

ВЛИЯНИЕ СЖАТИЯ ДАННЫХ НА ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ ПРИЕМА СООБЩЕНИЙ

к.т.н. А.Ю. Стрюк, Р.М. Кабакчей, к.т.н. К.С. Клименко
(представил д.т.н., проф. В.А. Краснобаев)

Рассматривается помехоустойчивость приема сообщений, подвергнутых сжатию. Предлагаются аналитические выражения для оценки вероятности возникновения ошибки в сжатом сообщении.

С возникновением электрической связи ученые и инженеры начали неустанный поиск способов компактного представления данных. Компактное представление данных позволяет осуществлять передачу информации меньшим потоком цифровых данных (большей скоростью) или в более узком частотном диапазоне [1].

Под методом сжатия данных подразумевается совокупность действий, обеспечивающих уменьшение объема данных.

Процесс сжатия можно описать выражениями

$$y(t) = F_{\text{сж}}(x(t)); \quad V_y(t) < V_x(t),$$

где $x(t)$ – исходный набор данных; $y(t)$ – набор сжатых данных; $F_{\text{сж}}$ – совокупность действий, составляющих метод сжатия; $V_x(t)$ – объем исходных данных; $V_y(t)$ – объем сжатых данных.

Соответственно процесс восстановления будет иметь вид

$$x'(t) = F_{\text{восст}}(y(t)),$$

где $x'(t)$ – восстановленный набор данных; F – совокупность действий, составляющих метод восстановления.

При сжатии без потерь $x(t) = x'(t)$, при сжатии с потерями $x(t) \approx x'(t)$. Основным показателем метода является степень сжатия $C = V_x(t)/V_y(t)$.

Как и любой сигнал, сжатые данные при передаче по каналу связи подвержены воздействию различного рода помех. К настоящему моменту вопрос о влиянии методов сжатия на помехоустойчивость систем передачи информации изучен слабо. Поэтому задача оценки помехоустойчивости систем связи, осуществляющих передачу сжатых данных, является актуальной.

Под помехоустойчивостью систем связи понимается способность системы связи противостоять вредному влиянию помех. Основными показателями помехоустойчивости систем связи являются: вероятность ошибочного (правильного) приема элемента сообщения (или бита), пакета данных и сообщения в целом. Влияние сжатия данных на помехоустойчивость систем связи также может быть оценено по этим показателям.

В качестве математической модели, описывающей распределение ошибок, используем биномиальный закон распределения случайной величины [2]. Для данной модели существует ряд ограничений: ошибки, которые возникают в канале связи, должны считаться взаимно-независимыми; вероятность искажения любого элемента (разряда) пакета данных (при пакетной передаче) одинаковая.

При передаче отдельной элементарной посылки по каналу связи сжатие не влияет на вероятность ее ошибочного приема (энергия передатчика, вид модуляции, скорость передачи данных, пропускная способность, помехи, воздействующие в канале связи, чувствительность приемника, тип приема неизменны). При передаче пакетов данных вероятность их ошибочного приема также не изменяется.

Вероятность правильного приема сообщения в целом, при пакетной передаче описывается выражением

$$P_{\text{прм}} = (1 - P_{\text{по}})^{\text{floor}(V/n)}, \quad (1)$$

где $P_{\text{по}}$ – вероятность ошибки в пакете; V – объем сообщения, бит; n – длина информационной части пакета, бит; floor – округление до ближайшего наибольшего целого.

При биномиальном распределении в последовательности (пакете) из m элементов вероятность ошибки i -й кратности определяется выражением [1]:

$$P_{\text{по}} = C_m^i \cdot P_0^i \cdot (1 - P_0)^{m-i} = \frac{m!}{(m-i)! \cdot i!} \cdot P_0^i \cdot (1 - P_0)^{m-i}, \quad (2)$$

где P_0 – вероятность искажения символа в канале связи.

При накоплении в пакете ошибок нескольких кратностей выражение (2) приобретает вид

$$P_{\text{по}} = \sum_{i=1}^m C_m^i \cdot P_0^i \cdot (1 - P_0)^{m-i} = \sum_{i=1}^m \frac{m!}{(m-i)! \cdot i!} \cdot P_0^i \cdot (1 - P_0)^{m-i}. \quad (3)$$

В современных системах передачи данных размер пакета колеблется в пределах от 100 до 1024 бит. В качестве примера рассмотрим технологию передачи данных АТМ, для которой длина пакета равна 424 бита (40 бит заголовок, 384 бита информационных) [3]. Зависимость вероятности ошибки в пакете от вероятности искажения символа в канале $P_{\text{по}} = f(P_0)$ в соответствии с выражением (3) для ошибок 1,2,3,4 кратности представлена на рис. 1.

Для вероятности ошибки в канале $P_0 = 10^{-5}$ вероятности ошибки в пакете $P_{\text{по}} \approx 4,6 \cdot 10^{-3}$. При сжатии данных объем сообщения V уменьшается в C раз. Учитывая это можно получить отношение между вероятностью правильного приема сжатого и несжатого сообщения

$$S = \frac{P_{\text{прм.сж}}}{P_{\text{прм}}} = \frac{(1 - P_{\text{по}})^{\text{floor}(V/nC)}}{(1 - P_{\text{по}})^{\text{floor}(V/n)}} = (1 - P_{\text{по}})^{(\text{floor}(V/nC) - \text{floor}(V/n))}, \quad (4)$$

где C – степень сжатия, раз.

Пусть $V = 1 \cdot 10^6$ бит. Это, например, 15,6 с речи, закодированной в соответствии со стандартом G.711 (частота выборки 8 кГц, а каждый отсчет преобразуется в 8-битовый цифровой код) или 24-битное изображение в формате bmp размером примерно 200 на 200 пикселей, или же 100 страниц текста, насыщенного формулами и графиками.

В соответствии с выражением (4) были построены графики зависимости:

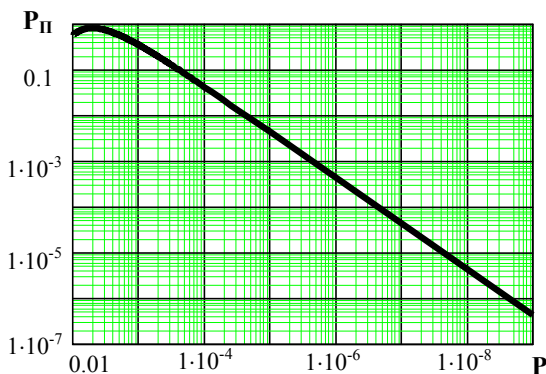


Рис. 1. Зависимость вероятности ошибки в пакете от вероятности искажения одного символа в канале связи

$$S = f(C)_{P_{\text{но}} = \text{const}, n = \text{const}, V = 1 \cdot 10^6; 2 \cdot 10^6; 3 \cdot 10^6; 0,5 \cdot 10^6} \quad (\text{рис. 2, а});$$

$$S = f(C)_{n = \text{const}, V = \text{const}, P_{\text{но}} = 4,6 \cdot 10^{-3}; 4,6 \cdot 10^{-4}; 4,8 \cdot 10^{-5}; 4,6 \cdot 10^{-6}} \quad (\text{рис. 2, в});$$

$$S = f(C)_{P_{\text{но}} = \text{const}, V = \text{const}; n = 128; 256; 384; 512} \quad (\text{рис. 2, б}).$$

В результате анализа графиков можно сделать следующие выводы:

- с увеличением степени сжатия вероятность правильного приёма сообщения в системе связи с коммутацией пакетов увеличивается;
- с увеличением объема сообщения вероятность правильного приёма сжатого сообщения увеличивается;
- с уменьшением длины пакета вероятность правильного приёма сжатого сообщения увеличивается;
- с уменьшением вероятности искажения символа в канале связи прирост вероятности правильного приёма сжатого сообщения становится меньше.

Вероятность правильного приёма сжатого сообщения может быть увеличена за счёт использования помехоустойчивого кодирования [4]. Часть объёма сообщения, освободившаяся после сжатия, заполняется проверочными символами помехоустойчивого кода.

Рассматривая вопросы влияния сжатия данных на помехоустойчивость приема сообщений, следует также иметь в виду такое неблагоприятное свойство, присущее всем методам сжатия данных, как эффект размножения ошибок. Этот эффект проявляется в том, что трансформация некоторого объёма сжатых данных приводит к искажению значительно большего объёма восстановленных данных или делает восстановление невозможным. Масшта-

бы искажений, возникающих в результате эффекта размножения ошибок, варьируются в зависимости от метода сжатия данных и области сжатых данных, подвергнувшейся трансформации.

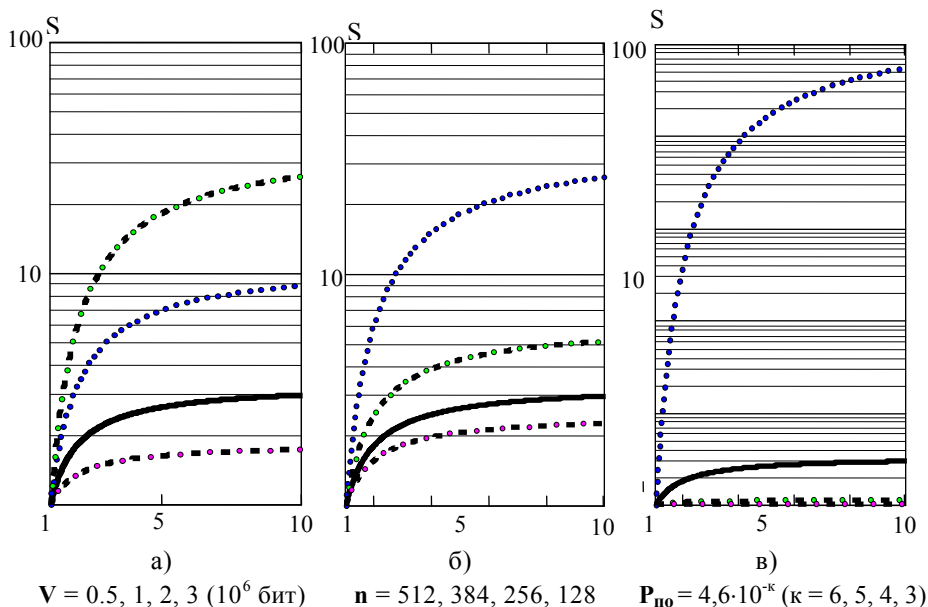


Рис. 2. Зависимость прироста вероятности правильного приёма сообщения от параметров системы связи

Таким образом, можно сделать вывод, что при сжатии данных вероятность ошибочного приёма сообщения уменьшается, но цена ошибки увеличивается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ватолин Д.П. Методы сжатия данных – М.: Диалог-мифи, 2002. – 384 с.
2. Королёв А.В. Обработка информации в АСУ. – МОУ, 1996. – 370 с.
3. Назаров А.Н., Симонов М.В. АТМ: технологии высокоскоростных сетей. – М.: Эко-Трендз, 1999. – 150 с.
4. Дворецкий и др. Цифровая передача сигналов звукового вещания – М.: Радио и связь, 1987. – 190 с.

Поступила 19.08.2002

СТРЮК Алексей Юрьевич, канд. техн. наук, доцент кафедры Полтавского ВИС. В 1997 году окончил ХВУ. Область научных интересов – теоретические основы связи.

КАБАКЧЕЙ Роман Михайлович, нач. отделения кафедры Полтавского ВИС, который окончил в 2002 году. Область научных интересов – системы и алгоритмы сжатия речи.

КЛИМЕНКО Константин Станиславович, канд. техн. наук, ст. преп. УГАЖТ. В 1995 году окончил ХарГАЖТ. Область научных интересов – обработка и передача информации.