

Каналы передачи информации

Передача информации – физический процесс, посредством которого осуществляется перемещение информации в пространстве.

Данный процесс характеризуется наличием следующих компонентов: источник информации, приемник информации, носитель информации, среда передачи.

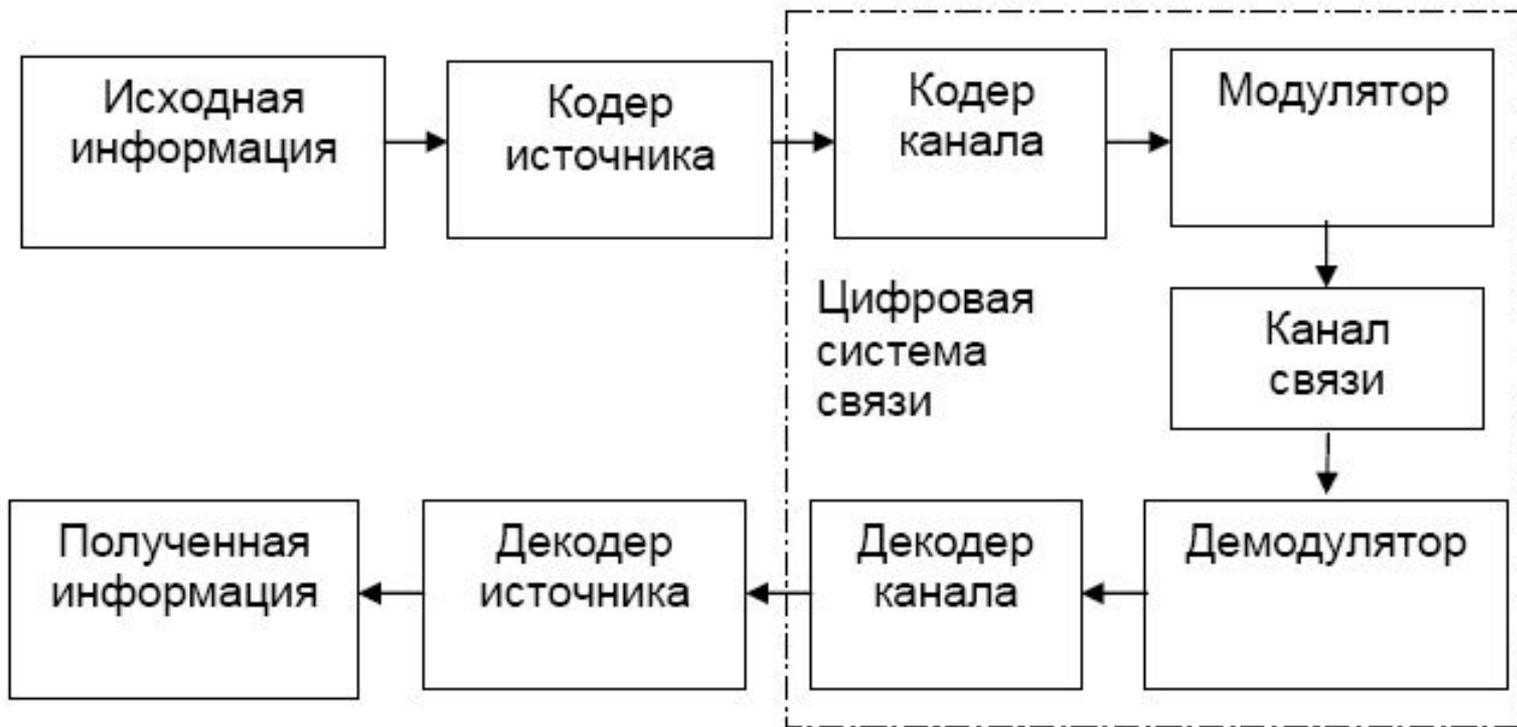
Между источником и приемником действует канал передачи информации – канал связи.

Канал связи — это среда передачи информации.

Канал связи — совокупность устройств, предназначенных для передачи сообщения от одного места к другому или от одного момента времени к другому.

Канал связи — совокупность технических устройств, обеспечивающих передачу сигнала от источника к получателю.

Обобщенная модель системы передачи информации (канала передачи информации) показана на рисунке.



Кодер преобразует алфавит Z в алфавит X удобный для передачи по каналу (чаще всего X - двоичный алфавит, включающий символы "1" и "0"). Кодер нередко выполняет кодирование в несколько этапов, реализуя в различных сочетаниях сжатие данных, защиту от ошибок передачи и шифрование.

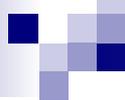
В канале передачи могут возникать ошибки с вероятностью p_0 . В связи с этим разряды кода Y_j на выходе канала могут отличаться от разрядов X_j на входе. Таким образом, возникает неопределенность $N_{x/y}$ - принятому Y_j неоднозначно отвечает X_j ,

Декодер преобразует принятые разряды кода в символы для получателя (из-за ошибок алфавит Z^* может не совпадать с Z).

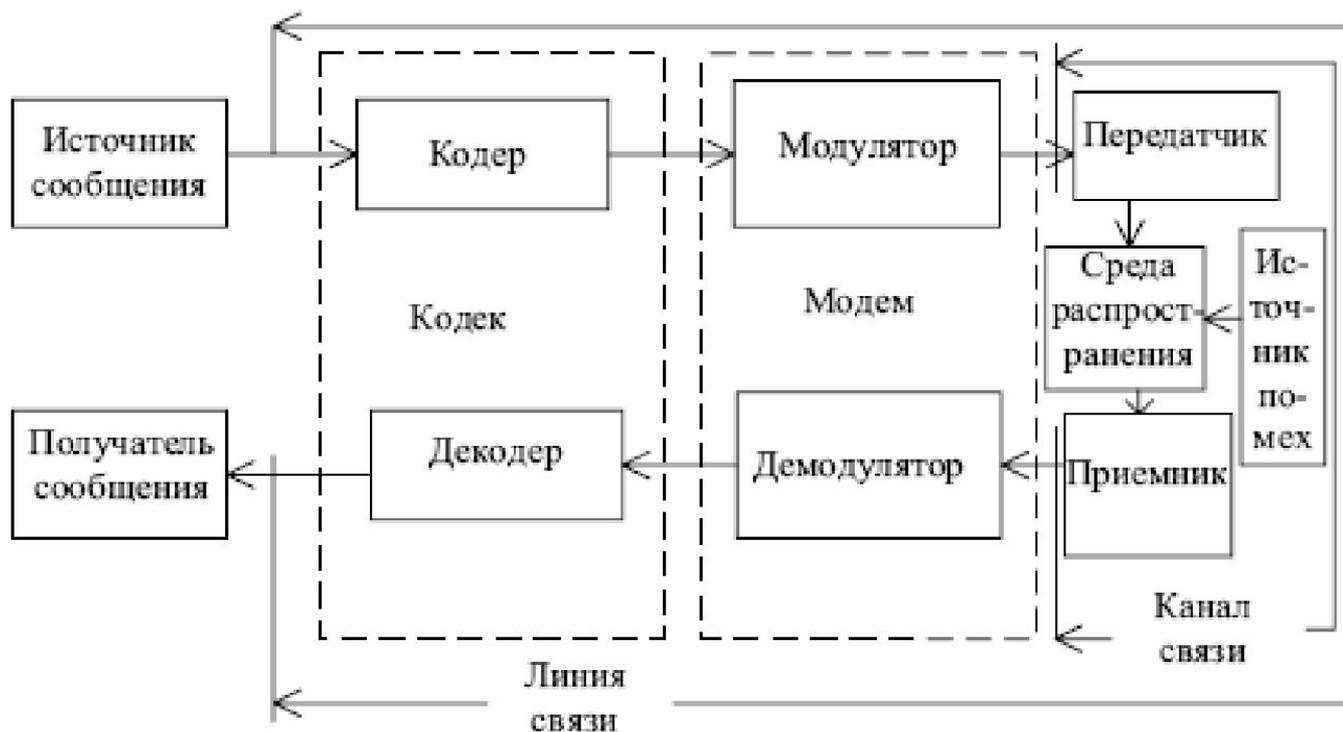
В *линии передачи сигналы* неизбежно подвергаются искажениям (затухание искажение формы сигналов, воздействие помех), что может приводить к ошибкам их распознавания.

Шум – помехи в канале связи.

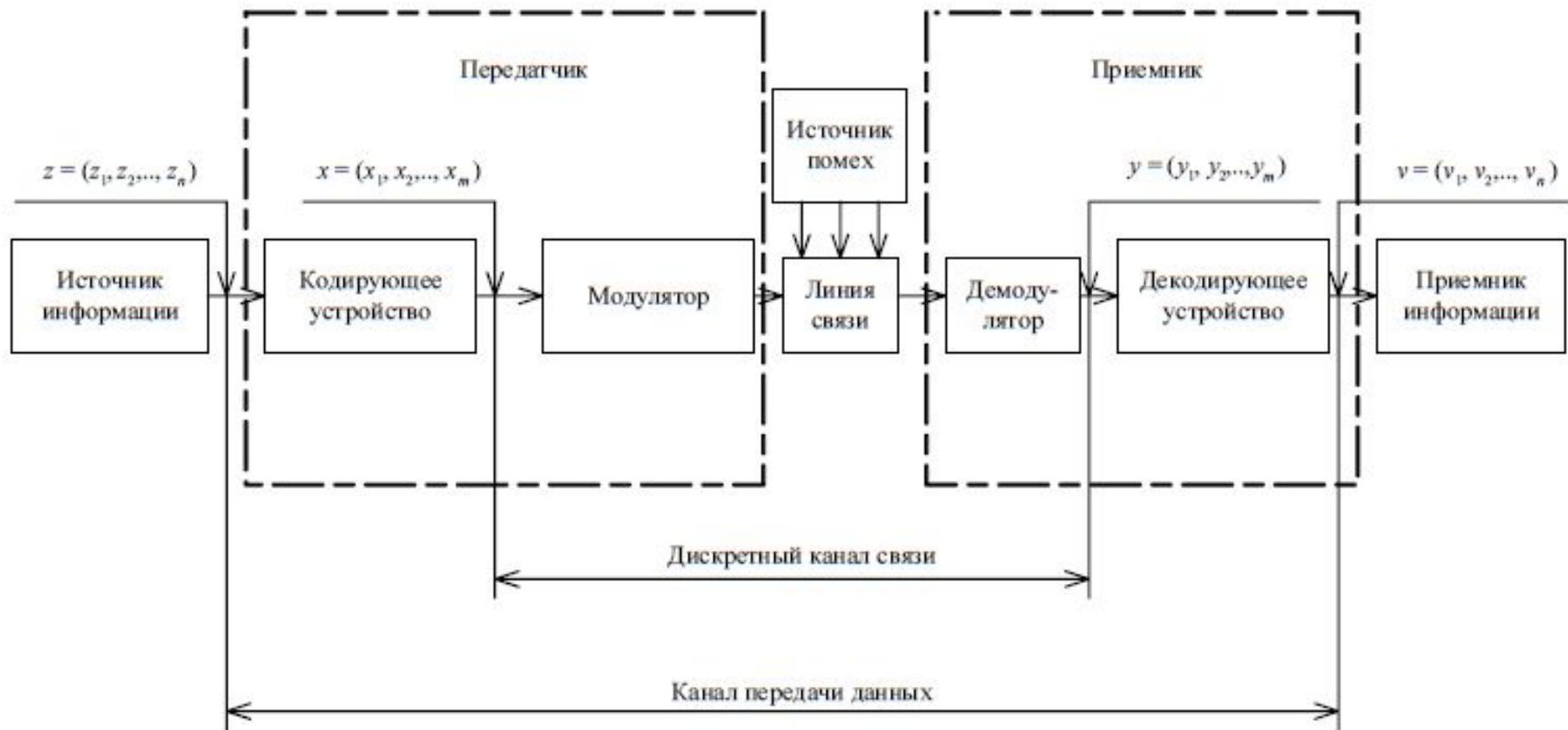
Устройства, осуществляющие модуляцию сигналов, называются модуляторами, а обратный процесс выделения кодовых слов из принятого модулированного сигнала (демодуляция) выполняют демодуляторы. При наличии в аппаратном составе модулятора и демодулятора такое объединенное устройство называется модемом.



Под **модуляцией** понимается воздействие на один или несколько параметров сигнала – переносчика информации, который генерируется в передающем устройстве. В системах связи в качестве переносчика сообщений от передатчика к приемнику используются в большинстве случаев синусоидальные колебания или периодические последовательности импульсов.



Линия связи – совокупность средств связи и канала связи, посредством которых осуществляется передача информации от источника к приемнику.



Информационная модель канала связи

Классификация каналов

Если КС обеспечивает передачу только в одном направлении, то он называется **симплексным**.

Если КС обеспечивает передачу информации в двух противоположных направлениях в разные интервалы времени, то он называется **полудуплексным**.

Если КС обеспечивает передачу информации в двух противоположных направлениях в одно и то же время, то он называется **дуплексным**.

Классифицируют каналы связи по различным признакам:

- по используемым линиям связи (кабельные, проводные и прочее);
- по полосе частот сигнала в ЛС (высокочастотные, коротковолновые, ультракоротковолновые, световые и т.д.);
- по техническому характеру сигналов и назначению систем связи (телефонные, телеграфные, телевизионные, звукового вещания, передачи цифровой информации, и т.д.);
- по математическому описанию (непрерывные и дискретные каналы, непрерывного и дискретного времени).

Канал, предназначенный для передачи дискретных сообщений, называют **дискретным**. Сигнал в таком канале при передаче от входа к выходу подвергается преобразованиям в следующей последовательности устройств: источник сообщения – кодер источника – модулятор – передатчик – линия связи – приемник – демодулятор – декодер – приемник сообщения.

По линии связи, как правило, передается непрерывный сигнал. Считается, что именно в линии связи возникают наибольшие помехи. Поэтому при теоретическом исследовании модели канала с помехами полагают, что помехи в источнике отсутствуют, т.к. они малы по сравнению с помехами в канале.

Дискретный канал считается заданным, если известны множества символов (*алфавиты*) на входе и выходе, а также вероятностные свойства формирования (передачи) этих символов. Для передачи по каналу сообщение из знаков алфавита источника преобразуется в дискретные последовательности символов из другого алфавита как правило, меньшего объёма.

В каждом состоянии канал характеризуется некоторой переходной вероятностью того, что переданный символ z будет восприниматься на выходе как символ v . Если указанные вероятности не зависят от времени, то канал называют *стационарным*, если зависят от времени, то — *нестационарным*.

Если эти вероятности зависят от предшествующего состояния, то имеет место канал *с памятью*, если не зависят, то это канал *без памяти*.

Согласование характеристик сигнала и канала

Сигнал может быть охарактеризован различными параметрами. Таких параметров, вообще говоря, очень много, но для задач, которые приходится решать на практике, существенно лишь небольшое их число.

Рассмотрим три основных параметра сигнала, существенных для передачи по каналу. Первый важный параметр – это **время передачи сигнала** T_x . Второй характеристикой, которую приходится учитывать, является **мощность** P_x сигнала, передаваемого по каналу с определённым уровнем помех P_E . Чем больше значение P_x по сравнению с P_E , тем меньше вероятность ошибочного приёма.

Таким образом, представляет интерес отношение P_X/P_E .

$$H_X = \log \frac{P_X}{P_E}.$$

Третьим важным параметром является спектр частот F_X . Эти три параметра позволяют представить любой сигнал в трёхмерном пространстве с координатами H, T, F в виде параллелепипеда с объёмом $T_X F_X H_X$. Данное произведение носит название **объём сигнала** $V_X = T_X F_X H_X$. Это выражается через V_X :

Соответственно канал связи может быть охарактеризован временем использования канала T_K (т.е. временем, в течение которого канал представлен для работы), полосой пропускания F_K и динамическим диапазоном H_K , равным разности максимально допустимого уровня сигнала в канале и уровня помех (в логарифмическом масштабе):

$$H_k = \log P_{x_{\max}} - \log P_E = \log\left(\frac{P_{x_{\max}}}{P_E}\right).$$

Таким образом, канал также можно охарактеризовать объёмом (ёмкостью):

$$V_k = T_k F_k H_k.$$

Для того чтобы сигнал мог быть передан по каналу, необходимо выполнение условий

$$T_x < T_k; F_x < F_k; H_x < H_k,$$

т.е. сигнал полностью уместится в объёме V_k . При этом, конечно, $V_x < V_k$, однако, только этого условия недостаточно. Тем не менее, если $V_x < V_k$, сигнал может быть определённым образом преобразован, так что передача окажется возможной.

Информационные потери при передаче сообщений по каналам связи с шумами.

Среднее количество информации, содержащейся в принятом ансамбле сообщений В относительно переданного ансамбля сообщений А в условиях помех (или среднее количество информации передаваемое одним символом по каналу с шумом) определяется:

а) с помощью энтропии объединения:

$$I(A,B)=H(A)+H(B)-H(A,B)$$

б) с использованием условной энтропии:

$$I(A,B)=H(A)-H(A/B)$$

Величина $H(A)$ -это энтропия источника, а величина $H(A/B)$ -это среднее количество информации, потерянное в канале из-за ошибок.

$$I(A,B)=I(B,A)$$

На практике удобно пользоваться следующей формулой:

$$I(A,B) = \sum_i \sum_j p(b_j) p(a_i/b_j) \log_2 \frac{p(a_i/b_j)}{p(a_i)}$$

Скорость передачи информации и пропускная способность каналов связи

В условиях отсутствия помех скорость передачи информации определяется количеством информации, переносимым символом сообщения в единицу времени и равна $C = n * H$

n — количество символов, вырабатываемых источником сообщения за единицу времени.

H — энтропия, снимаемая при получении одного символа сообщения.

Техническая скорость передачи

$$V = \frac{1}{\tau} \quad \text{СИМВ/СЕК}$$

Таким образом, для сообщений, составленных из равновероятных взаимонезависимых символов равной длительности скорость передачи информации $C = \frac{1}{\tau} \log_2 m$ бит/сек

В случае неравновероятных символов равной длительности $C = -\frac{1}{\tau} \sum_{i=1}^m p_i \log_2 p_i$ бит/сек

Пропускная способность (или емкость канала связи) есть максимальная скорость передачи информации по данному каналу связи:

$$C_{\text{макс}} = \frac{H}{\tau}$$

Задача

Сообщения передаются в двоичном коде ($m=2$), время передачи 0 - $t_0=1$ сек., длительность импульса, соответствующего 1, $t_1=5$ сек. Определить скорость передачи информации, если вероятность появления символа 0 $p_0=0,37$, вероятность появления символа 1 $p_1=0,63$.

Решение:

$$C = \frac{H_1}{\tau_{cp}} = \frac{-\sum_{i=1}^m P_i \cdot \log_2 P_i}{\sum_{i=1}^m \tau_i \cdot P_i} = \frac{-(0,37 \cdot \log_2 0,37 + 0,63 \cdot \log_2 0,63)}{0,63 \cdot 5 + 0,37 \cdot 1} = 0,27$$