

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СООТНОШЕНИЙ СИГНАЛОВ РАЗОВЫХ СООБЩЕНИЙ И РЕГУЛЯРНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ИХ СОВМЕСТНОЙ ПЕРЕДАЧЕ

Анфалов К.В.

Поволжский государственный университет сервиса, Тольятти, РФ

E-mail: anfalow@gmail.com

В работе производится определение влияния соотношений энергетических характеристик разовых сообщений и регулярной информации, передаваемой по телекоммуникационным каналам. Предлагается использование широкополосного сигнала для улучшения селекции разовых сообщений. Показаны допустимые отношения уровней мощности разовых сообщений и регулярной информации в виде голосовых сигналов, допустимые для их успешной совместной передачи.

**Ключевые слова:** телекоммуникационный канал, наложение сообщений, системы передачи служебной информации, помехоустойчивость.

### Введение

Передача разовых сообщений по занятым телекоммуникационным каналам позволяет наделять существующие системы новыми функциями. Для того чтобы наложение сигналов разовых сообщений практически не сказывалось на помехоустойчивости системы передачи аналоговой и дискретной информации, необходимо определить требуемую максимальную мощность сигналов разовых сообщений, учитывая при этом характеристики телефонного канала и свойства самих сигналов.

### Особенности спектров разовых сообщений

Сигналы разовых сообщений имеют «гладкий» спектр, поэтому их воздействие на регулярную информацию (речевой сигнал) подобно воздействию «белого шума» [1]. В [2] было показано, что допустимая мощность сигнала разового сообщения, накладываемого на речевой сигнал, должна соответствовать неравенству:  $h^2 > 9$ , то есть должна быть в 9-10 раз меньше мощности речевого сигнала. Максимальную мощность сигналов разовых сообщений следует выбирать, исходя из расчета допустимого увеличения вероятности ошибки при приеме данных из-за мешающего действия разовых сообщений. Обычно при приеме данных вероятность ошибки символа находится в пределах  $10^{-4} \dots 10^{-7}$  [1].

При оценке влияния на регулярную информацию сигналов разовых сообщений рассмотрим случай, когда время корреляции сигналов разовых сообщений соизмеримо или больше времени передачи единицы информации данных. Сигналы разовых сообщений воздействуют на сигналы данных так же, как гармоническая помеха.

На рис. 1. показаны верхние границы вероятности ошибки  $P_{o.p.c}$  в приеме данных, вызванной присутствием в канале сигналов разовых сообщений, в зависимости от отношения «сигнал-помеха» на выходе приемника данных для различных способов модуляции: фазовой (ФМ), частотной (ЧМ), относительной фазовой (ОФМ) и амплитудной (АМ) [1]. Под помехой понимаются сигналы разовых сообщений. Зависимости приведены для случаев, когда  $f_c = f_n$  и  $f_c \neq f_n$ , где  $f_c$  частота несущей сигналов данных;  $f_n$  частота несущей разовых сообщений. При АМ и ЧМ используется некогерентный метод приема, при ОФМ – метод сравнения фаз.

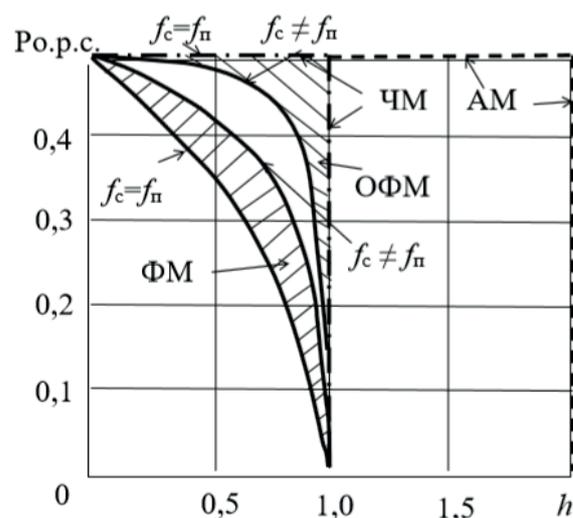


Рис. 1. Верхние границы вероятности ошибки при приеме данных

Как видно из рис. 1, помеха не вызывает ошибок, пока  $h > 2$  при АМ и  $h > 1$  при остальных видах модуляции. Таким образом, наилучшей устойчивостью к помехе обладает некогерентная

АМ. Наиболее устойчивой оказывается когерентная ФМ. Следовательно, в случае низкого уровня флуктуационного шума в канале достаточно выбрать мощность передатчика разовых сообщений такой, чтобы выполнялось условие:  $h^2 \geq 4$ , при любом способе модуляции, используемой при передаче сигналов данных. Предполагается, что

$$P_{0\text{имп}} \gg P_{\text{оф}}, \quad (1)$$

где  $P_{0\text{имп}}$  – вероятность ошибки при приеме данных, вызванная импульсной помехой, прерываниями и др.;  $P_{\text{оф}}$  – вероятность ошибки, вызванная флуктуационной помехой. Для линий с низким уровнем флуктуационного шума неравенство (1) всегда выполняется. Например, для отношения «сигнал / флуктуационный шум» в интервале 17...13 дБ  $P_{\text{оф}} < 10^{-18}$  при любом виде модуляции; общая же вероятность ошибки  $P_0$  не менее  $10^{-7} \dots 10^{-8}$ , то есть  $P_{0\text{имп}} \gg P_{\text{оф}}$  или  $P_0 = P_{0\text{имп}} + P_{\text{оф}}$ .

Вероятность искажения сигналов данных от импульсной помехи остается почти неизменной как в присутствии, так и в отсутствие сигналов разовых сообщений, если только их мощность меньше мощности сигналов данных. Такое предположение можно сделать на основе экспериментальных данных, приведенных [3-4], которые показывают, что вероятность ошибки мало зависит от уровня сигнала в канале. Таким образом, с учетом результатов [5] можно сделать следующий вывод: для того чтобы сигналы разовых сообщений не оказывали существенного влияния на достоверность передачи аналоговой и дискретной информации в случае использования каналов с малым уровнем флуктуационных шумов, необходимо обеспечить условие:  $h^2 > 9$ . Здесь под  $h^2$  понимается отношение по мощности сигнала полезной информации к сигналу разового сообщения.

Найдем величину  $h^2$  для каналов с высоким уровнем флуктуационного шума (отношение «сигнал / флуктуационная помеха» не более 15 дБ). Увеличение вероятности ошибки при приеме данных может быть вызвано уменьшением мощности сигнала данных на входе приемника при противофазном наложении сигналов разовых сообщений.

### Определение характеристик разовых сообщений

Определим максимально допустимую мощность сигналов разовых сообщений для самого неблагоприятного случая: сигналы данных и

сигналы разовых сообщений противофазны; отношение «сигнал данных – флуктуационная помеха» примерно 14...15 дБ; при передаче данных используется АМ. При когерентном приеме АМ-сигналов вероятность ошибки  $P_{\text{оф}}$ , вызванная флуктуационной помехой, запишется в виде

$$P_{\text{оф}} = \frac{1}{2} \left[ 1 - \Phi \sqrt{\frac{U_c^2 T}{2N_0}} \right], \quad (2)$$

где  $\Phi(x) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt$ ;  $U_c$  – эффективное напряжение сигнала данных;  $T$  – длительность элементарного сигнала данных;  $N_0$  – спектральная плотность мощности шума.

Очевидно, что в присутствии сигналов разовых сообщений

$$P_{\text{оф}} = \frac{1}{2} \left[ 1 - \Phi \sqrt{\frac{(U_c - U_k)^2 T}{2N_0}} \right] = \frac{1}{2} \left[ 1 - \Phi \sqrt{(1-k)^2 \frac{U_c^2 T}{2N_0}} \right],$$

где  $k = \frac{U_k}{U_c}$ ,  $U_k$  эффективное напряжение сигнала разовых сообщений.

Согласно последней формуле, на рис. 2 показана зависимость вероятности ошибки  $P_{\text{оф}}$  от отношения «сигнал – флуктуационная помеха» в присутствии противофазного сигнала разовых сообщений. Из графиков видно, что при  $h^2 = 20 \dots 30$  дБ допустимая мощность сигналов разовых сообщений должна быть в 4-5 раз меньше мощности сигнала данных; при  $h^2 = 14 \dots 15$  дБ допустимая мощность сигнала разовых сообщений уменьшается.

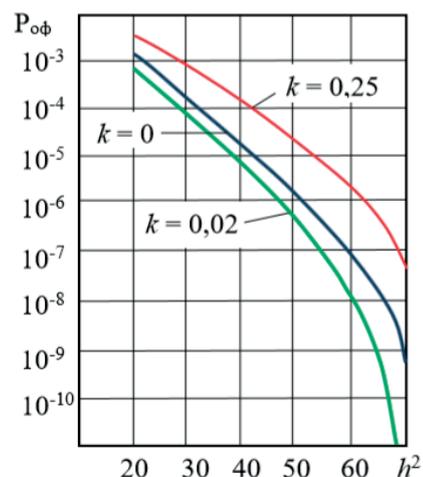


Рис. 2. Зависимость вероятности ошибки от отношения «сигнал – флуктуационная помеха» при наличии противофазного сигнала разовых сообщений

При работе по «плохим» каналам связи, то есть по каналам с высоким уровнем флуктуационного шума, максимально допустимая мощность сигналов разовых сообщений должна быть в 25...30 раз меньше мощности сигналов данных.

Таким образом, для «хороших» каналов связи (отношение «сигнал данных – флуктуационная помеха» составляет приблизительно 20...30 дБ) имеет место

$$h^2 \geq +10 \text{ дБ}, \quad (3)$$

для «плохих» каналов связи (отношение «сигнал данных – флуктуационная помеха» примерно 15...16 дБ)

$$h^2 \geq +14 \dots +15 \text{ дБ}. \quad (4)$$

Эти результаты получены для любого вида модуляции, используемой для передачи аналоговой и дискретной информации.

Уверенный прием сигналов разовых сообщений и сигналов регулярной информации возможен только при условии, что:

$$h_{p.c}^2 \gg 1; h_{p.и}^2 \gg 1, \quad (5)$$

где  $h_{p.c}^2$  – отношение по мощности сигнала разовых сообщений к сигналу регулярной информации на входе решающего устройства приемника разовых сообщений;  $h_{p.и}^2$  – отношение по мощности сигнала регулярной информации к сигналу разовых сообщений на входе решающего устройства приемника регулярной информации.

Для выяснения возможной селекции представим сигналы регулярной информации в виде стационарного случайного процесса, имеющего на входе интегратора приемника разовых сообщений мощность  $P_{p.и}$  и нормированную функцию корреляции  $\rho(\tau')$ . Тогда мощность сигналов регулярной информации, являющихся помехой сигналам разовых сообщений, на входе решающего устройства приемника сигналов разовых сообщений ( $P_{вых}$ ) будет равна [7]:

$$P_{оф} = \frac{2P_{p.и}}{T} \int_0^T \left(1 - \frac{\tau'}{T}\right) \rho(\tau') d\tau', \quad (6)$$

где  $T$  – время интегрирования.

Обозначим  $\tau_{p.и}$  время корреляции сигналов регулярной информации. Для случая  $T \gg \tau_{p.и}$

$$P_{вых} = P_{p.и} \frac{\tau_{p.и}}{T}. \quad (7)$$

На выходе интегратора приемника сигналов разовых сообщений

$$h_{p.c}^2 = \frac{P_{p.c}}{P_{вых}} = \frac{P_{p.c}}{P_{p.и}} \cdot \frac{T}{\tau_{p.и}} = \frac{1}{h_{p.и}^2} \cdot \frac{T}{\tau_{p.и}} \quad (8)$$

(при полном перекрытии спектров сигналов регулярной информации и сигналов разовых сообщений) или

$$h_{p.и}^2 = \frac{1}{h_{p.c}^2} \cdot \frac{T}{\tau_{p.и}}. \quad (9)$$

Соотношения (8)-(9) показывают возможность селекции сигналов регулярной информации и сигналов разовых сообщений при заданной скорости передачи последних.

### Заключение

Уменьшение времени корреляции помехи  $\tau_{п}$  на входе интегратора приемника разовых сообщений приводит к улучшению селекции сигналов регулярной информации и сигналов разовых сообщений. Это изменение  $\tau_{п}$  возможно, если для передачи разовых сообщений по занятым каналам применяются широкополосные сигналы. Например, в случае применения в качестве широкополосного сигнала  $M$ -последовательности с

$$f_{ти} \approx 900 \text{ Гц} \quad (\tau_{p.c} \approx \frac{1}{f_{ти}} \approx 1,1 \text{ мс})$$

время корреляции помехи на выходе интегратора: для слабокоррелированных сигналов данных ( $\tau_{p.и} \approx 2 \text{ мс}$ ) равно  $\tau_{п} \approx 0,7 \text{ мс}$ ; для сильнокоррелированных сигналов данных ( $\tau_{p.и} > 20 \text{ мс}$ )  $\tau_{п} \approx 1,1 \text{ мс}$ ; для речевого сигнала ( $\tau_{p.и} \approx \tau_0 \approx 8 \text{ мс}$ ) имеет место  $\tau_{п} \approx 0,97 \text{ мс}$ .

Таким образом, применение широкополосного сигнала для передачи разовых сообщений позволяет улучшить селекцию команд от сигналов регулярной информации, особенно при сильнокоррелированных сигналах последней.

### Литература

1. Волков Л.Н., Немировский М.С., Шинаков Ю.С. Системы цифровой радиосвязи. Базовые методы и характеристики. М.: Эко Трендз, 2005. – 392 с.
2. Анфалов К.В., Воловач В.И. Сравнительный анализ эффективности кодирования в телекоммуникационных системах с ARQ // Приволжский научный вестник. №4 (32), 2014 – С. 46-51.
3. Анфалов К.В., Воловач В.И. К вопросу выбора сигналов и методов обработки их при пере-

- даче разовых сообщений // Материалы МНТК «Проблемы техники и технологий телекоммуникаций (ПТиТТ-2013)». Самара, 2013. – С. 436.
4. Воловач В.И., Рогозин А.Е. Влияние служебной информации на помехоустойчивость занятых телекоммуникационных каналов // Печатная Школа университетской науки: парадигма развития. № 3(4), 2011. – С. 34-38.
  5. Воловач В.И., Рогозин А.Е. Анализ помехоустойчивости систем передачи речевого сигнала при наложении сигналов служебной информации // Материалы VI МНПК «Наука – промышленности и сервису». Ч. II. Тольятти, 2012. – С. 270-275.
  6. Анфалов К.В., Воловач В.И. Сравнительный анализ помехоустойчивого кодирования в телекоммуникационных системах с обратной связью // 11-th East-West Design & Test Symposium (EWDTS 2013). Ростов-на-Дону, 2013. – С. 320.
  7. Артющенко В.М. Анализ возможностей передачи служебной информации по занятым каналам. Сборник трудов. Информационно-технологический факультет. Королев МО: ФТА, 2012. – С. 138-153.

Поступила 02.02.2015

Анфалов Константин Владимирович, ассистент Кафедры информационного и электронного сервиса Поволжского государственного университета сервиса (г. Тольятти). Тел. 8-987-935-16-05. E-mail: anfalow@gmail.com

## EVALUATION OF SIGNAL ENERGY RELATION OF ONE-OFF MESSAGES AND CONTINUES INFORMATION DURING THEIR SIMULTANEOUS TRANSMISSION

*Anfalov K.V.*

*Volga Region State University of Service, Togliatti, Russian Federation*

*E-mail: anfalow@gmail.com*

Transmission of one-off messages over busy telecommunication channels provides to equip by new features both installed analogue and IP-telephony systems. Maximal power of one-off messages should be estimated by taking into account telephone channel parameters and signal properties to minimize influence of one-off messages overlapping on the noise immunity of analogue and discrete data transmission systems. This work describes how to evaluate relation of energy characteristics of continues information and one-off messages transmitted over telecommunication channels. We carried out information analysis of voice signal components and noise immunity. Probability of data signal distortion due to impulse noise would be stay almost constant either with or without one-off messages, if one-off message power would be less data power, and error probability weakly depends on power of signal propagating over channel. Therefore condition  $h^2 > 9$  should be provided to eliminate one-off message strong influence on validity of analogue and discrete data transmission for channels with low level fluctuation noise. Here parameter  $h^2$  is power ratio of relevant data signal to one-off message signal. We propose to use broadband signal to improve one-off message selection. Permissible relations of power levels of continues information and one-off messages in the kind of voice signals were defined for their successful simultaneous transmission.

**Keywords:** *telecommunication channel, overlapping messages, overhead data transmission systems, noise immunity*

**DOI:** 10.18469/ikt.2015.13.3.04

**Anfalov Konstantin Vladimirovich**, Assistant of the Department of Information and Electronic Service, Volga Region State University of Service, Togliatti, Russian Federation. Tel. +79879351605. E-mail: anfalow\_k@mail.ru.

### References

1. Volkov L.N., Nemirovskiy M.S., Shinakov Y.S. *Systemu cifrovoy radiosvyazi. Bazovye metodi i harakteristiki* [Digital radio system. Basic methods and characteristics]. Moscow, Echo Trendz Publ., 2005. 392 p.

2. Anfalov K.V., Volovach V.I. Sravnitelnyy analiz effektivnosti kodirovaniya v telekommunikacionnih sistemah. [Comparative analysis of the efficiency coding in telecommunication systems with ARQ]. *Privolzhskij nauchnyj vestnik*, 2014, no. 4, pp. 46-51.
3. Anfalov K.V., Volovach V.I. K voprosu vibora signalov i metodov obrabotki ih pri peredache razovih soobsheniy [Question of selection signals and processing methods of transmission of single messages]. *Materialy 14 Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii «Problemy tekhniki i tekhnologii telekommunikatsii 2013»*. Samara, 2013, pp. 4-7.
4. Volovach V.I., Rogozin A.E., Vliyanie slugebnoy informacii na pomehoustoichevost zanytih telekommunikacionnih kanalov [Influence of official information on the immunity involved telecommunication links]. *Pechatnaja Shkola universitetskoj nauki: paradigma razvitiya*, 2011, no. 3, pp.34-38
5. Volovach V.I., Rogozin A.E., Analiz pomehoustoichevosti sistem peredachi rechevogo signala pri nalogenii signalov slugebnoy informacii [Analysis of noise immunity transmission systems of the speech signal at imposing overhead signals]. *Materialy 6 Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Nauka – promyshlennosti i servisu», Ch. 2. Togliatti*, 2012, pp. 270–275.
6. Anfalov K.V., Volovach V.I. Sravnitelnyy analiz pomehoustoichevogo kodirovaniya v telekommunikacionnih sistemah s obratnoi svyaziy [Comparative Analysis of Coding Effectiveness in Telecommunication Systems with ARQ]. *11th East-West Design & Test Symposium (EWDTs 2013)*. Rostov-on-Don, 2013. 320 p.
7. Artushenko V.M. Analiz vozmozhnostej peredachi sluzhebnoj informacii po zanjatym kanalim [Analysis of possibilities for transmitting overhead information on occupied channels]. *Sbornik trudov. Informacionno-tehnologicheskij fakul'tet*, Korolev, FTA, 2012, pp 138-153.

*Received 02.02.2015*

## ТЕХНОЛОГИИ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ И СЕТЕЙ

УДК 621.391

### ИЕРАРХИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КРИТЕРИЕВ КАЧЕСТВА ОКАЗАНИЯ УСЛУГ СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

*Костин А.А.<sup>1</sup>, Шапошников Д.Е.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций  
им. проф. М.А.Бонч-Бруевича, Санкт-Петербург, РФ*

<sup>2</sup>*Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, Нижний Новгород, РФ  
E-mail: kostin@sut.ru*

Рассматривается методология иерархической многокритериальной оценки вариантов развития и функционирования сетей передачи данных (СПД). Рассмотрены система целей и частных критериев при решении задач выбора рациональных вариантов топологии и параметров сети передачи данных при анализе, проектировании, создании и модификации. На основе принципов функционирования сетей передачи данных построена трехуровневая иерархическая система показателей и числовых критериев функционирования и качества оказания услуг в сетях передачи данных. Данная иерархическая система позволяет учесть различные подходы (определяемые различными субъектами принятия решений) к формированию целей функционирования и развития сетевой инфраструктуры и ориентируется на создание интерактивных инструментариев в автоматизированных системах проектирования, настройки и поддержки работы телекоммуникационных сетей в течение их жизненного цикла.

**Ключевые слова:** сети передачи данных, моделирование сетей передачи данных, планирование сетей передачи данных, многокритериальная оптимизация.

#### Введение

Современные условия деятельности операторов связи определяют необходимость повышенного внимания к качеству оказания услуг, оказываемых на основе сетей передачи данных (СПД). Это определяется прежде всего ростом техниче-

ских возможностей технологического оборудования связи (скорости передачи и обработки, объемами внутренней памяти и т.д.) с одной стороны, и большой, и все нарастающей конкуренцией, с другой стороны. В литературе и средствах массовой информации неоднократно отмечалось, что в настоящее время все менее актуален вопрос