

АЛГОРИТМ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИСКАЖЕННЫХ МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ СООБЩЕНИЙ

ALGORITHM OF RESTORATION OF THE DEFORMED MULTIMEDIA MESSAGES

S. Kovalsky
V. Bezruchko

Summary. In article, based on the decision of the generated equations of a filtration the algorithm of restoration of the compressed messages is developed for system of uneven coding. Also, the equations of a condition and system supervision by transfer of uneven codes by a communication channel are defined. It allows to make effective coding with sufficient redundancy which can be used for restoration of the deformed multimedia messages.

Keywords: effective coding, uneven code, residual redundancy, a code tree, the filtration equations.

Ковальский Сергей Петрович

К.т.н., доцент, Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации
metal_forever@inbox.ru

Безручко Валерий Владимирович

К.т.н., доцент, Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации
vlvd@mail.ru

Аннотация. В статье разработан алгоритм восстановления сжатых сообщений, основанный на решении полученных уравнений фильтрации для системы неравномерного кодирования. Также определены уравнения состояния и наблюдения системы при передаче неравномерных кодов по каналу связи. Это позволяет произвести эффективное кодирование с достаточной избыточностью, которая может быть использована для восстановления искаженных мультимедийных сообщений.

Ключевые слова: эффективное кодирование, неравномерный код, остаточная избыточность, кодовое дерево, уравнения фильтрации.

Для сжатия мультимедийных сообщений в настоящее время широко используется неравномерное кодирование. Анализ помехоустойчивости таких кодов показывает, что при наличии ошибок в канале связи возникает потеря синхронизации кодовых комбинаций [1, 2, 3]. Это приводит к эффекту размножения ошибок, в результате которого происходит частичная или полная потеря сообщений.

В случае реальных ограничений: конечное время задержки и дискретность алгоритма кодирования; не полностью устраняется избыточность источника сообщений [4, 5, 6]. Эту остаточную избыточность предлагается использовать для восстановления искаженных мультимедийных сообщений.

Пусть задана динамическая стохастическая система с состояниями $z(k)_i = 1; i = \overline{1, N}$ и $z(k)_j = 0$ при $j \neq i; i, j = \overline{1, N}$ если система находится в i -ом состоянии, где k — номер шага дискретизации времени и N — количество вершин дерева кодирования. В модели источника выходом является многопозиционная марковская последовательность с основанием кода, равным числу вершин дерева кодирования, а порождающий процесс задается последовательностью независимых отсчетов входного дискретного сигнала, который характеризуется значениями:

$$x(k)_j = 0 \text{ или } 1, j = 1, 2, \dots, L; \sum_{j=1}^L x(k)_j = 1, \forall k,$$

где L — число состояний порождающего шума с заданными вероятностями $p(x(k)_j = 1)$.

Исходя из этого получено уравнение состояния системы:

$$\bar{z}(k) = x_j \cdot [\pi]_j \cdot \bar{z}(k-1), j = \overline{1, L}.$$

где $[\pi]_i$ — множество матриц детерминированных переходов, $i = \overline{1, L}$.

Источник сообщений рассматривается на уровне N -ичного канала связи [7]. С этой целью в уравнения наблюдения $\bar{m}(k)$ включается детерминированное уравнение перехода от N -ичного в двоичный канал и обратно, а также шум наблюдения в виде ошибок в двоичном симметричном канале.

Для разработки алгоритма восстановления получены уравнения фильтрации для прямого описания динамических систем:

$$a = \arg \max_l [c \cdot \bar{z}(k) \otimes \bar{m}(k)];$$

$$\hat{z}_a(k) = 1, \hat{z}_b(k) = 0, b \neq a; a, b, l = \overline{1, N}; (1)$$

где \otimes — прямое произведение векторов; c — нормировочный оператор.

$$\tilde{z}_i(k) = \sum_{j=1}^N [\pi]_{ji} \cdot (c \cdot \tilde{z}_i(k-1) \otimes m_i(k)); i = \overline{1, N}. \quad (2)$$

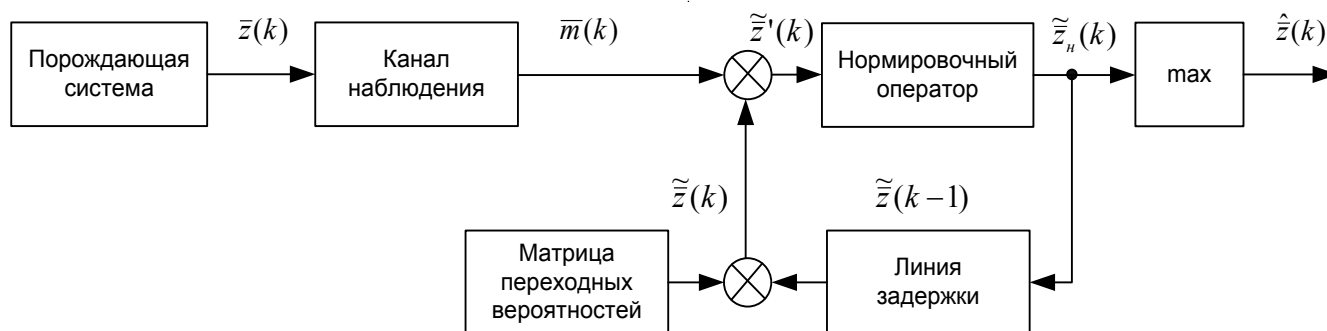


Рис. 1. Схема фильтра неравномерного кода

С целью решения уравнений (1) и (2) разработана схема фильтрации неравномерных кодов, показанная на рис. 1.

Она отражает рекурсивный метод решения уравнений фильтрации (1), (2) и принятие решения на каждом шаге по максимуму апостериорной вероятности.

На основе уравнений (1), (2) и схемы фильтрации разработан алгоритм восстановления искаженных сжатых сообщений, блок-схема которого изображена на рис. 2.

1. Исходные данные:

- ◆ k — номер шага;
- ◆ N — число вершин дерева кодирования;
- ◆ A — множество вершин дерева кодирования;
- ◆ $A1$ — множество конечных вершин дерева кодирования, $A1 \subset A$;
- ◆ π — матрица переходных вероятностей дерева кодирования;
- ◆ c — нормировочный оператор;
- ◆ H — длина входной последовательности N -ичного кода.

2. Выходные данные:

- ◆ восстановленное сжатое сообщение.

3. Алгоритм:

п. 1. Инициализация исходных данных:

- ◆ π — матрица переходных вероятностей;
- ◆ $\tilde{z}(0)$ — вектор начального состояния;
- ◆ p_{ou} — вероятность ошибки в ДСК;

п. 2. $k=1, c=1$;

п. 3. Формирование входного вектора $\bar{m}(k, p_{ou})$;

п. 4. Формирование вектора в линии задержки $\tilde{z}(k-1)$;

п. 5. Формирование вектора предсказания

$$\tilde{z}_i(k) = \sum_{j=1}^N [\pi]_{ji} \cdot \tilde{z}_j(k-1);$$

п. 6. Формирование обновленного вектора

$$\tilde{z}'(k) = \tilde{z}(k) \otimes \bar{m}(k, p_{ou});$$

п. 7. $c = \frac{1}{\sum_{j=1}^N \tilde{z}'_j(k)}$;

п. 8. Формирование вектора принятия решения $\tilde{z}_i(k) = \tilde{n} \cdot \tilde{z}'(k)$;

п. 9. Определение выходной вершины дерева кодирования $a(k) = \arg \max[\tilde{z}_i(k)]$;

п. 10. Идентификация конечной вершины $a(k) \subset A1, A1 \subset A$

п. 11. $k=k+1$ до тех пор, пока $k \leq H$;

п. 12. Если $k = H$ алгоритм заканчивает работу.

Применение разработанного алгоритма для неравномерных кодов позволит уменьшить трек ошибки, возникающий в цифровом канале связи, и восстановить искаженные сжатые сообщения без применения дополнительных помехоустойчивых процедур.

Алгоритм имеет настраиваемые параметры:

- вектор начального состояния;
- матрица переходных вероятностей;
- вероятность ошибки в канале.

С их помощью он может быть использован как часть алгоритма адаптации системы фильтрации к изменяющимся статистикам источника сообщений и канала связи.

Оценка качества разработанного алгоритма восстановления сжатых сообщений проводилась по вероятности синхронизации кодовых комбинаций с помощью имитационной модели с использованием интервальных оценок.

Для оценки точности имитационной модели определяется количество необходимых испытаний [8].

Пусть производится независимые испытания с известной вероятностью p появления ошибки в N -ичной последовательности длины n . Требуется оценить неизвестную вероятность p по относительной частоте, т.е. найти ее точечную и интервальную оценки.

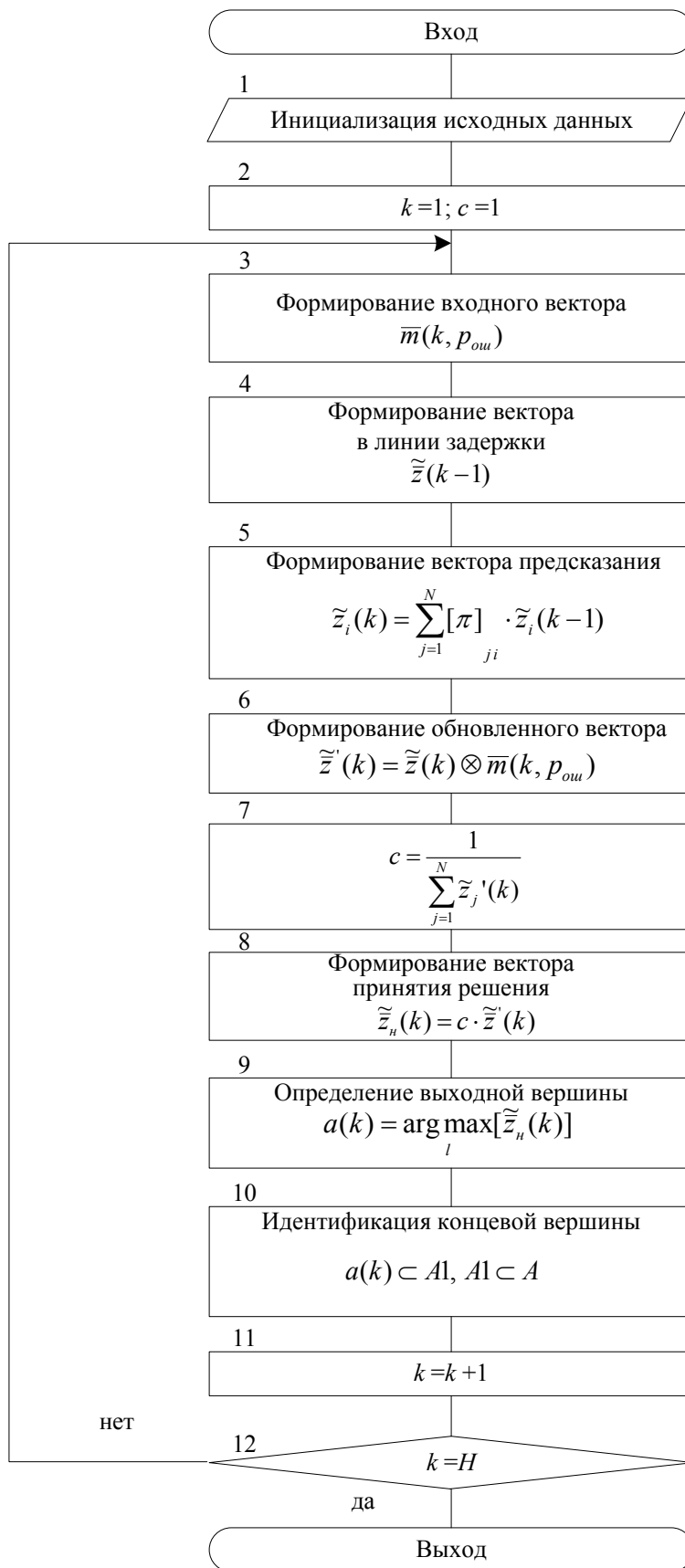


Рис. 2. Блок-схема алгоритма восстановления сжатых сообщений

Таблица 1. Верхняя и нижняя границы доверительного интервала для $P_D=0,95$

$K_{Ош}$	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}
n	$1,383 \times 10^4$	$1,522 \times 10^5$	$1,537 \times 10^6$	$1,537 \times 10^7$	$1,678 \times 10^8$	$1,342 \times 10^9$
P_1	0,094	$9,44 \times 10^{-3}$	$9,44 \times 10^{-4}$	$9,44 \times 10^{-5}$	$9,47 \times 10^{-6}$	$9,4 \times 10^{-7}$
P_2	0,1058	0,01	$1,058 \times 10^{-3}$	$1,058 \times 10^{-4}$	$1,056 \times 10^{-5}$	$1,063 \times 10^{-6}$

Таблица 2. Верхняя и нижняя границы доверительного интервала для $P_D=0,97$

$K_{Ош}$	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}
n	$1,807 \times 10^4$	$1,98 \times 10^5$	$2,007 \times 10^6$	$2,008 \times 10^7$	$1,678 \times 10^8$	$1,342 \times 10^9$
P_1	0,095	$9,51 \times 10^{-3}$	$9,51 \times 10^{-4}$	$9,51 \times 10^{-5}$	$9,46 \times 10^{-6}$	$9,4 \times 10^{-7}$
P_2	0,105	0,01	$1,05 \times 10^{-3}$	$1,051 \times 10^{-4}$	$1,056 \times 10^{-5}$	$1,06 \times 10^{-6}$

Таблица 3. Верхняя и нижняя границы доверительного интервала для $P_D=0,9$

$K_{Ош}$	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}
n	9803	$1,079 \times 10^5$	$1,089 \times 10^6$	$1,09 \times 10^7$	$1,09 \times 10^8$	$1,34 \times 10^9$
P_1	0,094	$9,42 \times 10^{-3}$	$9,43 \times 10^{-4}$	$9,43 \times 10^{-5}$	$9,43 \times 10^{-6}$	$9,48 \times 10^{-7}$
P_2	0,106	0,01	$1,06 \times 10^{-3}$	$1,06 \times 10^{-4}$	$1,06 \times 10^{-5}$	$1,05 \times 10^{-6}$

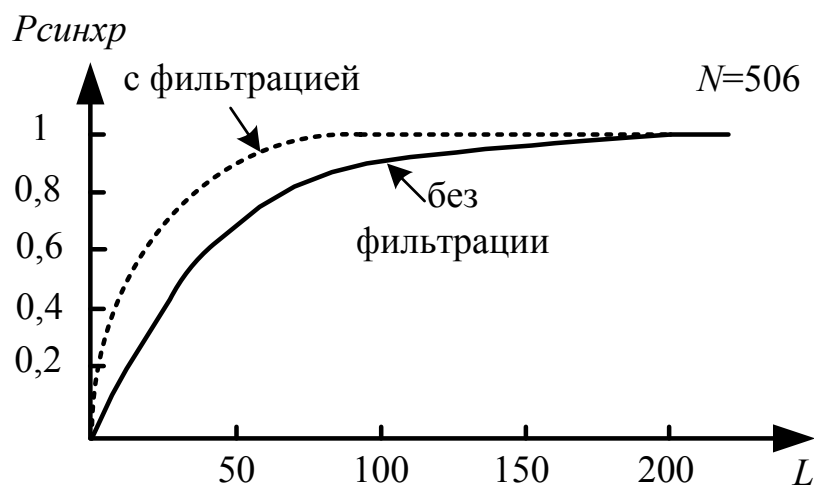


Рис. 3. Зависимость вероятности вхождения в синхронизацию $P_{синхр}$ от длины N -ичной последовательности L

В качестве точечной оценки неизвестной вероятности p принимается коэффициент ошибок:

$$K_{Ош} = \frac{m}{n},$$

где m — число ошибок в N -ичной последовательности;

n — число испытаний.

Доверительный интервал для оценки вероятности по относительной частоте определяется для доверительной вероятности, которая вычисляется по формуле:

$$P_D = 2\Phi(t),$$

где t — определяется по таблице функции Лапласа

$$\Phi(t) = \frac{P_D}{2} \quad [9].$$

Нижняя граница доверительного интервала находится с помощью выражения:

$$t \cdot \sqrt{\frac{K_{ош} \cdot (1 - K_{ош})}{n} + \left(\frac{t}{2 \cdot n}\right)^2} - t \cdot \sqrt{\frac{K_{ош} \cdot (1 - K_{ош})}{n} + \left(\frac{t}{2 \cdot n}\right)^2} \quad (3)$$

Верхняя граница:

$$p_2 = \frac{n}{t^2 + n} \cdot \left[K_{ош} + \frac{t^2}{2 \cdot n} \right] + t \cdot \sqrt{\frac{K_{ош} \cdot (1 - K_{ош})}{n} + \left(\frac{t}{2 \cdot n}\right)^2} \quad (4)$$

Верхняя и нижняя границы доверительного интервала, определенные соотношениями (3) и (4), для

$$p_2 - p_1 = \frac{K_{ош}}{10}$$

и заданных доверительных вероятностей P_d представлены в таблицах 1, 2 и 3.

Результаты имитационного моделирования для вероятности синхронизации кодовых комбинаций для 506 вершин дерева кодирования показаны на рис. 3.

Анализ полученных результатов показывает, что при применении разработанного алгоритма восстановления сжатых сообщений уменьшается время вхождения в синхронизацию.

Таким образом, применение разработанного алгоритма для неравномерных кодов позволит уменьшить трек ошибки, возникающий в цифровом канале связи, и восстановить искаженные мультимедийные сообщения без применения дополнительных помехоустойчивых процедур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сжатие данных, речи, звука и изображений в телекоммуникационных системах. Учебное пособие. Сергеев В. С., Барин В. В. — М.: РадиоСофт, 2009. — 360 с.
2. Сэлмон Д. Сжатие данных, изображений и звука: Учеб. пособие для вузов. — М.: Техносфера, 2004. — 368 с.
3. Сухман С. М., Бернов А. В., Шевкопляс Б. В. Синхронизация в телекоммуникационных системах. Анализ инженерных решений. — М.: Эко-Трендз, 2003. — 272 с.
4. Кудряшов Б. Д. Теория информации: Учебник для вузов. — СПб.: Питер, 2009. — 320 с.: ил.
5. Галлагер Р. Теория информации и надежная связь. Пер. с англ. под ред. М. С. Пинскера и Б. С. Цыбакова. М., Советское радио, 1974. — 720 с.
6. Стиффлер Д. Д. Теория синхронной связи. — М.: Связь. 1975. — 488 с.
7. Ковальский С. П. Определение параметров системы неравномерного кодирования // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия «Естественные и технические науки», -2018, -№ 6, -с. 69–72.
8. Таха Х., Введение в исследование операций. 6-е издание.: пер. с англ. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. — 912 с.: ил.
9. Корн Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров: определения, теоремы, формулы. пер. с англ. 5-е изд. — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1984. — 832 с.

© Ковальский Сергей Петрович (metal_forever@inbox.ru), Безручко Валерий Владимирович (vlvd@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»