DOI: 10.17117/na.2016.11.02.104

<http://ucom.ru/doc/na.2016.11.02.104.pdf>

Поступила (Received): 24.11.2016

Дорохова Т.И., Нгуен В.Ф., Чан Д.К., Татаринцев С.А. Обнаружение ошибок в цифровых каналах связи

Dorokhova T.I., Nguyen V.F., Tran D.K., Tatarintcev S.A.
Error detection in digital communication channels

В статье приводятся причины существования ошибок в цифровых каналах связи по передаче сигналов в настоящее время и метод вероятности обнаружения ошибки от отношения несущая шум или ее цифрового нормированного значения

Ключевые слова: обнаружение ошибок, вероятность обнаружения, сигнал, шум

The article presents the reasons for the existence of errors in digital communication channels for transmitting signals at the moment and method of the probability of error detection of the ratio of carrier noise or digital normalized value

Key words: error detection, detection probability, signal, noise

Дорохова Татьяна Юрьевна

Кандидат педагогических наук, доцент
Тамбовский государственный технический университет
г. Тамбов, ул. Советская, 106

Dorokhova Tatiana Yuryevna

Candidate of Pedagogic Sciences, Associate Professor
Tambov state technical university
Tambov, Sovetskaya st., 106

Нгуен Ван Фиен

Магистрант
Тамбовский государственный технический университет
г. Тамбов, ул. Советская, 106

Nguyen Van Fien

Master
Tambov state technical university
Tambov, Sovetskaya st., 106

Чан Динь Куй

Магистрант
Тамбовский государственный технический университет
г. Тамбов, ул. Советская, 106

Tran Dinh Kuy

Master
Tambov state technical university
Tambov, Sovetskaya st., 106

Татаринцев Сергей Анатольевич

Магистрант
Тамбовский государственный технический университет
г. Тамбов, ул. Советская, 106

Tatarintcev Sergey Anatolevich

Master
Tambov state technical university
Tambov, Sovetskaya st., 106

В настоящее время цифровая связь повсеместно используется для передачи аналоговых сигналов, которые для этой цели оцифровываются (дискретизируются). Такое преобразование всегда связано с потерями, т.е. аналоговый сигнал представляется в цифровом виде с некоторой неточностью. Из теории связи известно, что существуют две основные причины снижения достоверности передачи (снижение отношения сигнал/шум (S/N – Signal to Noise или SNR –

Signal Noise Ratio) и искажение сигнала). Сигнал/шум (S/N – Signal to Noise или SNR – Signal Noise Ratio) является отношением средней мощности сигнала (S) к средней мощности шума (N) и отражает качества сигнала. Шум является реальным врагом медиа-данных. Когда сигнал передается по каналам в пространстве, существуют электромагнитные помехи, которые уменьшают скорость передачи и образует ошибки в цифровых каналах связи, поэтому авиационная отрасль требует пассажиров выключить все электронные устройства, такие как мобильные телефоны или ноутбуки до того, как самолет взлетел.

В цифровых системах связи чаще используется нормированная версия S/N , обозначаемая как E_b/N_0 , где E_b – энергия бита. Ее можно описать, как мощность сигнала S , умноженную на время передачи бита информации T_b . N_0 – это спектральная плотность мощности шума, и ее можно выразить как мощность шума N , деленную на ширину полосы W . Поскольку время передачи бита и скорость передачи битов взаимно обратны, T_b можно заменить на $1/R$: (где R – битовая скорость).

Параметр E_b/N_0 связан с параметром S/N следующим соотношением:

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{ST_b}{N/W} = \frac{S/R}{N/W} = \frac{S}{N} \left(\frac{W}{R} \right) \quad (1)$$

Отношение R/W называется спектральной эффективностью системы или эффективностью использования полосы частот и выражается в бит/с/Гц. Это отношение показывает, насколько эффективно система использует полосу частот.

Рис. 1. Зависимость вероятности появления ошибочного бита P_b от E_b/N_0

На рис.1 показан «водопадоподобный» вид большинства подобных кривых при $E_b/N_0 \geq x_0$, $P_b \leq P_0$. Из отношения E_b/N_0 можно рассматривать как метрику, позволяющую сравнивать качество различных систем: чем меньше требуемое отношение E_b/N_0 , тем эффективнее процесс детектирования при данной вероятности ошибки.

Предположим, что для данной вероятности возникновения ошибки в цифровом двоичном сигнале требуемое отношение $S/N = 20$. Поскольку двоичный

сигнал имеет однобитовое значение, требуемое отношение S/N на бит равно 20. Пусть теперь сигнал является 1024-уровневым с теми же 20 единицами требуемого отношения S/N . Теперь, поскольку сигнал имеет 10-битовое значение, требуемое отношение S/N на один бит равно 2. Для цифровых систем связи необходимо использовать именно параметр E_b/N_0 , а не S/N .

Среди показателей, характеризующих отношение мощностей, широко используется также отношение несущая/шум (C/N), которое показывает, во сколько раз мощность C принимаемой модулированной высокочастотной (ВЧ) несущей на выходе приемного фильтра с полосой, больше мощности шума N , порождаемого совместным действием всех источников шума данного тракта. Отношение C/N является удобным параметром при расчетах энергетики на входе приемника. Приведем полезную зависимость:

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{C}{N} + 10 \lg \frac{W}{f_s \cdot m}, \text{дБ.} \quad (2)$$

где f_s - символьная скорость.

Для систем с модуляцией M-QAM величина E_b/N_0 может быть заменена отношением мощностей S/N на входе решающего устройства приемника (после фильтра Найквиста) по формуле перехода:

$$\frac{C}{N} = \frac{E_b}{N_0} + 10 \lg \left(\frac{\lg_2(M)}{1+\alpha} \right) \quad (3)$$

где α - коэффициент скругления спектра;

M - число элементов пространства сигналов при цифровой модуляции.

Несмотря на то, что вероятность ошибки и скорость возникновения битовой ошибки это несколько разные понятия, тем не менее, их численные значения весьма близки и когда говорят про P_b , всегда подразумевают скорость возникновения битовой ошибки - физической величины, регистрируемой измерительными приборами. В связи с этим вероятность ошибки при приеме цифровых сигналов является очень важным параметром, по которому ведут оценку возможности его передачи по тому или иному каналу связи.

Список используемых источников:

1. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. Вильямс, 2007, 1104 с.
2. Дж. Прокис. Цифровая связь. М.: "Радио и связь, 2000. 800 с.
3. Песков С.Н., Ищенко А.Е. Расчёт вероятности ошибки в цифровых каналах связи // Теле-спутник. №10. 2010. С. 70-75.