* (или *величин поля*, как принято в международных документах<sup>[1][2]</sup>), таких как *звуковое давление*, *электрическое напряжение*, *сила электрического тока* и т. п., поэтому отношение  $D_F$  двух значений силовой величины  $F$ , выраженное в децибелах, определяется по формуле:

$$D_F = 20 \lg \frac{F_1}{F_0}$$

Отсюда следует, что увеличение силовой величины на 1 дБ означает её увеличение в  $10^{0,05} \approx 1,122$  раза.

### 15. Сформулируйте основную идею работы архиваторов. (Минимизация двоичных элементов, необходимых для кодирования сообщений источника).

Суть алгоритма, на котором работают все архиваторы, заключается в сжатии информации находящейся в

файлах, и осуществляется за счет вычисления и дальнейшей замены повторяющегося кода на код который указывает на кратность повторения. Данный метод подразумевает использование словаря из последовательностей данных, или слов. Причем в качестве словаря служит сам исходный блок данных. Для показа всего вышесказанного на примере, можно прибегнуть к следующему примеру: имеем двоичный фрагмент файла — 10111011101110110011. Как видим в данном примере четыре раза повторяется комбинация 1011, именно ее архиватор записывает один раз, а после проставляет кратность повторения.

## 16. Сформулируйте основные идеи определения и исправления ошибок в кодовых комбинациях корректирующих кодов.

Корректирующие (или помехоустойчивые) коды — это коды, которые могут обнаружить и, если повезёт, исправить ошибки, возникшие при передаче данных.

Идея помехоустойчивого кодирования заключается как раз в таком разнесении кодовых комбинаций, за счет введения избыточности, при котором искажения элементов не приводит к перерождению комбинаций.

### Общие принципы использования избыточности

Способность кода обнаруживать и исправлять ошибки обусловлена наличием избыточных символов. На вход кодирующего устройства поступает последовательность из  $k$  информационных двоичных символов. На выходе ей соответствует последовательность из  $n$  двоичных символов, причем  $n > k$ . Всего может быть  $2^k$  различных входных последовательностей и  $2^n$  различных выходных последовательностей. Из общего числа  $2^n$  выходных последовательностей только  $2^k$  последовательностей соответствуют входным. Будем называть их *разрешенными* кодовыми комбинациями. Остальные ( $2^n - 2^k$ ) возможных выходных последовательностей для передачи не используются. Их будем называть *запрещенными* кодовыми комбинациями.

Искажение информации в процессе передачи сводится к тому, что некоторые из передаточных символов заменяются другими - неверными. Каждая из  $2^k$  разрешенных комбинаций в результате действия помех может трансформироваться в любую другую. Всего может быть  $2^k \cdot 2^n$  возможных случаев. В это число входит:

- $2^k$  случаев безошибочной передачи;
- $2^k \cdot (2^k - 1)$  случаев перевода в другие разрешенные комбинации, что соответствует необнаруживаемым ошибкам;
- $2^k \cdot (2^n - 2^k)$  случаев перехода в неразрешенные комбинации, которые могут быть обнаружены.

Часть обнаруживаемых ошибочных кодовых комбинаций от общего числа возможных случаев передачи соответствует:

$$K_{\text{обн}} = \frac{2^k \cdot (2^n - 2^k)}{2^k 2^n} = 1 - \frac{2^k}{2^n}.$$

## 17. Корректирующие Коды Хемминга. Исправление ошибок.

Коды Хэмминга — это алгоритм, который позволяет закодировать какое-либо информационное сообщение определённым образом и после передачи (например по сети) определить появилась ли какая-то ошибка в этом сообщении (к примеру из-за помех) и, при возможности, восстановить это сообщение.

Коды Хемминга получаются по следующему правилу:  $n = 2^r - 1$ , где  $n$  — общее число разрядов,  $r$  — число проверочных разрядов и  $n - r$  — число информационных разрядов. Кодовое расстояние кодов Хемминга  $d_{\text{мин}} = 3$ . Коды Хемминга являются совершенными: они исправляют одну и только одну ошибку. Рассмотрим подробно случай  $r = 3$  — код Хемминга (7, 4).

Три проверочных разряда получаются из информационных таким образом, чтобы соблюдалось условие их линейной независимости. Например:

$$\begin{aligned} b_4 &= b_0 \oplus b_1 \oplus b_2, \\ b_5 &= b_1 \oplus b_2 \oplus b_3, \\ b_6 &= b_0 \oplus b_2 \oplus b_3. \end{aligned}$$

Таким образом, каждый из 7 символов участвует хотя бы в одной проверке (символ  $b_2$  участвует в трёх проверках). Эти равенства используются как проверочные при приёме кодовой комбинации. Если в одном из разрядов содержится ошибка, то те равенства, в которых он участвует, не соблюдаются. Так как равенств три, то возможны 8 вариантов ситуаций. В ситуации, когда все равенства выполняются, кодовая комбинация или принята безошибочно, или в канале произошли ошибки, приведшие к новой разрешённой кодовой комбинации, то есть ошибка в кодовой комбинации не обнаружена. В другом случае, в зависимости от того, какая из оставшихся семи ситуаций имеет место в конкретном опыте, декодер определяет, какой из семи элементов принят неверно. Например, если не выполняются все три проверки, то это указывает на  $b_2$ , а если не выполняется только одна проверка, например,  $b_1$ , то это указывает на то, что произошла ошибка в самом проверочном символе, в данном случае это  $b_1$ .

Таким образом, одиночные ошибки не только обнаруживаются, но и могут быть исправлены путём замены ошибочного элемента на противоположный. Двойные ошибки обнаруживаются, но не исправляются.

Код Хемминга может использоваться в двух режимах: режиме исправления или режиме обнаружения ошибок.



В режиме исправления ошибок исправляются все одиночные ошибки в кодовой комбинации. В режиме обнаружения ошибок гарантированно обнаруживаются две ошибки.

## 18. Что представляет собой IP адрес и какую информацию несет в себе. Дайте понятие классов адресов и масок.

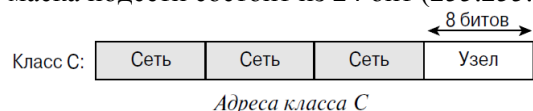
**IP-адрес** — уникальный сетевой адрес узла в компьютерной сети, построенной на основе стека протоколов TCP/IP. IP-адрес представляет собой серию из 32 двоичных бит (единиц и нулей). Человеку прочесть двоичный IP-адрес очень сложно. Поэтому 32 бита группируются по четыре 8-битных байта, в так называемые октеты. IP-адрес состоит из двух частей: номера сети и номера узла, он идентифицирует в какой из подсетей постоянно находится компьютер, а также уникальный номер компьютера в той подсети. IP-адреса делятся на 5 классов. К классам А, В и С относятся коммерческие адреса, присваиваемые узлам. Класс D зарезервирован для многоадресных рассылок, а класс Е — для экспериментов.



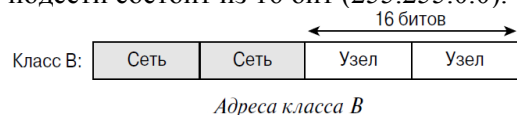
IP-адреса класса D



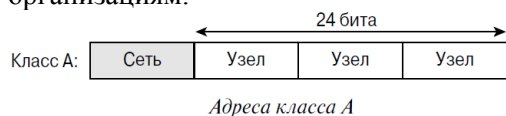
В адресах класса С сетевая часть состоит из трех октетов, а адрес узла — из одного. Выбранная по умолчанию маска подсети состоит из 24 бит (255.255.255.0). Адреса класса С обычно присваиваются небольшим сетям.



В адресах класса В сетевая часть и адрес узла состоят из двух октетов. Выбранная по умолчанию маска подсети состоит из 16 бит (255.255.0.0). Обычно эти адреса используются в сетях среднего размера.



В адресах класса А сетевая часть состоит всего из одного октета, остальные отведены узлам. Выбранная по умолчанию маска подсети состоит из 8 бит (255.0.0.0). Обычно такие адреса присваиваются крупным организациям.



Класс адреса можно определить по значению первого октета.

Маска подсети — битовая маска, определяющая, какая часть IP-адреса узла сети относится к адресу сети, а какая — к адресу самого узла в этой сети (при этом, в отличие от IP-адреса, маска подсети не является частью IP-пакета).

IP-адрес:	11000000	10101000	00000001	00000010	(192.168.1.2)
Маска подсети:	11111111	11111111	11111110	00000000	(255.255.254.0)
Адрес сети:	11000000	10101000	00000000	00000000	(192.168.0.0)

## 19. Основные идеи шифрования информации. Блок – схема шифрования симметричным ключом.

**Шифрование** — обратимое преобразование информации в целях скрытия от неавторизованных лиц, с предоставлением, в это же время, авторизованным пользователям доступа к ней. Главным образом, шифрование служит задачей соблюдения конфиденциальности передаваемой информации. Важной особенностью любого алгоритма шифрования является использование ключа, который утверждает выбор конкретного преобразования из совокупности возможных для данного алгоритма.

Идеи:

- Конфиденциальность. Шифрование используется для скрытия информации от неавторизованных пользователей при передаче или при хранении.
- Целостность. Шифрование используется для предотвращения изменения информации при передаче или хранении.
- Идентифицируемость. Шифрование используется для аутентификации источника информации и предотвращения отказа отправителя информации от того факта, что данные были отправлены именно им.

