

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Куповых Г.В., Морозов В.Н., Шварц Я.М.* Теория электродного эффекта в атмосфере. Монография, Таганрог: Изд-во ТРТУ. 1998. 123 с.
2. *Самарский А.А., Гулин А.В.* Численные методы математической физики. 2-е изд. – М.: Научный мир, 2003. -316 с.
3. *Морозов В.Н.* Об установлении стационарного электрического поля в атмосфере, содержащей слой аэрозольных частиц // Прикладная метеорология. 2002. Выпуск 4 (552). С. 33-43.
4. *Куповых Г.В., Марченко А.Г., Морозов В.Н.* Электрическая структура нестационарного приземного слоя в приближении турбулентного электродного эффекта. //Известия высших учебных заведений. Сев.-Кав. регион. Естественные науки. Приложение №5, 2005. С. 46-51.

Редин Александр Александрович

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге

E-mail: alexandr_redin@mail.ru

347928, Россия, г. Таганрог, ГСП 17а, пер. Некрасовский, 44

Тел.: 8(8634) 32-16-17

Клово Александр Георгиевич

E-mail: klovo@egf.tsure.ru

Куповых Геннадий Владимирович

E-mail: kupovykh@users.tsure.ru

Redin Alexandr Alexandrovich

Taganrog Institute of Technology - Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education "Southern Federal University"

E-mail: alexandr_redin@mail.ru

44, Nekrasovsky, Taganrog, GSP-17a, 347928, Russia, Ph.: +7 (8634) 32-16-17

Klovo Alexandr Georgievich

E-mail: klovo@egf.tsure.ru

Kupovich Gennadiy Vladimirovich

E-mail: kupovykh@users.tsure.ru

УДК 621.372

Л. Г. Стаценко, Ю. В. Миргородская, А. А. Чусов

**СИСТЕМА ЭФФЕКТИВНОГО КОДИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ ПРИ
ПЕРЕДАЧЕ ПО КАНАЛАМ СВЯЗИ В СЛУЧАЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ
СИТУАЦИЙ НА МОРЕ**

Проблема своевременной доставки информации о чрезвычайной ситуации на морских судах, терпящих бедствия, является актуальной. Предлагаемый метод кодирования позволяет передавать не только информацию о местоположении

судна, скорости, путевом угле, но и речевую информацию с капитанского мостика по резервному каналу без использования систем спутниковой связи. Разработан кодер, позволяющий проводить компрессию речевого сигнала и данных о положении судна, а также мультиплексировать их в один канал.

Чрезвычайная ситуация; кодирование; мультиплексор; декодер; речевой сигнал.

L. G. Stacenko, Y. V. Mirgorodskaya, A. A. Chusov

EFFECTIVE SYSTEM OF CODING INFORMATION TRANSMITTED THROUGH COMMUNICATION CHANNELS DURING ABNORMAL SITUATIONS ON SEA

The problem of in time delivering of information about abnormal situations on sea ships being in distress is still important. The method offered for encoding lets transmitting either information about location of ship, its speed, movement direction or speech information from captain's bridge using a reserve channel without using satellite systems. The coder was been developed lets compressing speech signals and ship location data multiplexing them into one channel.

Abnormal situation; encoding; multiplexor; decoder; voice signal.

В отличие от существующих каналов связи предполагаемая разработка позволит мультиплексировать цифровые данные о положении судна (ДПС) и речевую информацию с капитанского мостика. Следует отметить, что кодирующий тракт построен с учетом специфики передаваемой информации и состоит из четырех кодеров и мультиплексора (рис. 1).

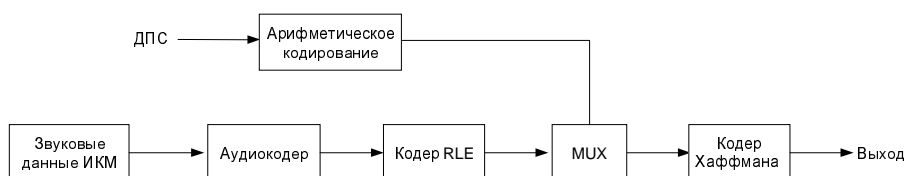


Рис. 1. Функциональная схема

Данные, характеризующие положение судна, представляют собой 92-х битовое число, складываемое из значений (табл. 1), которое будет в дальнейшем рассматриваться как последовательность из 23-х блоков, являющихся 4-битовыми символами алфавита [0,15].

Арифметический кодер [1, 5] позволяет приближать битовые размеры сжатых символов к нецелочисленным значениям их энтропии посредством кодирования входной 92-х битовой строки целиком. Для этого он делит полуинтервал $W = [0;1)$ на непересекающиеся полуинтервалы $w_i \in W$, длины которых равны вероятностям появления символов алфавита в битовой строке. Далее выбирается полуинтервал, соответствующий текущему символу на входе. Этот интервал делится аналогичным образом на $2^4 = 16$ полуинтервалов и т.д. для всех оставшихся символов во входном потоке. В результате сжатая битовая строка представляет собой одно число с плавающей точкой из полуинтервала w_n , принадлежащего полуинтервалу первого символа и соответствующего последнему символу пакета. Так как кадр сообщения составляет всего 23 символа, наиболее оптимальным будет включение

неадаптивного кодера, что избавит от необходимости передавать таблицу символов с соответствующими полуинтервалами w_i . Для этого таблица вероятностей и соответствующих полуинтервалов строится исходя из анализа допустимости значений каждого из 11-ти ДПС и, соответственно, символов (табл. 2). Представленная таблица известна также декодеру на приемной стороне. Результирующая сжатая информация – произвольно выбранное число из итогового полуинтервала $w_{i_0..i_N}$, где N – количество символов в сжимаемом потоке ($N=23$). Это дает возможность ограничивать точность представления используемых чисел с плавающей точкой.

Первоначально кодер речи убирает из потока малые слова для подавления пауз. При накоплении 128-ми слов квантования в очереди кодер проводит разделение их спектра на 8 равных частотных полос по 475 Гц путем свертки слов с цифровым фильтром Добеши D6 [1, 3] ($H = \{0,3326, 0,8068, 0,4598, -0,1350, -0,0854, 0,0352\}$) и последующим дискретно-косинусном преобразованием Фурье (ДКП) [4].

$$S_i = \frac{1}{\sqrt{64}} \sum_{k=0}^{16} \sum_{n=0}^{127} \left(\sum_{j=0}^6 H_j x(6-j+n) \right) \cos\left(\frac{2n+1}{256} \pi(16i+k)\right), \quad (1)$$

где $x(n)$ – 8-битовое слово квантования на отчете с индексом n .

Таблица 1

Данные о положении судна

№	Параметр	Диапазон значений	Размер, бит	Примечание
1	Долгота, □	0...359	9	
2	Долгота, ^	0...59	6	
3	Долгота, ``	0...599	10	Последняя цифра – десятичная часть.
4	Широта, □	0...179	9	Дополняется нулевым старшим битом.
5	Широта, ^	0...59	6	
6	Широта, ``	0...599	10	Последняя цифра – десятичная часть.
7	Путевой угол, □	0...3599	12	Последняя цифра – десятичная часть.
8	Время UTC, ч	0...23	5	
9	Время UTC, мин	0...59	6	
10	Время UTC, с	0...59	6	
11	Скорость, узлы	0...8191	13	Последние две цифры – десятичная часть.

Кодирование звука производится с учетом особенностей источника (речь) и приемника (слух) (рис. 2). Предполагается, что на выход АЦП (аналого-цифрового преобразователя) (вход кодера) подается равномерно квантованный 8-битовыми словами сигнал с частотой дискретизации 8кГц, согласно теореме Котельникова с высшей частотой звукового сигнала из диапазона 200Гц – 4кГц, достаточной для сохранения разборчивости речи.

Образованные полосы не соответствуют критическим полоскам слуха и введены на предварительном этапе для упрощения реализации фильтров. Из нескольких перекрываемых критических полос слуха алгоритм назначения битов кодера

выбирает критическую полосу с наименьшей шумовой маскировкой M и использует ее для нахождения числа битов квантования сигнала перекрывающей полосы. Выходные последовательности соответствующим образом децимируются.

Далее производится более детальное ДКП для группировки частот по критическим полоскам слуха, лишние полосы убираются из спектра. При этом номера коэффициентов в разложении спектра полос (с предварительного этапа кодирования) в ДКП выбираются исходя из соотношения

$$k = N \left\lfloor \frac{\omega_{кр.в.}}{\omega_{пол.в.}} \right\rfloor, \quad (2)$$

где N – число неотброшенных слов квантования текущей полосы предварительного этапа, $\omega_{пол.в.}$ – высшая частота полосы предварительного этапа, $\omega_{кр.в.}$ – высшая частота целевой критической полосы звука.

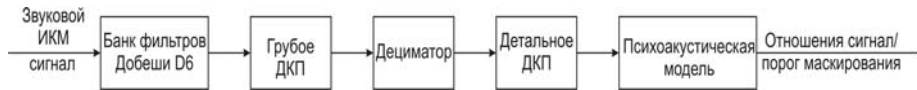


Рис. 2. Кодер речи

Таблица 2

Вероятности появления символов из допустимого диапазона чисел ДПС

a	P_i	w_i
0	0.0751	[0; 0.751)
1	0.0751	[0.0751; 0.1502)
2	0.0751	[0.1502; 0.2253)
3	0.0603	[0.2253; 0.2856)
4	0.0643	[0.2856; 0.3499)
5	0.0643	[0.3499; 0.4142)
6	0.0643	[0.4142; 0.4785)
7	0.0599	[0.4785; 0.5384)
8	0.0717	[0.5384; 0.6101)
9	0.0717	[0.6101; 0.6818)
a	0.0717	[0.6818; 0.7535)
b	0.0586	[0.7535; 0.8121)
c	0.0575	[0.8121; 0.8696)
d	0.0564	[0.8696; 0.926)
e	0.0546	[0.926; 0.9806)
f	0.0546	[0.9806; 1)

После этого к каждой из критических полос применяется получаемая эмпирически функция формирования шумов для вычисления порогов маскирования. Для каждой из полос вычисляется отношение уровня сигнала к порогу маскировки M [2]. Эти отношения должны быть известны декодеру для проведения обратной операции.

В результате последнего квантования образуются определенные последовательности нулевых битов, которые сжимаются методом RLE (Run-length coding) [7]. Принцип кодера основывается на том, что повторяющаяся последовательность символов заменяется одним 4-битовым числом его повторений и одним значением символа. В худшем случае, когда биты чередуются, сжатия не произойдет, вместо этого размер строки увеличится в 2 раза.

Однако, в этом случае, добавление избыточности исправляется кодером Хаффмана, работающим после мультиплексирования ДПС и акустических данных. Использование метода кодирования RLE позволяет использовать единственный бит 0 на месте счетчика RLE для обозначения начала и конца речевой части кадра.

Добавление нулевых бит к речевой части кадра, а также конкатенирование сжатых ДПС и звуковых битовых строк осуществляет мультиплексор, выход которого поступает на вход кодера Хаффмана, задачей которого является уменьшение средней длины символов кодируемой строки. В предлагаемой системе используется полуадаптивный кодер Хаффмана [6].

Таблица 3

Критические полосы слуха и предварительное разбиение спектра

№	Критическая область f , Гц	Δf , Гц	Предварительное разбиение спектра, Гц
1	235..330	95	235..710
2	330..420	90	
3	420..560	140	
4	560..660	100	
5	660..800	140	
6	800..940	140	710..1275
7	940..1125	185	
8	1125..1265	140	
9	1265..1500	235	1275..1750
10	1500..1735	235	
11	1735..1970	235	1750..2225
12	1970..2340	370	2225..2700
13	2340..2720	380	2700..3175
14	2720..3280	560	3175..3650
15	3280..3840	560	3650..3840

Кодер работает с буфером, в который заносится выход мультиплексора, по принципу замены наиболее вероятных символов в буфере наименее короткими кодами при сохранении обратимости операции, а также минимальной дисперсии длин кодов (для минимизации непостоянства скорости передачи кодированных данных). Последний дополняется справа необходимым количеством 0-х бит для обеспечения кратности его длины 8-ми.

Далее кодер проходит буфер и собирает статистику появления (веса) 4-х битовых символов в строке. При этом символы и их веса заносятся в очередь, упорядочиваемую в порядке убывания вероятностей ее элементов, в качестве листьев строимого дерева Хаффмана. После этого из очереди извлекаются пары символов (с наименьшими вероятностями), из которых строится родительский узел. В него записывается суммарный вес его потомков. Затем он помещается обратно в очередь. Данная процедура повторяется до тех пор, пока в очереди не останется один элемент, назначаемый корневым узлом дерева. Коды переменной длины строятся рекурсивно исходя из структуры полученного дерева. Если искомым символом находится в правой ветви дерева от текущего узла, то код символа дополняется младшим нулем, иначе – 1.

Выходом всех четырех кодеров является кадр переменной длины, содержащий числовые ДПС, а также речевую информацию, сжатую с потерей некоторого количества энтропии при сохранении при этом разборчивости речи. Кадр синхронизируется, как было указано, на этапе между кодером RLE и мультиплексором.

Сжатие двух разнородных потоков информации в один дает возможность довольно точно определять текущее местоположение судна, терпящего бедствие. Ввиду того, что данные о местоположении судна (широта и долгота) определяются довольно медленно спутниковыми системами (GPS, ГЛОНАС), передаются данные (скорость и направление движения судна в заданный момент времени), позволяющие с определенной долей вероятности предсказать текущее актуальное положение судна, входящие в поток ДПС. Существует возможность модифицировать предложенную схему кодера так, чтобы поток данных о положении судна (выход арифметического кодера) передавался в реальном времени в виде кодированной последовательности, что позволит доставить аварийный сигнал проходящим судам.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Д. Сэломон*. Мир программирования. Сжатие данных, изображений и звука. – М: Техносфера, 2004. – 368 с.
2. *D. Pan*. A tutorial on MPEG/Audio Compression. Motorola Inc., 1995.–12с.
3. *G. Moser*. MPEG-4 aacPlus – Audio coding for today’s digital media world. Coding Technologies, 2005. – 13 с.
4. *А. Смирнов*. Цифровое телевидение. От теории к практике. – М: Техносфера, 2002. – 347 с.
5. http://en.wikipedia.org/wiki/Arithmetic_coding/ - Arithmetic coding.
6. http://en.wikipedia.org/wiki/Huffman_coding/ - Huffman coding.
7. http://en.wikipedia.org/wiki/Run-length_encoding/ - Run-length encoding.

Стаценко Любовь Григорьевна

Дальневосточный государственный технический университет (ДВПИ имени В.В. Куйбышева)
E-mail: rts@festu.ru
690002, Россия, г. Владивосток, Океанский проспект, 83, кв. 30
Тел.: 8 (4232)-45-89-34

Миргородская Юлия Вячеславовна

E-mail: rts@festu.ru

Чусов Андрей Александрович

E-mail: rts@festu.ru

Stacenko Lyubov Grigoryevna

The Far Eastern National Technical University
E-mail: rts@festu.ru
30-83, Okeansky prospect, Vladivostok, 690002, Russia
Ph.: +7(4232)-45-89-34

Mirgorodskaya Yulia Vyacheslavovna

E-mail: rts@festu.ru

Chusov Andrey Alexandrovich

E-mail: rts@festu.ru