

## МЕТОД ВОССТАНАВЛИВАЮЩЕГО КОДИРОВАНИЯ

### METHOD OF THE REGENERATION CODING

**Стародубцев Д.Е.**, старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Череповецкий государственный университет», Череповец, Россия

**Starodubtsev D.E.**, Senior Lecturer, Cherepovets State University, Cherepovets, Russia

**Горбунов В.А.**, доктор физико-математических наук, профессор, профессор, ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет», Вологда, Россия

**Gorbunov V.A.**, DrSc in Physics and Mathematics, Professor, Professor, Vologda State University, Vologda, Russia

**Плашенков В.В.**, доктор военных наук, профессор, профессор, ФГБОУ ВО «Череповецкий государственный университет», Череповец, Россия

**Plashenkov V.V.**, DrSc in Military, Professor, Professor, Cherepovets State University, Cherepovets, Russia

**Аннотация.** В статье предлагается метод регенерационного интерпретационного блочного кодирования информации, позволяющий осуществлять не только восстановление потерь блоков данных при передаче информации по зашумлённому акустическому каналу связи, но и передавать вместе с исходным сообщением метаданные без внесения в его состав и структуру какой бы то ни было избыточности. Вследствие того, что на сегодняшний день задача оперативной регенерации блоков потерянных данных при передаче по каналам связи с шумом представляет особую значимость практически во всех современных инфокоммуникационных системах, актуальность темы представленного в статье материала имеет первостепенное значение.

**Ключевые слова:** помехоустойчивое кодирование, регенерация блоков данных, акустический канал связи, акустический корпус, канал связи с шумом, кодирование, избыточность.

**Abstract.** The article proposes a method of regenerative interpretative block coding of information, which allows not only to restore the loss of data blocks during transmission of information over a noisy acoustic communication channel, but also to transmit metadata together with the original message without introducing any redundancy into its composition and structure. Due to the fact that today the task of operational regeneration of blocks of lost data during transmission over communication channels with noise is of particular importance in almost all modern infocommunication systems, the relevance of the topic of the material presented in the article is of paramount importance.

**Keywords:** error-correcting coding, data block regeneration, acoustic communication channel, acoustic body, communication channel with noise, coding, redundancy.

В наши дни существует огромное количество различных каналов передачи информации. Наиболее популярными из них являются проводные сети и всевозможные

технологии беспроводной телекоммуникации. Среди всего этого разнообразия до сих пор остаётся весьма актуальным акустический канал связи. В ряде ситуаций он даже обладает неоспоримыми преимуществами по сравнению с имеющимися альтернативами. Так, например, акустический канал передачи информации обладает следующими достоинствами при распространении сигнала [1, 2]:

- передача данных как по воздуху, так и по проводам;
- отсутствие юридических ограничений, регламентирующих использование определённых интерфейсов.

Передача информации по любому каналу всегда сопряжена с наличием в этом канале большого количества шумов. Данная проблема касается и акустического канала. Для её решения на практике существует два идеологически различных подхода [3-5]. Первый из них предполагает внесение в передаваемую информацию избыточности, посредством которой далее происходит детектирование и корректировка возникающих ошибок. Второй подход к решению проблемы подразумевает интерпретацию информации как некоторого контейнера определённого формата: неподвижного изображения, видео или аудио. Авторами данной статьи предлагается метод преобразования данных в акустический мелодический контейнер. Контейнер представляет собой как бы надстройку над передаваемой информацией. При этом каждая определённая порция данных неразрывно связана с некоторой частью надстройки. Таким образом, при потерях блоков данных требуется восстановить фрагмент контейнера, что в свою очередь позволяет регенерировать определённую часть исходной информации.

Предлагаемый нами метод преобразования сообщения в акустический мелодический контейнер для потенциальной регенерации в случае потерь данных по причине наличия шумов в канале передачи имеет следующие преимущества по сравнению с существующими альтернативами:

- регулирование объёма передаваемых данных;
- внесение дополнительной информации в передаваемое сообщение;
- внедрение в сообщение цифрового водяного знака;
- восстановление сообщения на основании любого блока контейнера произвольной размерности.

Преобразование исходной информации в несущий контейнер выполняется путём применения следующего алгоритма (см. Рис. 1).

1. Составление алфавита преобразования.
2. Формирование на алфавите интерпретационных звуко сочетаний.
3. Инициализация параметров преобразования.
4. Построение сети преобразования. Для организации процесса формирования корпуса наряду с матрицей переходных вероятностей требуются также вектор начальных вероятностей и матрица эмиссии (см. Табл. 1). Вектор начальных вероятностей необходим для идентификации вероятности нахождения в каждом из трёх возможных состояний цепи в момент времени начала генерации корпуса. Матрица эмиссии позволяет определить продуцирование определённого звуко сочетания при нахождении в некотором состоянии цепи после выполнения очередного итерационного перехода.

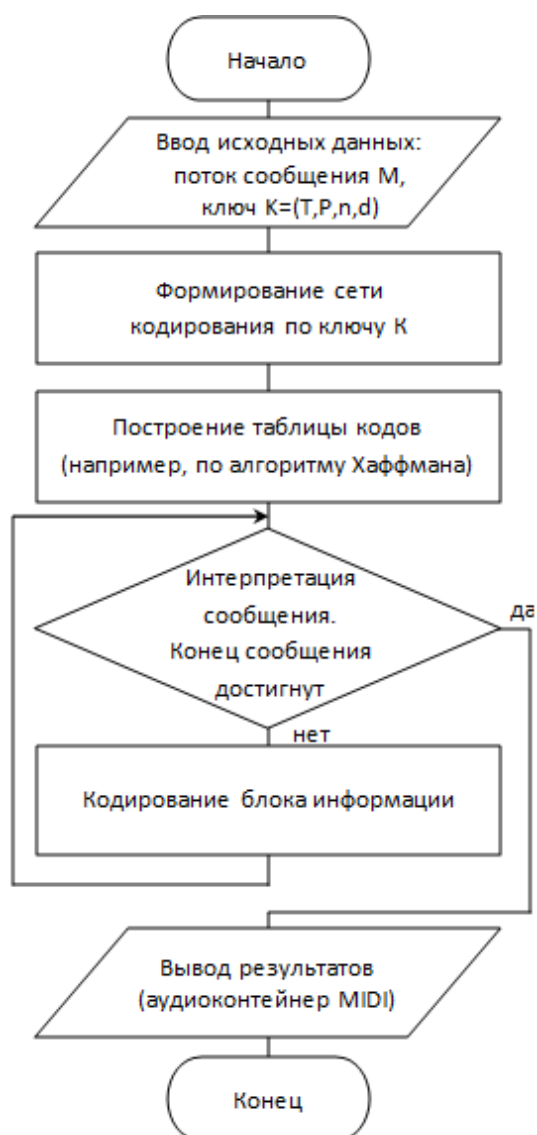


Рисунок 1 – Алгоритм преобразования исходного потока сообщения в акустический корпус

Таблица 1 – Матрица эмиссии

| Состояния | Сочетания частот |                |                |
|-----------|------------------|----------------|----------------|
|           | C <sub>1</sub>   | C <sub>2</sub> | C <sub>3</sub> |
| T         | 0,1              | 0,7            | 0,2            |
| S         | 0,3              | 0,2            | 0,5            |
| D         | 0,6              | 0,3            | 0,1            |

5. Формирование таблицы соответствия кодов.
6. Построение несущего мелодического контейнера.
7. Воспроизведение результирующего контейнера.

Оперативное импульсное восстановление исходных данных осуществляется с помощью окна связности. Например, по описанному в таблице 2 окну связности возможно провести прямой обход сформированного в таблице 3 корпуса для восстановления потери звена (C<sub>2</sub>; R<sub>2</sub>) в его структуре {(C<sub>1</sub>; R<sub>1</sub>), (C<sub>2</sub>; R<sub>2</sub>), (C<sub>3</sub>; R<sub>3</sub>)}.

Таблица 2 – Окно связности

| Звукосочетание | $C_1$ | $C_2$ | $C_3$ |
|----------------|-------|-------|-------|
| $C_1$          | 0     | $R_1$ | 0     |
| $C_2$          | 0     | 0     | $R_2$ |
| $C_3$          | $R_3$ | 0     | 0     |

Таблица 3 – Пример акустического корпуса

| Параметр корпуса   | Значения параметров |   |       |       |
|--------------------|---------------------|---|-------|-------|
| Номер такта        | 1                   | 2 | 3     | mmm   |
| Звукосочетание     | $C_1$               | - | $C_3$ | $C_1$ |
| Ритмическая связка | $R_1$               | - | $R_3$ | $R_i$ |

Описанный в данной статье метод имеет следующий спектр преимуществ по сравнению с существующими аналогами:

- восстановление данных без использования избыточности;
- восстановление блоков информации любой размерности;
- передача в составе контейнера дополнительной информации.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Удалов, А.П. Избыточное кодирование при передаче информации двоичными кодами / А.П. Удалов, Б.А. Супругин. – Москва: Связь, 1964. – 270 с.
2. Элиас, П. Безошибочное кодирование / П. Элиас // Коды с обнаружением и исправлением ошибок. – Москва, 2001. – С. 59-71.
3. Агеев, В.М. Теория информации и кодирования: дискретизация и кодирование измерительной информации / В.М. Агеев. – Москва: МАИ, 1977. – 59 с.
4. Заренин, Ю.Г. Корректирующие коды для передачи и обработки информации / Ю.Г. Заренин. – Киев: Техника, 1965. – 170 с.
5. Шастова, Г.А. Кодирование и помехоустойчивость передачи телемеханической информации / Г.А. Шастова. – Москва: Энергия, 1966. – 454 с.

### REFERENCES

1. Udalov, A.P. Redundant coding in the transmission of information by binary codes / A.P. Udalov, B.A. Suprugin. – Moscow: Svyaz, 1964. – 270 p.
2. Elias, P. Error-free coding / P. Elias // Codes with error detection and correction. – Moscow, 2001. – P. 59-71.
3. Ageyev, V.M. Information and coding theory: discretization and coding of measurement information / V.M. Ageyev. – Moscow: MAI, 1977. – 59 p.
4. Zarenin, Yu.G. Correction codes for the transmission and processing of information / Yu.G. Zarenin. – Kyiv: Tekhnika, 1965. – 170 p.
5. Shastova, G.A. Coding and noise immunity of telemechanical information transmission / G.A. Shastova. – Moscow: Energiya, 1966. – 454 p.