

# **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

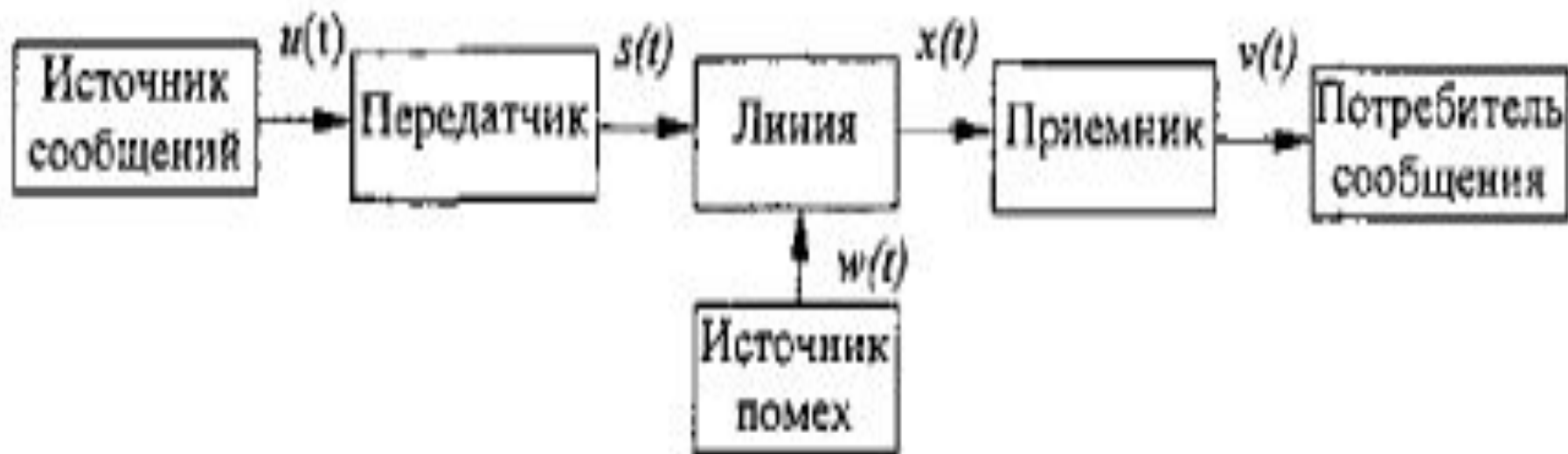
# основные определения

- 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.

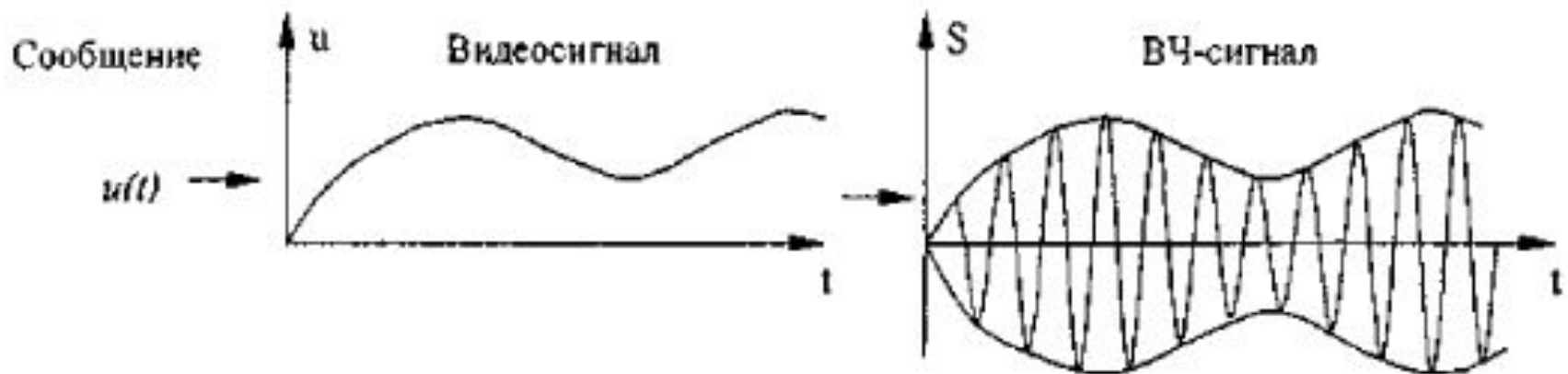
# Сообщение и сигнал. Канал связи

- 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;

$\mu$  и  $\tau$  —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.



- 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.

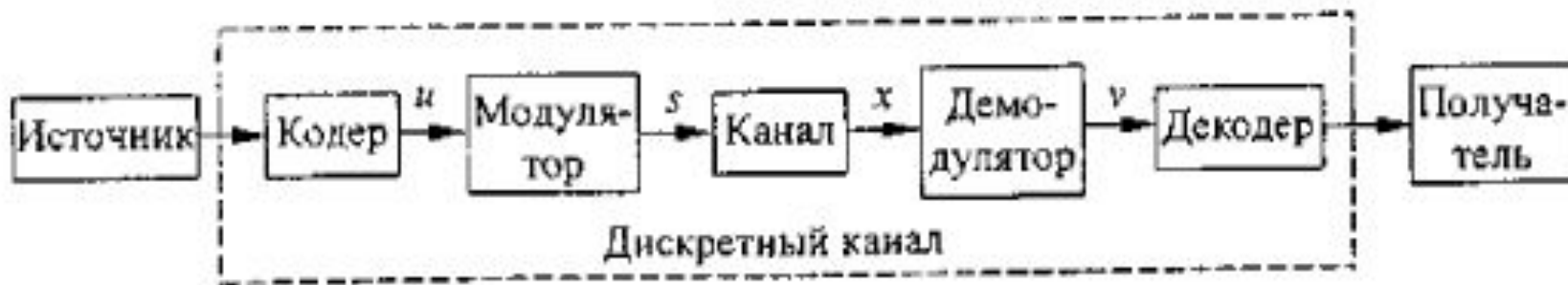
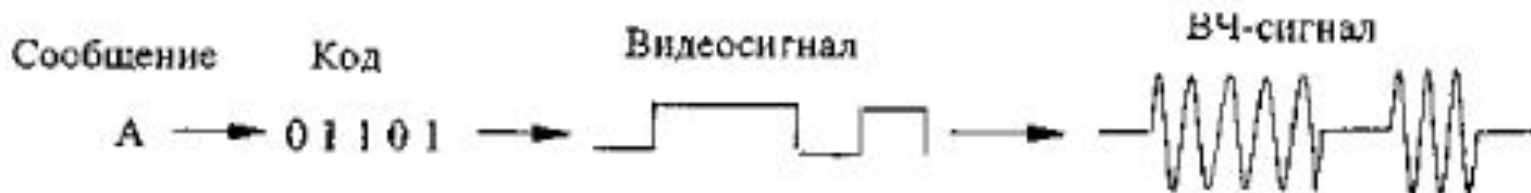


Рис. 1.3. Функциональная схема системы передачи дискретных сообщений

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  $\Delta t$  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  $\Delta u$  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,  $\Delta f$ —полоса частот.

- В частном случае, когда оператор  $\psi$  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  $\varepsilon$ , 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  $\varepsilon_0$ :

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

- 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