

Обеспечение надежности передачи информации

Лекция 12

Общая схема передачи информации



Источник информации

- Источник, порождающий информацию, для передачи должен представить ее в виде сообщения, т.е. последовательности сигналов. При этом для представления информации он должен использовать некоторую систему кодирования.

Кодирующее устройство

- Устройство, выполняющее операцию кодирования информации, может являться подсистемой источника (например, наш мозг порождает информацию и он же кодирует эту информацию с помощью языка, а затем представляет в виде речевого сообщения посредством органов речи; компьютер обрабатывает и хранит информацию в двоичном представлении, но при выводе ее на экран монитора производит ее перекодировку к виду, удобному пользователю).

Преобразователь сигнала

- Преобразователь сигнала переводит коды в последовательность материальных сигналов. Преобразователь может быть совмещен с кодирующим устройством (например, телеграфный аппарат), но может быть и самостоятельным элементом линии связи (например, модем, преобразующий электрические дискретные сигналы с частотой компьютера в аналоговые сигналы с частотой, на которой их затухание в линиях связи будет наименьшим). Встает задача выработки такого способа кодирования сообщения, который обеспечивал бы возможно более полное представление исходной информации при преобразовании и, в то же время, был согласован со скоростью передачи информации по данной линии связи.

Канал связи

- Понятие канала связи включает в себя *материальную среду*, а также *физический* или иной процесс, посредством которого осуществляется передача сообщения, т.е. распространение сигналов в пространстве с течением времени.

Извлечение информации

- После прохождения сообщения по каналу связи сигналы с помощью приемного преобразователя переводятся в последовательность кодов, которые декодирующим устройством представляются в форме, необходимой приемнику информации. На этапе приема, как и при передаче, преобразователь может быть совмещен с декодирующим устройством (например, радиоприемник или телевизор) или существовать самостоятельно (например, модем).

Линия связи

- Понятие *линия связи* объединяет все элементы представленной схемы от источника до приемника информации.
- Характеристиками любой линии связи являются скорость, с которой возможна передача сообщения в ней, а также степень искажения сообщения в процессе передачи.

Примеры каналов связи

Канал связи	Среда	Носитель сообщения	Процесс, используемый для передачи сообщения
Почта, курьеры	Среда обитания человека	Бумага	Механическое перемещение носителя
Телефон, компьютерные сети	Проводник	Электрический ток	Перемещение электрических зарядов
Радио, телевидение	Электромагнитное поле	Электромагнитные волны	Распространение электромагнитных волн
Зрение	Электромагнитное поле	Световые волны	Распространение световых волн
Слух	Воздух	Звуковые волны	Распространение звуковых волн
Обоняние, вкус	Воздух, пища	Химические вещества	Химические реакции
Осязание	Поверхность кожи	Объект, воздействующий на органы осязания	Теплопередача, давление

Помехи

- Любой *реальный* канал связи подвержен внешним воздействиям, а также в нем могут происходить внутренние процессы, в результате которых искажаются передаваемые сигналы и, следовательно, связанное с ними сообщение. Такие воздействия называются *шумами* (помехами).
- Источники помех могут быть *внешними*, например, так называемые «наводки» от мощных потребителей электричества или атмосферных явлений, приводящие к появлению нарушений в радиосвязи.
- К помехам могут приводить и *внутренние* особенности данного канала, например, физические неоднородности носителя; паразитные явления в шинах; процессы затухания сигнала в линии связи из-за большой удаленности.

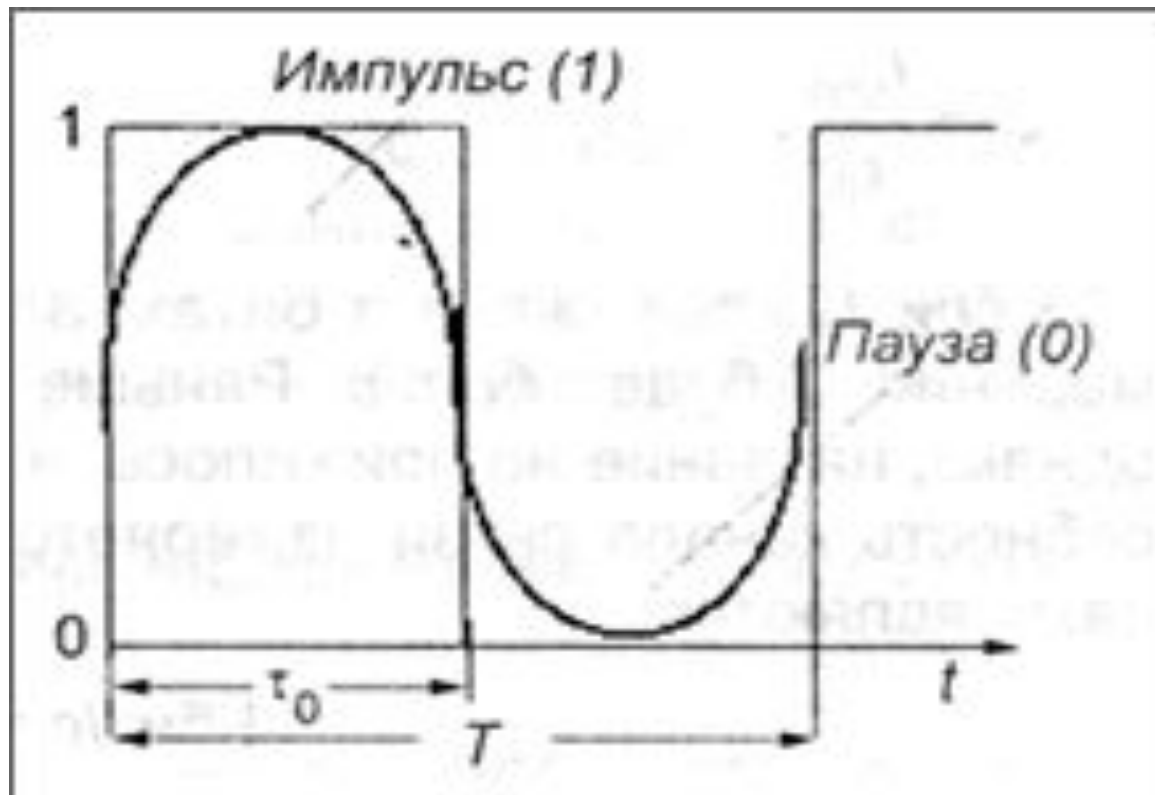
Методы борьбы с помехами

- Если уровень помех оказывается соизмерим с интенсивностью несущего сигнала, то передача информации по данному каналу оказывается вообще невозможной. Однако и при относительно низких уровнях шумов они могут вызывать искажения передаваемого сигнала.
- Существуют и применяются методы защиты от помех, например, экранирование электрических линий связей; улучшение избирательности приемного устройства и т.д.
- Другим способом защиты от помех является использование специальных методов кодирования информации.

Характеристики канала связи

- *Интервал частот, используемый данным каналом связи для передачи сигналов, называется **шириной полосы пропускания**.*
- Максимальное значение частоты из данной полосы (ν_m), поскольку именно ей определяется возможная скорость передачи информации по каналу.
- Длительность элементарного импульса t_0
- Пропускная способность канала связи C

Длительность элементарного сигнала



Пропускная способность канала связи

- Если с передачей одного импульса связано количество информации I_{imp} а передается оно за время t_0 , отношение I_{imp} к t_0 , очевидно, будет отражать *среднее количество информации, передаваемое по каналу за единицу времени* - эта величина является характеристикой канала связи и называется *пропускной способностью канала C*
- Единицей измерения C будет *бит/с*.

Если для представления знака первичного алфавита используется двоичный код длиной $K^{(2)}$ и средняя информация на знак первичного алфавита равна I_1

$$I_{imp} = \frac{I_1}{K^{(2)}}$$

Скорость передачи информации

- Пусть по каналу связи за время t передано количество информации I . Можно ввести величину, характеризующую быстроту передачи информации - *скорость передачи информации J* :

$$J = \frac{I}{t}$$

Максимальная скорость передачи информации по каналу связи равна его пропускной способности

Первая теорема Шеннона

- *При передаче информации по каналу, в котором отсутствуют шумы, сообщение всегда можно закодировать **минимальным** кодом, т.е. таким образом, чтобы среднее число элементов кода, приходящееся на один элемент кодируемого алфавита (длина кодовой цепочки), равнялось среднему количеству информации на элемент.*

Влияние шумов на пропускную способность канала

- Из-за шумов в канале связи происходит частичная потеря передаваемой информации на величину возникающей неопределенности, которая при передаче одного бита исходного сообщения составляет
- $H = -p \log_2 p - (1 - p) \log_2 (1 - p),$
- Где p – вероятность ошибки в сообщении.

Пропускная способность канала при наличии помех

Из-за помех пропускная способность реального канала C_R оказывается меньше чем пропускная способность идеального канала связи

Для белого гауссова шума, в котором помехи существуют на всех частотах, а их амплитуды подчиняются нормальному распределению

$$C_R = v_m \cdot \log_2 \left(1 + \frac{N_s}{N_n} \right),$$

где N_s - средняя мощность сигнала,

N_n - средняя мощность помех.

Характеристики некоторых каналов

Вид связи	ν_m , Гц	N_s / N_n	C_R , бит/с
Телеграф	120	$\approx 2^6$	640
Телефон	$3 \cdot 10^3$	$\approx 2^{17}$	$5 \cdot 10^4$
Телевидение	$7 \cdot 10^6$	$\approx 2^{17}$	$130 \cdot 10^6$
Компьютерная сеть			до 10^9
Слух человека	$20 \cdot 10^3$		$5 \cdot 10^4$
Глаза человека			$5 \cdot 10^6$

Обеспечение надежности передачи и хранения информации

- Для восстановления информационного содержания сообщения необходимо передать $1 + H$ бит.

- Теорема Шеннона № 2:

При передаче информации по каналу с шумом всегда имеется способ кодирования, при котором сообщение будет передаваться со сколь угодно высокой достоверностью, если скорость передачи не превышает пропускной способности канала.

Относительная избыточность сообщения

Относительная избыточность сообщения – это характеристика, показывающая, во сколько раз требуется удлинить сообщение, чтобы обеспечить его надежную передачу (хранение).

$$L = \frac{k_i + k_c}{k_i}$$

Способы обнаружения и исправления ошибок

- Использование битов четности для кода;
- Дублирование передаваемых символов алфавита;
- Троекратное повторение символов при передаче;
- Использование специальных методов кодирования

Код Хемминга

Метод кодирования предложен в 1948 году.

К информационным битам добавляются несколько битов четности, каждый из которых контролирует определенные информационные биты.

Пронумеруем все передаваемые биты, начиная с 1 слева направо

Контрольными оказываются биты, номера которых равны степеням числа 2, остальные биты - информационные

Например, для 8-битного информационного кода контрольными окажутся биты с номерами 1, 2, 4, 8

Номера битов кода Хэмминга											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		0		1	1	0		1	1	0	1
		7		6	5	4		3	2	1	0
Номера информационных битов											

Код Хемминга

Принцип выделения контролируемых битов: для любого номера проверочного бита (n), начиная с него, n бит подряд оказываются проверяемыми, затем – группа n непроверяемых бит; далее происходит чередование групп.

<u>Провер биты</u>	Контролируемые биты											
1	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	...
2	2	3	6	7	10	11	14	15	18	19	22	...
4	4	5	6	7	12	13	14	15	20	21	22	...
8	8	9	10	11	12	13	14	15	24	25	26	...
16	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	...
32	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	...

Алгоритм проверки кода при приеме

Алгоритм проверки и исправления передаваемой последовательности бит в представлении Хемминга:

- а) Произвести проверку всех битов четности;
- б) Если все биты четности верны, то перейти к п. (е);
- с) Вычислить сумму номеров всех неправильных битов четности;
- д) Инвертировать содержимое бита, номер которого равен сумме, указанной в п.(с);
- е) Исключить биты четности, передать правильный информационный код.

Избыточность кода Хемминга

Число информационных битов	Число контрольных битов	Избыточность, L
8	4	1,50
16	5	1,31
32	6	1,06

Задание

- Задание 1

Задан информационный код 01101101

Построить код Хемминга

- Задание 2

Принят код Хемминга 111010001010

Исправить ошибку и выделить информационный код