Скорость передачи информации и пропускная способность каналов связи

Скорость передачи информации - это количество информации, передаваемое в единицу времени.

Скорость передачи информации по каналу связи зависит от многих факторов – от энергии сигнала, числа символов в алфавите, избыточности, полосы частот, способа кодирования и декодирования. Если имеется возможность изменять некоторые из них, то следует делать это так, чтобы максимально увеличить скорость передачи информации. Однако обычно существует предел, выше которого увеличение скорости невозможно. Этот предел называется **пропускной способностью канала.**

Пусть количество информации, которое передается по каналу связи за время T равно

$$I_T = H_T - H_T(Y/X)$$

Если передача длится T единиц времени, то ***скорость передачи информации*** составит

$$V = \frac{I_T}{T} = \frac{1}{T}(H_T(X) - H_T(X/Y) = H(X) - H(X/Y)$$

Это количество информации, приходящееся в среднем на одно сообщение.

Если в секунду передается n сообщений, то скорость передачи равна

$$V = n(H(X) - H(X/Y))$$

Пропускная способность канала есть максимально достижимая для данного канала скорость передачи информации

$$c = \max V = n(H(X) - H(X/Y))_{\max} = n \cdot I(X,Y)_{\max}$$

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.

Скорость передачи может быть технической или информационной.

Под ***технической*** V_T (скорость манипуляции) подразумевается число элементарных сигналов (символов), передаваемых в единицу времени

$$V_т = \frac{1}{\tau} бод \qquad V_т = \frac{1}{\tau} симв/сек$$

Информационная скорость или скорость передачи информации определяется средним количеством информации, которое передается в единицу времени

$$V = nH бит/сек$$

Для равновероятных сообщений, составленных из равновероятных взаимно независимых символов

$$C = \frac{1}{\tau}\log_2 m \qquad \text{бит/сек}$$

В случае неравновероятных символов равной длительности

$$C = -\frac{1}{\tau}\sum_{i=1}^{m} p_i \log_2 p_i \qquad \text{бит/сек}$$

Если символы имеют *разную длительность*

$$V = -\frac{\sum_{i=1}^{m} p_i \log p_i}{\sum_{i=1}^{m} \tau_i p_i}$$

Выражение для пропускной способности характеризуется *максимальной энтропией*

$$c_{max} = \frac{H_{max}}{\tau} \quad \text{бит/сек}$$

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

Для двоичного кода

$$c_{max} = \frac{\log 2}{\tau} = \frac{1}{\tau} \quad \text{бит/сек}$$

Пропускная способность является важной характеристикой каналов связи. Возникает вопрос: какова должна быть пропускная способность канала, чтобы информация от источника *X* к приемнику *Y* поступала без задержек? Ответ дает теорема Шеннона.

1 Теорема Шеннона. Если имеется источник информации с энтропией **H(X)** и канал связи с пропускной способностью **c**, то если **c>H(X)**, то всегда можно закодировать достаточно длинное сообщение таким образом, что оно будет передано без задержек. Если **c<H(X)**, то передача информации без задержек невозможна.

В любом реальном канале всегда присутствуют помехи. Однако, если их уровень мал, то вероятность искажения равна нулю и, можно считать, что все сигналы передаются неискаженными. В этом случае среднее количество информации, переносимое одним символом

$$I(X,Y)=I(Y,X)=H(X), \qquad H_{\max}=\log_2 m$$

Следовательно, *пропускная способность канала без помех* за единицу времени

$$c=n\log_2 m$$

Реальные каналы характеризуются тем, что в них **всегда есть помехи**. *Пропускная способность дискретного канала с помехами* вычисляется

$$c = n(H(Y) - H(Y/X))_{\max}$$

где $$H(Y) = \log_2 m$$

Для дискретного канала с помехами Шеннон дал вторую теорему.

2 Теорема Шеннона. Пусть имеется источник информации **X,** энтропия которого в единицу времени равна **H(X)**, и канал с пропускной способностью **c.** Если **H(X) > c**, то при любом кодировании передача сообщений без задержек и искажений невозможна. Если **H(X) < c, то любое** достаточно длинное сообщение можно всегда закодировать так, что оно будет передано без задержек и искажений с вероятностью сколь угодно близкой к единице.