

УДК 621.391.037.372

Е.Г. Жилияков, С.П. Белов, А.В. Болдышев, Е.И. Прохоренко

boldyshev@bsu.edu.ru

ФГАОУ ВПО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»

## ОПТИМАЛЬНОЕ ДВОИЧНОЕ КОДИРОВАНИЕ УРОВНЕЙ РЕЧЕВЫХ ДАННЫХ<sup>1</sup>

Квантование по уровню [1] представляет собой операцию замены

$$x_i \rightarrow x_i^* = d_k, \quad (1)$$

если

$$x_i \in D_k, k=1, M \quad (2)$$

где  $D_k$  - интервалы квантования;  $d_k$  - уровни квантования;  $M$  - заранее определяемое количество уровней.

Для минимизации затрат на кодирование уровней целесообразно осуществлять выбор

$$M = 2^n, \quad (3)$$

так как при этом полностью будут использованы разряды двоичного кода уровней.

В докладе рассмотрены три вида квантования по уровню: равномерное квантование:

$$d_{k+1} = d_k + \Delta x, d_1 = x_{\min} + x/2, \quad (4)$$

$$\Delta x = (x_{\max} - x_{\min})/M. \quad (5)$$

Квантование на основе минимизации квадратичной нормы погрешности [2], когда уровни и интервалы квантования выбираются из условия минимума евклидовой нормы

$$\rho_{ME}^2 = \sum_{k=1}^M \sum_{i \in I_k} (x_i - d_k)^2 = \min, \forall \vec{d} = (d_1, \dots, d_M)^T, \quad (6)$$

и квантование на основе минимизации абсолютной погрешности (манхэттенская метрика) [2]

$$\rho_{MM}^2 = \sum_{k=1}^M \sum_{i \in I_k} |x_i - d_k| = \min, \forall \vec{d} = (d_1, \dots, d_M)^T \quad (7)$$

где  $I_k$  - множество индексов квантуемой величины, когда выполняется (2).

В случае использования принципа (6) уровни квантования вычисляются следующим образом:

$$d_k = \sum_{i \in I_k} z_i / \text{int } I_k, \quad z_i \in D_k \quad (8)$$

где  $z_i$  - упорядоченная по возрастанию последовательность исходных кодов, т.е.

$$z_i \in \{x_k\}, k=1, \dots, N, z_i < z_{i+1}, i=1, \dots, N-1. \quad (9)$$

Интервалы квантования определяются с помощью итерационной процедуры деления последовательности на две части с остановом, когда достигается минимум (6) на соответствующем шаге. Т.е. сначала полагаем  $M=2$  и ищем границу индекса  $G_2$ , когда выполняется

$$\sum_{i=1}^G (z_i - \sum_{k=1}^G \frac{z_k}{G})^2 + \sum_{i=G+1}^N (z_i - \sum_{k=G+1}^N \frac{z_k}{(N-G)})^2 = \min_G \quad (10)$$

Процесс повторяется для последовательностей  $(z_1, \dots, z_{G_2})$  и  $(z_{G_2}, \dots, N)$ , т.е. когда  $M=4$  и т.д.

Условию (7) удовлетворяют уровни квантования

$$d_k = z_{is}, \quad (11)$$

где  $z_{is}$  - срединное значение индекса подпоследовательности  $z_{is} \in D_k, i \in I_k$ .

Поиск интервалов и уровней квантования осуществляется аналогично.

Для вычисления относительной погрешности квантования использовались следующие выражения: для квантования вида (6)

$$\epsilon_{ME} = \sqrt{\left( \frac{\|\bar{x} - \hat{\bar{x}}\|^2}{\|\bar{x}\|^2} \right)}, \quad (12)$$

для квантования вида (7)

$$\epsilon_{MM} = \left( \frac{\sum_{i=1}^N |x_i - \hat{x}_i|}{\sum_{i=1}^N |x_i|} \right). \quad (13)$$

где черта сверху означает усреднение.

Для равномерного квантования погрешность оценивалась как по выражению (12), так и по выражению (13). В таблице 1 приведены результаты апробации предложенных подходов к квантованию при  $M=2$  ( $\epsilon_{равнЕ}$ ,  $\epsilon_{равнМ}$  - погрешности восстановления при равномерном квантовании, нормированные к средней и абсолютным величинам соответственно).

Квантованию подвергались отрезки речевого сигнала, соответствующие звукам русской речи (длительность отрезка  $N=127$ ).

Таблица 1 – Погрешность квантования при  $M=2$

ЗВУК	$\epsilon_{MM}$	$\epsilon_{равнМ}$	$\epsilon_{ME}$	$\epsilon_{равнЕ}$
А	0,09	0,09	0,22	0,23
Е	0,08	0,07	0,19	0,20
Ч	0,29	0,33	0,42	0,50
Ш	0,21	0,24	0,36	0,42

### Список литературы

1. Умняшкин, С.В. Теоретические основы цифровой обработки и представления сигналов [Текст] / С.В. Умняшкин – М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2009. – 304 с.
2. Болдышев, А.В. Оптимальное двоичное кодирование уровней речевых данных / Е.Г. Жилияков, С.П. Белов, Е.И. Прохоренко, А.В. Болдышев, А.А. Фирсова // «Вопросы радиоэлектроники», серия ЭВТ, 2013, февраль, вып. 1. – С. 110-115.

<sup>1</sup> Работа выполнена в рамках гранта РФФИ № 12-07-00514-а