

Теория информационных процессов и систем

Лекция 2

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Основные задачи изучения дисциплины

- Объектом изучения теории информационных систем является информация — понятие во многом абстрактное, существующее "само по себе", вне связи с конкретной областью знания, в которой она используется.
- Определенным образом и в определенных условиях информация равным образом описывает как процессы, происходящие в естественных физических системах, так и процессы в системах, искусственно созданных.
- Сторонники третьего подхода считают, что информация едина, но вот количественные оценки должны быть разными. Отдельно нужно измерять количество информации, причем количество информации — строгая оценка, относительно которой можно развивать единую строгую теорию

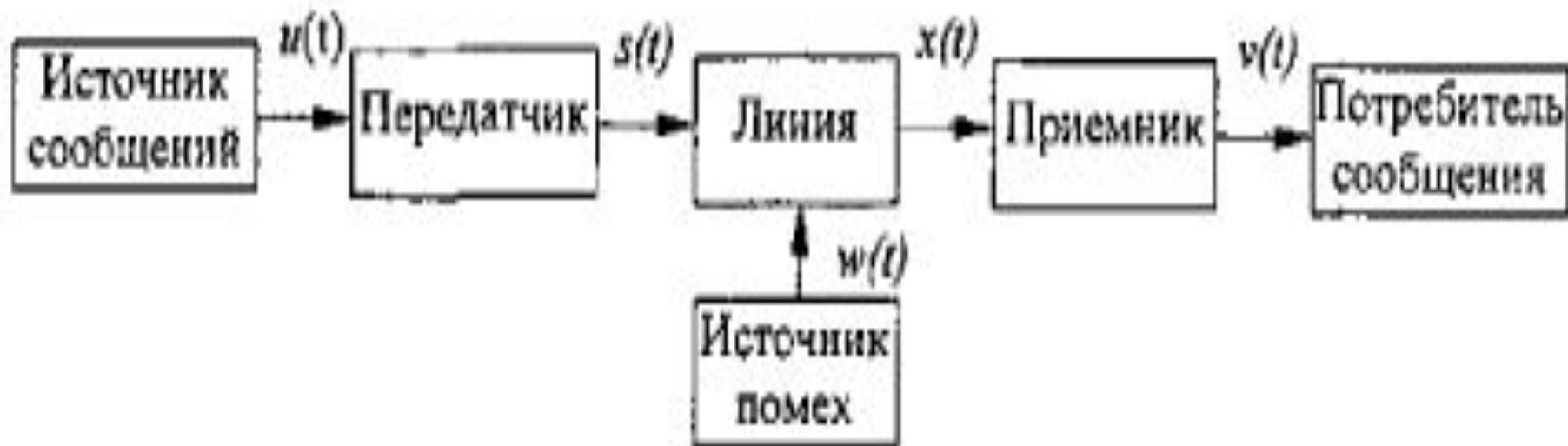
основные определения

- 1. Информационный процесс — это любой процесс, в котором присутствует хотя бы один из элементов: передача информации, ее прием, хранение, обработка, выдача пользователю.
- 2. Информационная система — это любая система, реализующая или поддерживающая информационный процесс.
- При таком подходе становится очевидным, что теория информационных систем является естественным развитием общей теории связи, которая включает в себя следующие основные разделы:
- Теорию сигналов, теорию помехоустойчивости и теорию информации.

Система передачи и обработки информации

- Объектом передачи в любой системе передачи информации является сообщение, несущее какую - либо информацию. Каждый из нас неоднократно употреблял выражение "масса информации", однако немногие знают, что можно измерять информацию количественно.
- Сообщение о некотором событии содержит тем больше информации, чем больше изменяется вероятность этого события после приема сообщения о нем, по сравнению с вероятностью того же события до того, как было принято соответствующее сообщение.
- В общем случае мерой количества информации в сообщениях должна служить величина, измеряющая изменение вероятности события под действием сообщения.
- Любое сообщение может быть непрерывным (речь, музыка) или дискретным (письменный текст, цифровые данные).

Функциональная схема системы передачи информации



Источником информации является отправитель сообщения, а потребителем — ее получатель. В одних системах передачи информации источником и потребителем информации может быть человек, а в других — различного рода автоматические устройства, ЭВМ и т. д.

- Поступающее от источника сообщение $u(t)$ в передатчике обрабатывается определенным образом, и формируется сигнал $s(t)$, удобный для передачи по линии связи.
- В телефонии, например, эта операция сводится просто к преобразованию звукового давления в пропорционально изменяющийся электрический ток микрофона. В телеграфии производится кодирование, в результате которого последовательность элементов сообщения (букв, цифр) преобразовывается в последовательность кодовых символов (0, 1, точка, тире).
- Линией связи называется среда, используемая для передачи сигналов от передатчика к приемнику. В системах электрической связи — это пара проводов, кабель или волновод; в системах радиосвязи — область пространства, в которой распространяются электромагнитные волны от передатчика к приемнику; в системах оптической связи — оптическое волокно (ВОЛС).
- При передаче сигнал может искажаться, и на него могут воздействовать помехи $w(t)$.
- Приемник обрабатывает принятый сигнал $x(t)$, искаженный помехой, и восстанавливает по нему переданное сообщение $u(t)$.

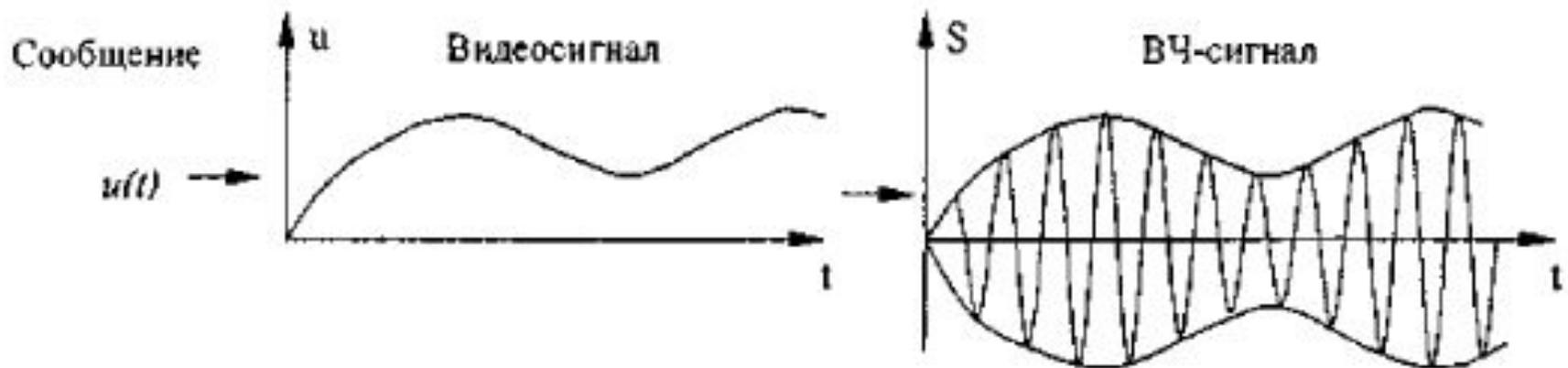
- Обычно в приемнике выполняются операции, обратные тем, которые были осуществлены в передатчике.
- Каналом связи принято называть совокупность технических средств, служащих для передачи сообщения от источника к потребителю. Этими средствами являются передатчик, линия связи и приемник.
- Канал связи вместе с источником и потребителем образуют систему передачи и обработки информации. Различают системы передачи дискретных сообщений (например, система телеграфной связи, система передачи цифровых данных) и системы передачи непрерывных сообщений (системы радиовещания, телевидения и т. д.).
- Система передачи информации называется многоканальной, если она обеспечивает взаимонезависимую передачу нескольких сообщений по одному общему каналу связи.

Сообщение и сигнал. Канал связи

- Под информацией понимают сведения о каком - либо явлении, событии, объекте. Информация, выраженная в определенной форме, представляет собой сообщение,
- иначе говоря, сообщение — это то, что подлежит передаче.
- Сигнал является материальным носителем сообщения.
- Сигнал является материальным носителем сообщения.
- В качестве сигнала можно использовать любой физический процесс, изменяющийся в соответствии с передаваемым сообщением. Существенно то, что сигналом является не сам физический процесс, а изменение отдельных параметров этого процесса.
- Указанные изменения определяются тем сообщением, которое несет данный сигнал. Правила этих изменений — код — обычно задаются заранее. В системах передачи и обработки информации сигнал предназначен для передачи информации от отправителя к получателю.

- Код полностью известен как на передающей, так и на приемной сторонах — он устанавливается заранее.
- Сообщения и соответствующие им сигналы бывают дискретными и непрерывными.
- Дискретное сообщение представляет собой последовательность отдельных элементов. Сигнал также представляет собой дискретную последовательность отдельных элементов, соответствующих элементам передаваемого сообщения. С такими сигналами мы имеем дело в вычислительной технике, в телеграфии.
- Так, при передаче телеграммы сообщением является текст телеграммы, элементами сообщения — буквы, сигналами — кодовые комбинации, соответствующие этим буквам.
- Непрерывное сообщение — это некоторая физическая величина (звуковое давление, температура и т. п.), принимающая любые значения в заданном интервале. Сообщение с помощью датчиков преобразовывается в непрерывно изменяющуюся электрическую Величину $u(t)$ — видеосигнал или аналоговый сигнал. В большинстве случаев видеосигнал является низкочастотным колебанием, которое отображает передаваемое сообщение.

- Для удобства анализа видеосигнал часто условно рассматривают как сообщение, которое необходимо передать по каналу связи.
- Для передачи на большое расстояние видеосигнал преобразовывается в высокочастотный сигнал (радиосигнал).



Преобразование непрерывного сообщения в сигнал

- Во многих случаях сигнал отображает временные процессы, происходящие в некоторой системе.
- Поэтому описанием конкретного сигнала может быть некоторая функция времени. Определив так или иначе эту функцию, мы определяем и сигнал. Однако такое полное описание сигнала требуется не всегда. Для решения ряда вопросов достаточно более общего описания в виде нескольких обобщенных параметров, характеризующих основные свойства сигнала, подобно тому, как это делается в системах транспортирования. Указывая габариты и вес, мы характеризуем основные свойства предмета с точки зрения условий его транспортирования; другие свойства (например, цвет) с этой точки зрения являются несущественными.
- Сигнал есть также объект транспортирования, а техника передачи информации есть, по существу, техника транспортирования (передачи) сигналов по каналам связи. Поэтому целесообразно определить параметры сигнала, которые являются основными с точки зрения его передачи. Такими параметрами являются длительность сигнала, динамический диапазон и ширина спектра

- Всякий сигнал, рассматриваемый как временной процесс, имеет начало и конец. Поэтому длительность сигнала T является естественным его параметром, определяющим интервал времени, в пределах которого сигнал существует.
- Характеристиками сигнала внутри интервала его существования являются динамический диапазон и скорость изменения сигнала.
- Динамический диапазон определяется как отношение наибольшей мгновенной мощности сигнала к наименьшей:

$$D = 10 \cdot \lg \frac{P_t \max}{P_t \min}$$

Динамический диапазон речи диктора равен 25-30 дБ, вокального ансамбля — 45-55 дБ, симфонического оркестра — 65-75 дБ.

В реальных условиях всегда имеют место помехи. Для удовлетворительной передачи требуется, чтобы наименьшая мощность сигнала превышала мощность помех.

- Отношение сигнала к помехе характеризует относительный уровень сигнала. Обычно определяется логарифм этого отношения, который называется превышением сигнала над помехой. Это превышение и принимается в качестве второго параметра сигнала. Третьим параметром является ширина спектра сигнала F .
- Эта величина дает представление о скорости изменения сигнала внутри интервала его существования. Спектр сигнала может простираться в пределах очень большой полосы частот. Однако для большинства сигналов можно указать полосу частот, в пределах которой сосредоточена его основная энергия. Этой полосой и определяется ширина спектра сигнала.
- Канал связи можно охарактеризовать так же, как и сигнал, тремя параметрами: временем, в течение которого по каналу ведется передача, динамическим диапазоном и полосой пропускания канала.

- Общими признаками различных каналов являются следующие.
- Во-первых, большинство каналов можно считать линейными. В таких каналах выходной сигнал представляет собой просто сумму входных сигналов (принцип суперпозиции).
- Во-вторых, на выходе канала, даже при отсутствии полезного сигнала, всегда имеются помехи.
- В - третьих, сигнал при передаче по каналу претерпевает задержку по времени и затухание по уровню.
- И, наконец, в реальных каналах всегда имеют место искажения сигнала, обусловленные несовершенством канала.
- Сигнал на выходе канала можно записать в следующем виде:

$$x(t) = \mu \bullet s(t - \tau) + w(t)$$

где $s(t)$ —сигнал на входе канала;

$w(t)$ —помеха;

μ и τ —величины, характеризующие затухание и время задержки сигнала

Кодирование и модуляция

- Преобразование дискретного сообщения в сигнал состоит из двух операций: кодирования и модуляции. Кодирование определяет закон построения сигнала, а модуляция — вид формируемого сигнала, который должен передаваться по каналу связи.
- Простейшим примером дискретного сообщения является текст.
- Любой текст состоит из конечного числа элементов: букв, цифр, знаков препинания. Для европейских языков число элементов колеблется от 52 до 55, для восточных языков оно может исчисляться сотнями и даже тысячами. Так как число элементов в дискретном сообщении конечно, то их можно пронумеровать и тем самым свести передачу сообщения к передаче последовательности чисел.
- Так, для передачи букв русского алфавита (их 32) необходимо
- передавать числа от 1 до 32.
- Для передачи любого числа, записанного в десятичной форме, требуется передача десяти цифр от 0 до 9
- Если преобразовать последовательность элементов сообщения в последовательность двоичных чисел, то для передачи последних по каналу связи достаточно передавать всего лишь два кодовых символа: 0 и 1.

- Практическая реализация такой передачи очень проста: символы 0 и 1 могут передаваться колебаниями с различными частотами или посылками постоянного тока разной полярности.
- При кодировании происходит процесс преобразования элементов сообщения в соответствующие им числа (кодовые символы). Каждому элементу сообщения присваивается определенная совокупность кодовых символов, которая называется кодовой комбинацией .
- Совокупность кодовых комбинаций, обозначающих дискретные сообщения, называется Кодом.
- Правило кодирования обычно выражается кодовой таблицей, в которой приводятся алфавит кодируемых сообщений и соответствующие им кодовые комбинации. Множество возможных кодовых символов называется кодовым алфавитом, а их количество—основанием кода. В общем случае при основании кода m правила кодирования N элементов сообщения сводятся к правилам записи различных чисел в m -ичной системе счисления. Число символов n , образующих кодовую комбинацию, называется значностью кода или длиной кодовой комбинации.

- В зависимости от системы счисления, используемой при кодировании, различают двухпозиционные и многопозиционные коды. К первым относятся все коды, в которых используется двоичная система счисления. Часто эти коды называют двоичными. К многопозиционным кодам относятся все коды, в которых число позиций (основание кода) больше двух. Различают коды равномерные и неравномерные.
- Равномерными называют такие коды, у которых все кодовые комбинации имеют одинаковую длину. Для равномерного кода число возможных кодовых комбинаций равно m^n .
- Примером такого кода является пятизначный код Бодо. Этот код содержит пять двоичных Элементов ($m=2; n=5$).
- Число возможных кодовых комбинаций равно $2^5=32$, что достаточно для кодирования букв алфавита.
- Кодовая таблица представлена в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Элемент сообщения	Код	Сигнал																									
А	10000	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="975 414 1116 496">T₀</th> <th data-bbox="1116 414 1251 496">T₀</th> <th data-bbox="1251 414 1387 496">T₀</th> <th data-bbox="1387 414 1522 496">T₀</th> <th data-bbox="1522 414 1663 496">T₀</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	T ₀																								
T ₀	T ₀	T ₀	T ₀	T ₀																							
Б	00110	<table border="1"> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td></td> <td></td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td></td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>																									
В	01101	<table border="1"> <tbody> <tr> <td></td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td></td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> </tr> <tr> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td></td> <td></td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>																									

- Символ 1 передается положительным импульсом длительности, а символ 0 — отрицательным импульсом той же длительности. Время передачи любой кодовой комбинации равно $5T_0$.
- Применение равномерных кодов упрощает построение автоматических буквопечатающих устройств и не требует передачи разделительных символов между кодовыми комбинациями
- Неравномерные коды характерны тем, что у них кодовые комбинации отличаются друг от друга не только взаимным расположением символов 0 и 1, но и их количеством. Это приводит к тому, что различные кодовые комбинации имеют разную длительность.
- Типичным примером неравномерных кодов является код Морзе, в котором символы 0 и 1 используются только в двух сочетаниях: как одиночные (1 и 0) или как тройные (111 и 000).
- Сигнал, соответствующий одной единице, называется точкой, трем единицам — тире. Символ 0 используется как знак, отделяющий точку от тире, точку от точки и тире от тире. Совокупность 000 используется как разделительный знак между кодовыми комбинациями.
- Кодовая таблица представлена в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Элемент сообщения	Код	Сигнал											
А	•—												
Б	—•••												
Е	•												
Т	—												

- Время передачи различных кодовых комбинаций различно
- Самая короткая кодовая комбинация (буква "Е")
- по длительности равна $4t_0$, а самая длинная (цифра 0)—
- $22 t_0$ (при передаче однополярными импульсами). Средняя длительность кодовой комбинации при передаче текста на русском языке равна примерно $9,5 t_0$.
- По сравнению с пятизначным равномерным кодом Бодо это почти в два раза больше.
- Теперь рассмотрим как различаются коды по устойчивости к помехам (помехоустойчивость)

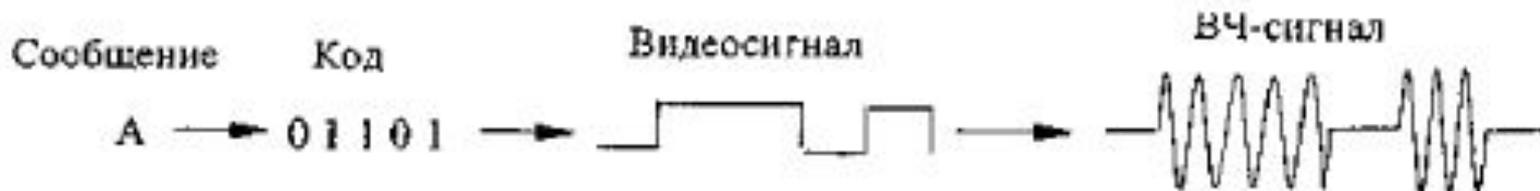
- По помехоустойчивости коды делятся на обыкновенные и корректирующие.
- Коды, у которых все возможные кодовые комбинации используются для передачи информации, называются обыкновенными, или кодами без избыточности. В обыкновенных равномерных кодах превращение одного символа комбинации в другой, например, 1 в 0 или 0 в 1, приводит к появлению новой возможной комбинации, т.е. к ошибке.
- Корректирующие коды строятся так, что для передачи сообщения используются не все возможные кодовые комбинации, а лишь некоторая их часть. Тем самым создается возможность обнаружить и исправлять ошибки при неправильном воспроизведении некоторого числа символов.
- Корректирующие свойства кодов достигаются ценой введения в кодовые комбинации дополнительных (избыточных) символов.
- Декодирование состоит в восстановлении сообщения по принимаемым кодовым символам. Устройства, осуществляющие кодирование и декодирование, называются соответственно кодером и декодером.

- Устройства, преобразующие код в сигнал (модулятор) и сигнал в код (демодулятор), принято называть модемами.



Рис. 1.3. Функциональная схема системы передачи дискретных сообщений

Передача сообщений по каналу связи осуществляется с помощью некоторого физического процесса, который называется переносчиком. В системах передачи информации переносчиком является электрическое колебание



Процесс преобразования дискретного сообщения в сигнал

- Всякий сигнал получается путем модуляции. Немодулированный переносчик не несет информации — он подобен чистому листу бумаги, в то время как модулированный переносчик можно сравнить с листом бумаги, на котором написаны буквы и знаки, отображающие информацию.
- Модуляция состоит в том, что один из параметров переносчика $\int (a, b, c, \dots)$ изменяется во времени в соответствии с передаваемым сообщением $u(t)$.
- Например:
$$c = c_0 + \Delta c u(t) = c_0 [1 + m u(t)],$$
где $m = \Delta c / c_0$ — коэффициент модуляции.

Демодуляция и декодирование

- Восстановление переданного сообщения в приемнике обычно осуществляется в такой последовательности. Сначала производится детектирование сигнала. Цель этой операции состоит в извлечении из модулированного сигнала модулирующего.



- Процесс восстановления переданного сообщения в приемнике
- Иногда операции демодуляции и декодирования объединяются в одном устройстве, которое приходящую последовательность элементов сигнала преобразовывает сразу в последовательность букв сообщения. Такой метод приема называют "приемом в целом", в отличие от метода "поэлементного приема". В первом случае анализируется целиком отрезок сигнала, соответствующий кодовой комбинации, и на основании того или иного критерия восстанавливается переданный элемент сообщения (буква). Во втором случае сначала анализируются отдельные элементы сигнала, соответствующие кодовым символам, а затем восстановленная кодовая комбинация декодируется, т. е. преобразовывается в элемент (букву) сообщения

- Строго говоря, по принятому сигналу можно судить лишь с некоторой степенью точности о том, что был передан тот или иной сигнал из множества возможных для данной системы сигналов.
- При этом необходимо решить, какому переданному сигналу соответствует принятый сигнал. В некоторых случаях это решение принимает сам человек. Так, например, при приеме телеграфных сигналов на слух оператор решает, какой сигнал ("точка" или "тире") был передан. Он же выполняет и операцию декодирования.
- В приемниках дискретных сообщений, предназначенных для записи информации, все эти операции выполняются автоматически. В этих случаях приемник принимает решение, какому переданному сигналу соответствует принятый искаженный сигнал. Для этой цели сигнал сначала детектируется, а затем опознается с помощью решающей схемы.

- Демодулятор при этом состоит из детектора и решающего устройства. В простейшем случае решающая схема представляет собой пороговое устройство в форме реле или триггера, работающих по принципу "да" или "нет". Если принятый элемент сигнала имеет значение выше порогового, выдается один символ кода, например, (1), если ниже — другой (0).
- Высота порога, очевидно, должна выбираться с учетом вероятности появления элементов сигнала и относительной важности положительного и отрицательного решений.
- В более ответственных случаях применяются решающие схемы с двумя порогами. В этом случае при попадании уровня сигнала между двумя порогами решение не принимается—вместо сомнительного элемента сигнала выдается специальный символ стирания. Введение такого стирающего символа облегчает возможность правильного декодирования принятой кодовой комбинации.

Дискретизация и кодирование непрерывных сообщений

- Под дискретизацией понимается преобразование непрерывных сообщений (сигналов) в дискретные. При этом используется дискретизация по времени и по уровню.
- Дискретизация по времени выполняется путем взятия отсчетов функции $u(t)$ в определенные дискретные моменты времени t_k . В результате непрерывная функция $u(t)$ заменяется совокупностью мгновенных значений $u_k = \{u(t_k)\}$.
- Обычно моменты отсчетов выбираются на оси времени равномерно, т. е. $t_k = k\Delta t$.
- Выбор интервала Δt производится на основании теоремы Котельникова, согласно которой функция с ограниченным спектром полностью определяется своими значениями, отсчитываемыми через интервалы $\Delta t = 1/2F$, где F —ширина спектра.

- Дискретизация значений функции (уровня) носит название квантования. Операция квантования сводится к тому, что вместо данного мгновенного значения сообщения $u(t)$ передаются ближайшие значения по установленной шкале дискретных уровней.
- Дискретные значения по шкале уровней чаще всего выбираются равномерно: $u_k = k\Delta u$.
- При квантовании вносится погрешность (искажение), так как истинные значения функции заменяются округленными значениями u_k . Величина этой погрешности $E = u - u_k$ не превосходит половины шага квантования Δu и может быть сведена до допустимого значения. Погрешность E является случайной функцией и проявляется на выходе как дополнительный шум ("шум квантования"), наложенный на передаваемое сообщение.
- Дискретизация одновременно по времени и уровню позволяет непрерывное сообщение преобразовать в дискретное (аналоговый сигнал в цифровую форму), которое затем может быть закодировано и передано методами дискретной (цифровой) техники.

Помехи и искажения

- В реальном канале сигнал при передаче искажается, и сообщение воспроизводится с некоторой ошибкой. Причиной таких ошибок являются искажения, вносимые самим каналом, и помехи, воздействующие на сигнал.
- Частотные и временные характеристики канала определяют линейные и нелинейные искажения. Как правило, эти искажения обусловлены известными характеристиками канала и могут быть устранены или уменьшены путем коррекции.
- Следует четко разделить искажения от помех, имеющих случайный характер. Помехи заранее неизвестны и поэтому не могут быть полностью устранены.
- Под помехой понимается любое воздействие, накладывающееся на полезный сигнал и затрудняющее его прием. Помехи разнообразны по своему происхождению: грозы, помехи электротранспорта, электрических моторов, систем зажигания двигателей, соседних радиостанций, коммутации реле и т.д.
- Практически в любом диапазоне частот имеют место внутренние шумы аппаратуры, обусловленные хаотическим движением носителей заряда в усилительных приборах, так называемый тепловой шум.

- Квадрат эффективного напряжения теплового шума определяется формулой Найквиста:

$$u_{\text{ш}}^2 = 4kTR\Delta f$$

- где k —постоянная Больцмана, T —абсолютная температура, R —сопротивление, Δf —полоса частот.

- В частном случае, когда оператор ψ вырождается в сумму:

$$x = \psi(s, w) - s\text{-сигнал, } w\text{-помеха}$$

- помеха называется **аддитивной**.

- Если же оператор может быть представлен в виде произведения:

$$x = \mu \cdot s'$$

- то помеху называют **мультипликативной**.

- В реальных каналах обычно имеют место и аддитивные, и мультипликативные помехи, поэтому

$$x = \mu \cdot s + w$$

- *Виды помех:*

- *Флуктуационные —случайный процесс с нормальным распределением, импульсные, сосредоточенные по спектру.*

Достоверность и скорость передачи информации

- Когда мы оцениваем работу системы передачи информации, то прежде всего интересуемся, какую достоверность передачи сообщений обеспечивает система и сколько информации при этом передается.
- Первое определяет качество передачи, второе—количество.
- В реальной системе передачи информации достоверность определяется степенью искажения сигнала. Эти искажения зависят от свойств и технического состояния системы, а также от интенсивности и характера помех. В правильно спроектированной и технически исправной системе передачи информации искажения сигналов обусловлены лишь воздействием помех. В этом случае достоверность передачи сообщений полностью определяется помехоустойчивостью системы.
- Под помехоустойчивостью системы обычно понимают способность системы противостоять вредному влиянию помехи на передачу сообщений.

- Так как действие помехи проявляется в том, что принятое сообщение отличается от переданного, то количественно помехоустойчивость при заданной помехе можно характеризовать степенью соответствия принятого сообщения переданному. Назовем эту величину общим термином—достоверность.
- Количественную меру достоверности приходится выбирать по - разному, в зависимости от характера сообщения.
- Пусть сообщение представляет собой дискретную последовательность элементов из некоторого конечного множества возможных элементов. Влияние помехи на передачу такого сообщения проявляется в том, что вместо фактически переданного элемента может быть принят какой-либо другой. Такое событие называется ошибкой. В качестве количественной меры достоверности можно принять вероятность ошибки P_0 или любую возрастающую функцию этой вероятности.

- При передаче непрерывных сообщений степень соответствия принятого сообщения $v(t)$ переданному $u(t)$ может служить некоторая величина ε , представляющая собой отклонение v от u . Часто принимается критерий квадратичного уклонения, выражающийся соотношением:

$$\varepsilon^2 = \frac{1}{T} \int [v(t) - u(t)]^2 dt$$

- Количественную меру достоверности можно также определить как вероятность того, что уклонение не превзойдет некоторой заранее заданной величины ε_0 :

$$Q = P(\varepsilon \leq \varepsilon_0)$$

- Следует отметить, что достоверность передачи зависит от отношения мощностей сигнал/помеха. Чем больше это отношение, тем меньше вероятность ошибки (больше—достоверность).

- При данной интенсивности помехи вероятность ошибки тем меньше, чем сильнее различаются между собой сигналы, соответствующие разным элементам сообщения. Задача состоит в том, чтобы выбрать для передачи сигналы с большим различием.
- Так, при фазовой манипуляции различие между сигналами больше, чем при амплитудной или частотной манипуляции. Поэтому следует ожидать, что достоверность передачи при ФМ будет выше, чем при АМ и ЧМ.
- Наконец, достоверность зависит и от способа приема. Нужно выбрать такой способ приема, который наилучшим образом реализует различие между сигналами при данном отношении сигнал/помеха.
- Правильно спроектированный приемник может увеличивать отношение сигнал/помеха.
- Необходимо обратить внимание на существенное различие между системами передачи дискретных и непрерывных сообщений. В системах передачи непрерывных сообщений всякое, даже сколь угодно малое, мешающее воздействие на сигнал, вызывающее искажение модулируемого параметра, всегда влечет за собой внесение соответствующей ошибки в передаваемое сообщение. В системах передачи дискретных сообщений ошибка возникает только тогда, когда сигнал воспроизводится (опознается) неправильно, а это происходит лишь при сравнительно больших искажениях.
- Свойство систем передачи дискретных сообщений правильно регистрировать искаженные (в некоторых пределах) сигналы называется исправляющей способностью.

- В теории помехоустойчивости, разработанной В. А. Котельниковым, показывается, что при заданном методе кодирования и модуляции существует предельная (потенциальная) помехоустойчивость, которая в реальном приемнике может быть достигнута, но не может быть превзойдена. Приемное устройство, реализующее потенциальную помехоустойчивость, называется оптимальным приемником.
- Наряду с достоверностью (помехоустойчивостью) важнейшим показателем работы системы передачи информации является скорость передачи.
- В системах передачи дискретных сообщений скорость измеряется числом передаваемых двоичных символов в секунду R . Для одного канала двоичная скорость передачи определяется соотношением:

$$R = \frac{1}{\tau_0} \log m$$

- здесь t_0 —длительность элементарной посылки сигнала, m —основание кода. При $m=2$:
- Для любого канала при заданных ограничениях существует предельная скорость передачи, которая называется пропускной способностью канала C .
- В реальных системах скорость передачи всегда меньше пропускной способности канала C .
- Современная теория показывает, что при $R \leq C$ можно найти такие способы передачи и соответствующие им способы приема, при которых достоверность передачи может быть сделана сколь угодно большой