

14. Black P., Lane A.W. Modeling Quantum Information Systems. – URL: <http://hissa.nist.gov/~black/Papers/modelQuantSimSPIE04.html> (дата обращения 10.04.09).
15. Nielsen M.A., Chuang I.L. Quantum Computation and Quantum Information// Cambridge University Press, 2000. – 708 p.
16. Chuang I.L., Gershenfeld N., Kubinec M. // Phys. Rev. Lett. – 1998. Vol.80. – P. 3408.
17. Jones J.A., Mosca M., Hansen R.H. // Nature. – 1998. Vol. 393. – P. 344.
18. Nogue G., Rauschenbeutel A., Osnaghi S. // Nature. – 1999. Vol. 400. – P. 239.

Гузик Вячеслав Филиппович

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

E-mail: gvf@tsure.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 88634371656.

Гушанский Сергей Михайлович

E-mail: kron@pbox.ttn.ru.

Guzik Viacheslav Philippovich

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: gvf@tsure.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: 88634371656.

Gushanskiy Sergey Mikhaylovich

E-mail: kron@pbox.ttn.ru.

УДК 681.3.069

П.П. Кравченко, В.А. Каграманянц

**О КОМПРЕССИИ АУДИОСИГНАЛОВ НА ОСНОВЕ
ОПТИМИЗИРОВАННЫХ ДЕЛЬТА-ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ВТОРОГО
ПОРЯДКА**

Рассматривается подход к сжатию аудиосигналов на основе оптимизированного дельта-преобразования второго порядка со сглаживанием. Обсуждаются вопросы дополнительного повышения степени компрессии дельта-преобразователя за счет увеличения избыточности дельта-последовательности.

Компрессия; аудио; дельта-преобразование.

P.P. Kravchenko, V.A. Kagramanyants

**ABOUT COMPRESSION OF AUDIO-SIGNALS BASED ON OPTIMIZED
DELTA-TRANSFORMATIONS OF SECOND ORDER.**

The article discusses a method of compression of audio-signals based on optimized delta-modulation of second order with anti-aliasing. The questions of advanced compression ratio increase with the help of increasing redundancy of delta-sequence are also analyzed.

Compression; audio; delta-modulation.

В современном мире объем хранимых и передаваемых по телекоммуникационным системам данных ежегодно возрастает. Этим объясняется повышенное

внимание к поиску эффективных методов сжатия сигналов. Одним из способов компрессии сигналов является метод на основе оптимизированных дельта-преобразований второго порядка, характеризующийся низкой трудоемкостью по сравнению с другими известными методами, который состоит в следующем [1].

Входной оцифрованный с определенной частотой дискретизации сигнал поступает в кодер в виде последовательности отсчетов в формате линейной импульсно-кодовой модуляции, которые разделяются во временной области на непрерывающиеся фрагменты (окна). Для каждого фрагмента осуществляется расчет веса (модуля) кванта модуляции. Условия стыковки и начальные условия соседних аудиофрагментов пересчитываются в зависимости от соотношения весов квантов модуляции цифрового преобразования и значений промежуточных частот дискретизации. После этого к звуковым отсчетам фрагмента применяется алгоритм оптимизированного дельта-преобразования второго порядка со сглаживанием. Полученные компрессированные данные передаются на сторону декодера. В декодере на основании полученной последовательности знаков квантов цифрового преобразования и начальных условий выполняется декодирование значений отсчетов аудиофрагмента.

Модуляция с применением оптимизированного дельта-преобразования второго порядка со сглаживанием (без использования промежуточной частоты дискретизации и адаптации веса модуля кванта преобразования) может быть произведена по следующему алгоритму [1]:

$$\left. \begin{aligned} z_i &= Y_i - y_i; \\ \nabla Y_i &= Y_i - Y_{i-1}; \\ \nabla y_{i-1}^* &= \frac{y_{i+n} - y_i}{n}; n \geq 1; \\ \nabla z_i^* &= \nabla Y_i - \nabla y_{i-1}^*; \\ \Delta_{i+1} &= -\text{sign}(z_i + 1.5\nabla z_i^* + (0.5\nabla z_i^{*2}/c - 0.125c)\text{sign}(\nabla z_i^*)); \\ c^* &\geq c; \quad c > 0, \end{aligned} \right\}$$

где $y_i = y(t)$, $i = 0, 1, 2, \dots$ – значения амплитуды входного сигнала, Y_i – значения аппроксимирующей функции, z_i – ошибка преобразования, а c^* – постоянная величина, определяющая вес модуля кванта преобразования.

Далее по каналу связи достаточно лишь передавать один разряд знака второй разности Δ_{i+1} , за счет чего и достигается сжатие исходного сигнала. На принимаемой стороне демодуляция выполняется следующим образом:

$$\left. \begin{aligned} \nabla^2 Y_{i+1} &= c^* \Delta_{i+1}; \\ \nabla Y_{i+1} &= \nabla Y_i + \nabla^2 Y_{i+1}; \\ Y_{i+1} &= Y_i + \nabla Y_{i+1}; \\ c^* &> 0, \end{aligned} \right\}$$

где Y_i – предыдущее значение аппроксимирующей функции, Y_{i+1} – текущее значение аппроксимирующей функции, ∇Y_{i+1} и $\nabla^2 Y_{i+1}$ – первая и вторая разности соответственно.

Выбор веса кванта модуляции оказывает влияние на возникновение перегрузок по крутизне и появление гранулярного шума (шума квантования), причем влияние перегрузки по крутизне оказывает меньшее воздействие на восприятие восстановленного звукового сигнала и отличается от воздействия шума квантования. Ошибка, связанная с перегрузкой по крутизне, коррелируется с исходным сигналом, имеет составляющие, идентичные по частоте и близкие по фазе основным компонентам входного сигнала [2, 3]. Это ослабевает влияние перегрузки по крутизне на качество преобразования (кодирования). Шум квантования практически не коррелирован с исходным сигналом и, следовательно, намного более заметен для слушателя, чем шум перегрузки по крутизне при эквивалентном уровне мощности [3, 4].

Принцип кодирования звуковых данных по отдельным фрагментам позволяет выбрать наилучшую величину веса кванта модуляции для каждого фрагмента, которые, в свою очередь, отличаются различной интенсивностью изменения исходных амплитуд аудиоданных. В качестве метода определения c^* можно воспользоваться следующими соотношениями [1]:

$$\begin{aligned}\xi_{n, cp} &\approx \nabla^2 y_{n, cp}; \\ c_n^* &= \frac{\xi_{n, cp}}{\kappa}; \\ \kappa &= 0, 2 \div 0, 3,\end{aligned}$$

где $\nabla^2 y_{n, cp}$ – среднее значение $\nabla^2 y$ на фрагменте n , а $\xi_{n, cp}$ – среднее значение максимального уровня наихудших воздействий на этом фрагменте.

Частота дискретизации в процессе всей продолжительности преобразований может быть постоянной. Однако необходимость оперативного управления промежуточной частотой дискретизации в процессе компрессии и передачи информации возникает, например, в связи со следующими обстоятельствами:

- ◆ обеспечение наилучшего качества кодирования при допустимой степени компрессии;
- ◆ наибольшее сжатие при достаточном качестве кодирования;
- ◆ обеспечение компрессии, соответствующей текущей пропускной способности сети передачи данных при возможном временном ухудшении или улучшении качества кодирования.

Формирование промежуточной частоты дискретизации (поддискретизации) [5] и, как следствие, управление качеством кодирования и скоростью выходного битового потока кодера возможно посредством добавления промежуточных отсчетов (учащения) во фрагменты звуковых данных путем интерполяции или удаления отсчетов звуковых данных из аудиофрагмента (прореживание).

Рассмотренный метод компрессии аудиосигналов характеризуется низкой трудоемкостью по сравнению с другими известными методами, однако уступает им по степени сжатия исходного сигнала [1]. Поэтому актуальной является задача повышения степени компрессии дельта-последовательности на выходе дельта-кодека. Однако обычные методы компрессии данных не применимы для сжатия дельта-последовательности, поскольку получаемый поток данных характеризуется низкой информационной избыточностью [1].

Для решения задачи увеличения степени компрессии рассмотрим методы повышения информационной избыточности дельта-последовательности.

Примерный вид функции амплитуды аудиосигнала от времени представлен на рис. 1. Касательная в вершинах функции сигнала горизонтальна, т.е. производная равна нулю, а знак производной по разные стороны вершины различен. В терминах дельта-преобразования это означает, что при прохождении вершины приращение аппроксимирующей функции ∇Y_i должно быть равно нулю. Если принять в качестве начальных условий $\nabla Y_0=0$, то становится возможным разбиение дельта-последовательности на участки, на концах которых значение ∇Y_i будет равно нулю.

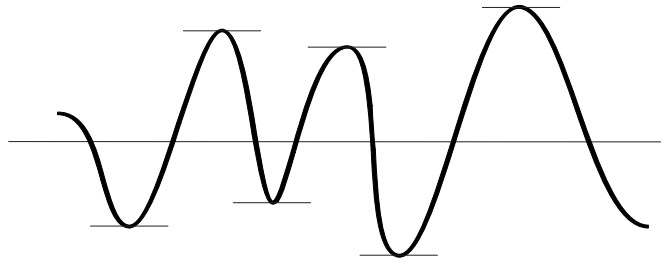


Рис. 1. Вид функции амплитуды аудиосигнала от времени

Поскольку $\nabla Y_0=0$, а $\nabla Y_i=c*\Delta_i$ при $c^* = const$, очевидно, что на таких участках последовательности для аппроксимирующей функции будет равное число дельта-бит "0" и "1" (соответствующих значениям "+1" и "-1" Δ_i). Если принять условие изменения знака ∇Y по разные стороны от точки $\nabla Y_i=0$, то это означает, что значения $\Delta_{i(n)}$, соответствующие началу n -го отрезка, будут чередоваться, т.е. $\Delta_{i(n)} = -\Delta_{i(n+1)} = \Delta_{i(n+2)} = -\Delta_{i(n+3)} = \dots$ и т.д. Данные особенности являются основой для модификации кодовых последовательностей с целью дополнительного повышения компрессии.

Рассмотренные принципы модификации компрессированного кода, полученного на основе оптимизированных дельта-преобразований второго порядка, позволяют реализовывать дополнительное повышение степени компрессии для периодически изменяющихся сигналов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Кравченко П.П.* Основы теории оптимизированных дельта-преобразований второго порядка. Цифровое управление, сжатие и параллельная обработка информации: Монография. – Таганрог: Изд-во ТИ ЮФУ, 2008. – 194 с.
2. *Венедиктов М.Д., Желевский Ю.П., Марков В.В., Эйдуз Г.С.* Дельта-модуляция. Теория и применение. – М.: Связь, 1976. – 224 с.
3. *Стил Р.* Принципы дельта-модуляции / Под ред. В.В. Маркова. – М.: Связь, 1979. – 368 с.
4. *Феер К.* Беспроводная цифровая связь. – М.: Радио и связь, 2000. – 520 с.
5. *Пилипчук Н.И., Яковлев В.П.* Адаптивная импульсно-кодовая модуляция. – М.: Радио и связь, 2002. – 296 с.

Кравченко Павел Павлович

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

E-mail: kravch@tsure.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 88634314945.

Каграманянц Виктор Александрович

E-mail: vict@mopevm.tsure.ru.

Kravchenko Pavel Pavlovich

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

E-mail: kravch@tsure.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: 88634314945.

Kagramanyants Victor Alexandrovich

E-mail: vict@mopevm.tsure.ru.

УДК 528

В.С. Василенко

ОПТИМИЗАЦИЯ ПОИСКА АЛГОРИТМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ В ПРОСТРАНСТВЕ ВЕРСИЙ В ЭКСПЕРТНЫХ ГИС

Рассмотрены достоинства и недостатки алгоритма автоматического поиска решения задач в ГИС. Предложен способ оптимизации этого алгоритма.

Геоинформационная система; картография; пространство версий.

V.S. Vasilenko

OPTIMIZATION OF THE TASK SOLUTION ALGORITHM SEARCH IN THE VERSION SPACE OF EXPERT GIS

Merits and demerits of automatic scan of problem solving algorithm in GIS are considered. The way of optimisation of this algorithm is offered.

A geointelligence system; cartography; version space.

Современные геоинформационные системы (ГИС) являются автоматизированными информационными системами, предназначенными для обработки пространственно-временных данных, основой интеграции которых служит географическая информация [1]. При этом большинство существующих геоинформационных систем, таких, как система Geo Base, продукт ArcGIS компании ESRI, семейство продуктов GeoMedia корпорации Intergraph, MapInfo компании Pitney Bowes MapInfo, сводят процесс автоматизации к предоставлению конечному пользователю возможностей СУБД, редакторов растровой и векторной графики и набора высокоуровневых аналитических средств [2]. Решение некоторой картографической задачи в таких ГИС, а именно построение тематической карты, отвечающей требованиям предметной области, представляет собой достаточно трудоемкий процесс, требующий экспертных знаний в области геоинформатики.

В общем случае решение картографической задачи в современных ГИС состоит из формулировки задачи, анализа набора инструментальных средств, предоставляемых конкретной системой, анализа картографических данных, представленных в исследуемой области, выборки полезных картографических объектов на основе определенных цензов и формирования из них тематических слоев, выполнении над полученными слоями ряда аналитических операций и группировании их в тематическую карту [3]. Такой подход обладает рядом принципиальных недостатков – требует от пользователя наличия экспертных знаний в области решения картографических задач, требует широкой полосы пропускания информационного