

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЦИФРОВОГО СИГНАЛА

Урывский Л.А., Мошинская А.В.

(ORCID: 0000-0002-4073-9681)

*Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ», Украина*

*E-mail: [avmoshinskaya@gmail.com](mailto:avmoshinskaya@gmail.com)*

### Method of estimation for quality digital signal

A new method of estimating parameters of quality for digital communication channels is proposed. The relationship theoretical and applied knowledge is show. The parameters of quality for digital signal proposed in ITU-T Rec. G.826 are investigated in this paper.

Категория «качество передачи цифрового сигнала» является одной из важных характеристик при оценке эффективности передачи информации в телекоммуникационной системе. В классических трудах В.И. Коржика, Л.М. Финка и др. качество передачи сигнала обуславливается помехоустойчивостью канала связи и определяется достоверностью передачи информации [1]. Показателями достоверности выступают вероятность ошибки символа в канале связи  $p_{\text{ош}}$  и вероятность ошибки информационного бита  $p_b$  [2].

В современных стандартах и рекомендациях союза электросвязи ITU-T существует своя иерархия показателей качества связи, не связанная с классической теорией помехоустойчивости.

Таким образом, единой методики определения показателей качества каналов телекоммуникаций не существует.

Целью исследования является создание такой единой методики оценки качества связи, в которой знания, предлагаемые в теории помехоустойчивости и выраженные аналитическими закономерностями, можно сделать прикладными с помощью современных рекомендаций союза электросвязи ITU-T.

В рекомендации G.821 в качестве параметра ошибок цифрового соединения выбраны два следующих [3]

1. Число секунд с ошибками (Errored Second, ES), к которым относится каждая секунда, в которой имеется по крайней мере одна ошибка. Как следует из определения, при таком подходе одиночная ошибка и пакет ошибок не различаются.
2. Число секунд с многочисленными ошибками (Severely Errored Second, SES), где SES означает секунду с коэффициентом ошибок  $\geq 10^{-3}$ .
3. Поскольку оба параметра — и ES, и SES — зависят от времени измерения T, для практической оценки качества цифрового соединения применяют их относительные значения: Errored Second Ratio ESR = ES/T и Severely Errored Second Ratio SESR = SES/T.

Последующим поколением рекомендаций является G.826 «Параметры и нормы ошибок международных цифровых соединений на скорости выше

первичной», одобренная ИТУ-Т в 1993 г. Она обеспечила решение трех главных задач по организации тестирования ошибок цифровых соединений:

- во время нормальной эксплуатации;
- на скоростях 1544 Кбит/с, 2048 Кбит/с и выше;
- в сетях с использованием технологий SDH и ATM.

В рекомендации G.826 определены три типа блочных ошибок:

- ошибочный блок (Errored block, EB), содержит один или более ошибочных битов;

- секунда с ошибками (Errored Second, ES), содержащая хотя бы один блок с ошибками или дефект;

- секунда с многочисленными ошибками (Severely Errored Second, SES), содержащая 30% блоков с ошибками или, по крайней мере, один период с серьезными нарушениями соединения (Severely Disturbed Period, SDP);

- блок с фоновой ошибкой (Background Block Error, BBE) - блок с ошибками вне отмеченных ошибками секунд (SES).

В рекомендации G.826, как и в G.821B, применяются три относительных параметра блочных ошибок:

- коэффициент секунд с блочными ошибками (Errored Second Ratio, ESR), равный отношению секунд с блочными ошибками во время доступности канала к общему числу секунд измерения;

$$ESR = \frac{\sum_i ES_i}{T_{\text{дост}} - T_{\text{недост}}} \quad (1)$$

- коэффициент секунд с сильными блочными ошибками (Severely Errored Second Ratio, SESR), равный отношению секунд с сильными блочными ошибками во время доступности канала к общему числу секунд измерения;

$$SESR = \frac{\sum_i SES_i}{T_{\text{дост}} - T_{\text{недост}}} \quad (2)$$

- коэффициент блоков с фоновыми ошибками (Background Block Error Ratio, BBER), отношение числа фоновых блочных ошибок во время доступности канала к общему числу секунд на длительности интервала измерения.

$$BBER = \frac{\sum_i BBE_i}{\left( T_{\text{дост}} - T_{\text{недост}} - \sum_j SES_j \right) \times \left[ \frac{\text{блок}}{c} \right]} \quad (3)$$

Рекомендации на допустимый уровень ошибок представлены в табл. 1.

Скорость	Подключения	Линии соединения				
	От 64 кбит/с до первичной скорости	От 1,5 до 5 (Мбит/с)	>5 до 15 (Мбит/с)	>15 до 55 (Мбит/с)	>55 до 160 (Мбит/с)	>160 до 3500 (Мбит/с)
Биты/Блок	Не применяется	800-5000	2000-8000	4000-20 000	6000-20 000	15 000-30 000
ESR	0.04	0.04	0.05	0.075	0.16	-
SESR	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
BBER	Не применяется	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-4}$	$10^{-4}$

Нужно иметь в виду, что при расчете всех трех параметров учитывается только время, в течение которого система передачи находится в состоянии готовности.

В теории кодирования вероятность ошибочного декодирования кодовой комбинации соответствует неравенству [4]:

$$P_{ОШ\_КК} \geq \sum_{j=S_{испр}+1}^n C_n^j P_{ОШ}^j (1 - P_{ОШ})^{n-j} \quad (4)$$

В выражении (4) равенство имеет место, если используется идеальный код. Соотношение между параметрами  $n$  и  $s_{испр}$  определяется конкретным выбранным кодом.  $P_{ОШ}$  – вероятность ошибки символа.

Неравенство (1), построено на основе бинома Ньютона и выступает аналитической моделью для определения показателей качества, определенных в рекомендации G.826.

Таким образом, можно построить следующие аналитические зависимости:  
- вероятность появления одной или более ошибок в блоке:

$$EB = 1 - (1 - P_{ОШ})^n \quad (5)$$

- вероятность появления одного или более ошибочных блоков:

$$ES = (1 - EB)^M = \left\{ 1 - \left( 1 - (1 - P_{ОШ})^n \right) \right\}^M = 1 - (1 - P_{ОШ})^{V_s} \quad (6)$$

где  $V_s$  – скорость источника,  $M=V_s/n$  соответствует отношению скорости источника к размеру блока закодированной последовательности.

Таким образом, предлагается новая методика оценки показателей качества каналов телекоммуникаций. Задаваясь исходными данными, а именно скоростью источника  $V_s$ , размером блока  $n$  и вероятностью ошибки символа  $P_{ОШ}$  можно определить вероятность появления ошибок в одном блоке и вероятность появления одного или более ошибочных блоков в передаваемой последовательности символов, приводя теоретические показатели помехоустойчивости к стандартизированным показателям достоверности в телекоммуникационных системах.

## Литература

1. Коржик В. И., Финк Л. М., Щелкунов К. Н. Расчет помехоустойчивости систем передачи дискретных сообщений: Справочник / Под ред. Л. М. Финка. — М.: Радио и связь, 1981. — 232 с.
2. J. G. Proakis, Digital Communication, 4th ed. Boston, MA: McGraw-Hill, 2000.
3. ITU-T Recommendation G.826. End-to-end error performance parameters and objectives for international, constant bit-rate digital paths and connections, – 2002. – pp. 6-9.
4. Кларк Дж. Кодирование с исправление ошибок в системах цифровой связи / Кларк Дж., Кейн Дж. – М.: Радио и связь, 1987. – с. 392.