

Основные понятия и определения информатики Часть 3

КОНТРОЛЬ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

Методы повышения верности передачи информации

В системах передачи информации из-за воздействия различных факторов (в первую очередь помех, действующих в канале связи) прием сообщений происходит с ошибками, т. е. вместо, например, символа «1» принимается символ «0», и наоборот. В то же время к современным системам передачи данных предъявляются высокие требования по верности передачи информации. Так, стандартами международных организаций установлено, что вероятность ошибки при передаче данных не должна превышать 10^{-6} на единичный элемент. Это означает, что не должно быть принято более одного ошибочного символа на 1 000 000 двоичных элементов.

Основное развитие получили методы повышения верности приема, основанные на увеличении времени передачи.

Эти методы реализуются системами с обратной связью и системами без обратной связи.



В системах без обратной связи (однонаправленных системах) для повышения верности приема используются следующие основные способы:

- многократная передача кодовых комбинаций;**
- одновременная передача кодовой комбинации по нескольким параллельно работающим каналам;**
- использование корректирующих кодов, т. е. кодов, исправляющих ошибки.**

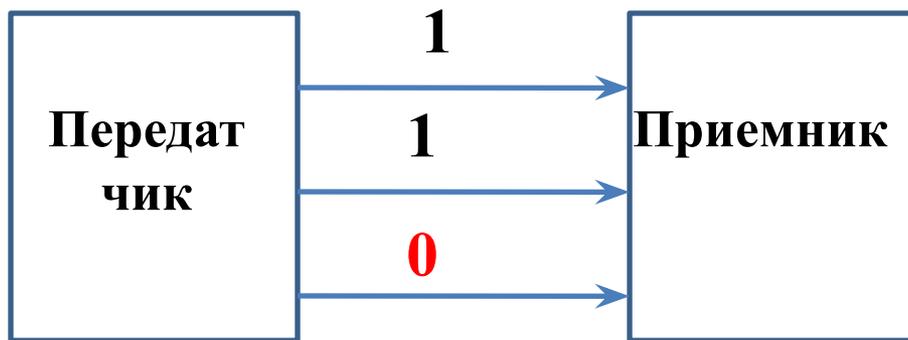
Многократное повторение кодовой комбинации является самым простым способом повышения достоверности и легко реализуется, особенно в низкоскоростных системах передачи информации. В этом случае за истинный сигнал принимают тот, который большее количество раз появлялся в многократно повторенной последовательности сигналов.

Пример: если при пятикратном повторении символа «1» получена последовательность 11010, то принимается решение в пользу символа «1». Существенным недостатком такого способа является большое увеличение времени передачи и, следовательно, такое же уменьшение скорости.

Способ передачи одной и той же информации по нескольким параллельным каналам связи аналогичен способу многократного повторения. При приеме может быть использован мажоритарный принцип (голосование). В этом случае необходимо иметь не менее трех каналов связи, которые нужно выбирать таким образом, чтобы ошибки в них были независимы.

Преимущество: высокая скорость передачи (одновременно и однократно по каждому каналу)

Недостаток: дорогой (за счет реализации нескольких каналов связи)



Будет принята 1

Более эффективным способом повышения верности приема является **использование корректирующих кодов, исправляющих ошибки.**

В кодовые комбинации вводится постоянная, заранее рассчитанная избыточность (дополнительные элементы, сформированные по известным правилам). Структура кода и его исправляющие возможности рассчитываются для идеального канала с известной статистикой ошибок. Однако свойства реального канала непостоянны и могут резко отличаться от выбранной модели. При этом могут быть ситуации, когда ошибки в канале отсутствуют и дополнительные избыточные разряды вообще не нужны, а также ситуации, когда введенной избыточности оказывается недостаточно для исправления всех ошибок.

Преимущество: высокая достоверность передачи данных.

Недостаток: сложность реализации, высокая стоимость, увеличение объема передаваемой информации.

Повысить верность передачи можно, вводя переменную избыточность в сообщение в зависимости от состояния канала.

Такие системы называются **адаптивными**, т. е. приспособляющимися к условиям канала.

Для их построения нужно уметь оценивать на приеме статистику ошибок в канале и передавать эти данные на передающую станцию. Таким образом, необходимо иметь дополнительный **обратный канал** от приемника к передающей станции и поэтому вся система связи оказывается **системой с обратной связью**.



Системы передачи данных с обратной связью делятся на три большие группы:

- системы с решающей обратной связью (РОС)**
- системы с информационной обратной связью (ИОС)**
- системы с комбинированной обратной связью (КОС).**

Характерной особенностью используемых на практике подобных систем является повторение переданной кодовой комбинации в случае обнаружения ошибки.

В системах с РОС передаваемое сообщение кодируется обнаруживающим ошибки кодом, на приемной стороне проверяется наличие искажений в кодовой комбинации. Если ошибки обнаружены, то по обратному каналу посылается сигнал переспроса. Получая этот сигнал, передатчик повторяет переданную комбинацию. В случае отсутствия сигнала «переспрос» по обратному каналу можно передавать полезную информацию в сторону передающей станции.

В системах с ИОС решение о наличии ошибок (или ее отсутствии) принимает передающая станция.

Приемник по обратному каналу передает либо принятую кодовую комбинацию, либо специальные сигналы, имеющие меньший объем, чем информационные, но характеризующие качество приема принятой информации. Эти сведения называются *квитанциями*.

В системах с ИОС по обратному каналу передается либо вся полезная информация, либо информация о ее отличительных признаках. Решение о правильности принятой комбинации принимает передающая станция.

Специальное кодирование сообщений для обнаружения ошибок в системах с ИОС можно не использовать, а переданные и принятые по каналу обратной связи сообщения может сравнивать, например, оператор.

Системы с КОС представляют собой сочетание информационной и решающей обратных связей. В таких системах решение о выдаче информации абоненту или о повторной передаче может приниматься и в приемнике, и в передатчике, а канал обратной связи может использоваться для передачи как квитанций, так и решений о неправильно принятой кодовой комбинации. **Системы с КОС обладают высокой помехоустойчивостью.**

Во всех системах с ОС для повышения верности приема обычно используются корректирующие коды.

Принципы помехоустойчивого кодирования

Идея помехоустойчивого кодирования состоит в том, что в передаваемую кодовую комбинацию по определенным правилам вносится избыточность (признаки разрешенной комбинации).

Правила внесения избыточности, т. е. признаки, должны быть известны как на передающей, так и на приемной стороне. Если на приемной стороне эти признаки в кодовой комбинации не обнаруживаются, то считается, что произошла ошибка (или ошибки). В противном случае (при наличии признаков) считается, что кодовая комбинация принята правильно (является разрешенной).

Внесение избыточности при использовании помехоустойчивых (корректирующих кодов) обязательно связано с увеличением числа разрядов (длины) кодовой комбинации — n .

1 0 1 $n=3$

Все множество $N_0=2^n$ комбинаций можно разбить на два подмножества:

подмножество разрешенных комбинаций, т. е. обладающих определенными признаками,

подмножество запрещенных комбинаций, этими признаками не обладающих.

Корректирующий код отличается от обычного тем, что в канал передаются не все кодовые комбинации (N_0), которые можно сформировать из имеющегося числа разрядов n , а только их часть N , которая составляет подмножество разрешенных комбинаций: $N < N_0$

Если в результате искажений переданная кодовая комбинация переходит в подмножество запрещенных кодовых комбинаций, то ошибка будет обнаружена.

1 0 1 \rightarrow 1 1 1 (запрещенная)

Однако если совокупность ошибок в данной кодовой комбинации превращает ее в какую-либо другую разрешенную, то в этом случае ошибки не могут быть обнаружены.

1 0 1 \rightarrow 1 1 0 (разрешенная)

Поскольку любая из N разрешенных комбинаций может превратиться в любую из N_0 возможных, то общее число таких случаев равно NN_0 .

Число случаев, в которых ошибки обнаруживаются, равно $N(N_0 - N)$, где $(N_0 - N)$ — число запрещенных комбинаций.

Тогда **доля обнаруживаемых ошибочных комбинаций** составит:

$$\frac{N(N_0 - N)}{NN_0} = 1 - \frac{N}{N_0}$$

Кратностью ошибки r_0 называется количество искаженных символов в кодовой комбинации.

1 0 1 \rightarrow 1 1 1 кратность ошибок равна $r_0 = 1$

1 0 1 \rightarrow 1 1 0 кратность ошибок равна $r_0 = 2$

Степень отличия любых двух кодовых комбинаций характеризуется **кодovým расстоянием (расстоянием Хэмминга)** - числом символов, в которых комбинации отличаются одна от другой, и обозначается через d .

Чтобы получить кодовое расстояние между двумя комбинациями двоичного кода, достаточно подсчитать **число единиц в сумме этих комбинаций по модулю 2.**

$$0 + 0 = 0$$

$$0 + 1 = 1$$

$$1 + 0 = 1$$

$$1 + 1 = 0$$

Пример

$$1\ 0\ 1\ 0$$

$$+ \underline{1\ 1\ 0\ 0}$$

$$0\ 1\ 1\ 0$$

$$d = 2$$

Минимальное расстояние, взятое по всем парам кодовых разрешенных комбинаций кода, называют *минимальным кодовым расстоянием*.

Декодирование после приема может производиться таким образом, что принятая кодовая комбинация отождествляется с той разрешенной, которая находится от нее на наименьшем кодовом расстоянии.

Такое декодирование называется декодированием по методу *максимального правдоподобия*.

Для обнаружения ошибки кратности до r_0 должно выполняться условие:

$$d \geq r_0 + 1.$$

Для исправления ошибки кратности до r_0 должно выполняться условие:

$$d \geq 2r_0 + 1.$$