УДК 621.327:681.5

М.Г. Луцкий,
доктор технических наук, профессор,
И.Е. Рогоза,
А.О. Демедецкий

ОБОСНОВАНИЕ АДАПТИВНОГО ОДНООСНОВНОГО ПОЗИЦИОННОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ БИТОВЫХ ПЛОСКОСТЕЙ ТРАНСФОРМАНТ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Излагается необходимость дальнейшего развития технологий компрессии. Обоснована технология компактного представления бинарного описания трансформант в рамках позиционного кодирования последовательностей одномерных длин серий двоичных областей. Выявлены потенциальные возможности относительно сокращения объема на представление трансформанты, которые достигаются в результате выявления пространственных ограничений на последовательностях длин серий двоичных элементов.

Ключевые слова: *трансформанта, битовая плоскость, одноосновное кодирование.*

Висловлюється необхідність подальшого розвитку технологій компресії. Обґрунтована технологія компактного представлення бінарного опису трансформант в рамках позиційного кодування послідовностей одновимірних довжин серій двійкових областей. Виявлені потенційні можливості щодо скорочення об'єму на представлення трансформанти, які досягаються в результаті виявлення просторових обмежень на послідовностях довжин серій двійкових елементів.

Ключові слова: *трансформанта, бітова плоскість, одноосновне кодування.*

The necessity of the further development of the technologies of compression is stated. Technology of a compact presentation of binary description of transforms is grounded within the framework position encoding of sequences of one-dimensional lengths of carouses of binary areas. Potential possibilities are defined in relation to the reduction of the volume on presentation of transform which are the result of an exposure of spatial limitations on the sequences of lengths of carouses of binary elements.

Keywords: *transform, binary description, position encoding.*

В настоящее время широкое распространение получили сервисы, предоставляющие видеоинформационные услуги с использованием проводных стационарных и беспроводных мобильных телекоммуникационных технологий [1; 2]. В современных инфокоммуникационных системах для снижения объемов видеоинформации используются технологии компрессии изображений [3–4]. Это позволяет снизить объемы видеоданных и организовывать передачу изображений нормального SD качества по высокоскоростным каналам связи. Однако с ростом размеров изображений обеспечиваемые степени сжатия оказываются недостаточными. Значит, снижение объемов видеоданных, передаваемых в инфокоммуникационных системах при сохранении заданного качества визуализации, является *актуальной научно-прикладной задачей.*

В качестве базового направления необходимо использовать технологию сжатия, позволяющую сокращать объем реалистических изображений в режиме наличия ограниченных потерь их качества. Технологией компрессии изображений, соответствующей данным требованиям, является технология JPEG. Однако большая степень сжатия достигается в основном за счет сокращения психовизуальной избыточности, что приводит к потери качества восстановленных изображений [4]. Для выхода из такой ситуации предлагается использовать реализацию процесса сокращения избыточности в битовом описании трансформант дискретного косинусного преобразований [5]. Тогда учитываются особенности компонент трансформант как то, что битовое представление компонент трансформант содержит зоны нулевых элементов. Отсюда, *цель исследований* состоит в обосновании выбора технологии для сжатия битового представления трансформант.

Анализ технологий кодирования двоичных данных

В процессе выбора подхода для обработки битового представления трансформированных изображений требуется обеспечить не только сокращение избыточности для заданных параметров визуализации, но и снижение количества операций на обработку. В общем случае технология компрессии битового описания трансформант задается следующей последовательностью [4; 5]. На первом этапе выполняется предварительная обработка потока двоичных данных для устранения избыточности обусловленной пространственным расположением двоичных элементов. На втором этапе проводится статистическое кодирование для устранения пространственной избыточности в массивах промежуточного представления.

Методы предварительной обработки массивов бинарных данных различаются в зависимости от типа пространственных характеристик. Здесь используются такие характеристики, как описание позиционирования областей двоичных элементов и размеров этих областей [5].

Методы обработки на основе позиционирования областей двоичных данных строятся на основе представление каждого контура с помощью набора граничных точек и направляющих. Методы данного класса позволяют более точно описать контурные объекты бинарного представления. В тоже время платой за это является резкое увеличение количества разрядов на представление маркеров начала и конца контура и элементов двухкомпонентных векторов. Основной недостаток методов данного подхода состоит в увеличении сложности выявления контуров. Количество операций на обработку бинарных массивов может превысить количество операций на дискретное косинусное преобразование. Для упрощения обработки бинарного описания трансформант предлагается использовать пространственные характеристики на основе выявления размеров объектов.

Представителем такого подхода является метод кодирования областей постоянства. Недостатком таких методов является необходимость построения префиксных кодов по статистическим характеристикам. В тоже время в случае обработки бинарных массивов, имеющих нестационарные статистические характеристики, получим снижение эффективности обработки, которое проявляется в снижении степени сжатия.

Для выхода из такой ситуации предлагается использовать подход, основанный на прямом описании структурных характеристик. Наиболее вычислительно эффективным представителем структурного описания является выявление серий двоичных элементов (СДЭ). В этом случае строки бинарного массива заменяются последовательностью длин ν серий, содержащих одинаковые элементы.

Возможны два базовых подхода для кодирования длин серий ДЭ. Первый подход основан на кодировании каждой длины серии в отдельности. Второй подход, наоборот, базируется на формировании кода для последовательности длин СДЭ. Первый подход в свою очередь разделяется на методы равномерного и неравномерного статистического кодирования. Равномерное кодирование не учитывает неравномерность значений длин СДЭ, и связано с необходимостью передачи на приемную сторону дополнительной служебной информации, содержащей значения максимальных длин серий в строках бинарного массива.

Устранить первый недостаток можно за счет неравномерного поэлементного кодирования. В тоже время, такой подход требует наличия неравномерности распределения и использует для однозначного декодирования префиксные кодовые комбинации. Данные особенности при обработке нестационарных по статистике бинарных массивов приведут к снижению степени сжатия.

Устранить недостаток, вызванный условием префиксности позволяет арифметическое кодирование. Однако эффективность арифметического кодирования зависит от точности выбора статистической модели для обрабатываемой последовательности длин СДЭ. Адекватность такой модели снижается для бинарных массивов с повышенной частотой смены значений двоичных элементов.

Обоснование подхода для сжатия битового описания трансформант

Для устранения недостатков, свойственных арифметическому кодированию в процессе обработки последовательностей длин серий двоичных элементов, предлагается использовать систему позиционного кодирования с адаптивным основанием [2–5].

Адаптивное позиционное кодирование – это процесс формирования кода для позиционного числа с адаптивным выбором основания. В свою очередь позиционным числом с адаптивным выбором основания называется последовательность элементов $\{\nu_1,...,\nu_s,...,\nu_S\}$, для которых основание p_s выбирается в процессе выявления закономерностей, т.е. в результате предварительной обработки.

В случае, если оснований будет несколько, и для них выполняются условия $p_s \neq p_\gamma$, где $s=\overline{1,S}$ и $\gamma \neq s$, то для оснований элементов позиционного числа выполняется свойство неравновесности. Поскольку для позиционного числа значения весовых коэффициентов зависят от позиции элемента в числе, то величина кода C формируется по формуле

$$C=\nu_1\prod_{s=2}^{S}p_s+\nu_2\prod_{s=3}^{S}p_s+...+\nu_\theta\prod_{s=\theta+1}^{S}p_s+...+\nu_{S-1}p_s+\nu_S=\sum_{s=1}^{S}\nu_s\prod_{\gamma=s+1}^{S}p_\gamma,$$

где S – количество элементов в позиционном числе.

Для одноосновного позиционного числа с адаптивным выбором основания p величина кода C(p) определяется с помощью выражения

$$C=\nu_1 p^{S-1}+\nu_2 p^{S-2}+...+\nu_\theta p^{S-\theta}+...+\nu_{S-1}p+\nu_S=\sum_{s=1}^{S}\nu_s p^{S-s}.$$

Для подхода, когда для всех элементов последовательности формируется один код C, величина коэффициента $\eta'_{бм}$ сжатия будет равна

.

$$\eta'_{бм} = (\sum_{s=1}^{S} \nu_s) / ([\ell og_2 C] + 1).$$

В этой формуле объем количества разрядов на представление кода C определяется как $([\ell og_2 C] + 1)$. Соответственно среднее количество $\overline{\nu}_\nu$ двоичных разрядов, приходящееся на одну длину серии ДЭ, оценивается как

$$\overline{\nu}_\nu = ([\ell og_2 C] + 1) / S.$$

Сокращение объема на бинарное описание будет достигаться, если выполняется условие $\eta'_{бм} > 1$, т. е. $[\ell og_2 C] + 1 < \sum_{s=1}^{S} \nu_s$. Для обоснования эффективности позиционного кодирования последовательностей длин СДЭ воспользуемся оценкой максимального значения кода C. Согласно которой выполняется неравенство

$$C \le (p^S) - 1, \qquad (1)$$

где p^S – накопленное произведение оснований элементов позиционного числа с адаптивным основанием p.

Представим величину основания p в виде суммы двух слагаемых, а именно $p = (2^{[\ell og_2 p]} + \Delta)$. Здесь Δ – разность между величинами p и $2^{[\ell og_2 p]}$. Причем поскольку $2^{[\ell og_2 p]} \le p$, то $\Delta \ge 0$. В свою очередь $2^{[\ell og_2 p]}$ – ближайшее число к величине p, кратное степени 2. В зависимости от значения величины Δ могут выполняться следующие условия:

$$\begin{cases} p < 2^{[\ell og_2 p]+1}, \rightarrow \Delta \ge 1; \\ p = 2^{[\ell og_2 p]}, \quad \rightarrow \Delta = 0. \end{cases} \qquad (2)$$

Введем знаковую функцию $\mathrm{sign}(\Delta)$, которая задается следующим образом:

$$\mathrm{sign}(\Delta) = \begin{cases} 1, \rightarrow \Delta \ge 1; \\ 0, \rightarrow \Delta = 0. \end{cases}$$

В результате чего система формул (2) обобщится соотношением

$$p \le 2^{[\ell og_2 p] + \mathrm{sign}(\Delta)}.$$

Соответственно вычислим накопленное произведение по всем основаниям элементов позиционного числа для левой и правой частей данного соотношения, и получим $p^S \le 2^{S([\ell og_2 p]+sign(\Delta))}$.

Согласно соотношению (1) левая часть неравенства равна верхней границе кода позиционного числа с основанием p. Поэтому ее можно использовать для оценки максимального количества разрядов на представление кода C. Для этого требуется вычислить величину $[\ell og_2(p^S-1]+1]$, оценка которой на основе полученного соотношения определяется как

$$[\ell og_2(p^S-1]+1] \le [\ell og_2(2^{S([\ell og_2 p]+sign(\Delta))})-1]+1.$$

Распишем правую часть полученного соотношения следующим образом

$$[\ell og_2(2^{S([\ell og_2 p]+sign(\Delta))})-1]+1 = S([\ell og_2 p]+sign(\Delta)).$$

Поскольку максимальное значение знаковой функции равно единице, то в результате получим следующую оценку $[\ell og_2(p^S-1]+1] \le S([\ell og_2 p]+1)$.

С другой стороны, учитывая что $([\ell og_2 p]+1) \le p$, правая часть данного соотношения перепишется в виде $[\ell og_2(p^S)-1]+1 \le Sp$.

По определению адаптивного позиционного числа основание его элемента выбирается из принципа $\nu_s = p-1$. С другой стороны длина серии ДЭ по определению не может быть меньшей единицы, т. е. $\nu_s \ge 1$. Откуда введем основания $p' = p-1$. Тогда $Sp' = \sum_{s=1}^{S}\nu_s$, и $[\ell og_2(p'^S)-1]+1 \le \sum_{s=1}^{S}\nu_s$. Следовательно, выполняется неравенство $[\ell og_2 C]+1 < \sum_{s=1}^{S}\nu_s$. Значит, в результате адаптивного одноосновного позиционного кодирования последовательностей длин СДЭ обеспечивается сокращение объема бинарного описания в независимости от их статистических характеристик.

На основе изложенного материала можно заключить следующее:

– с позиции учета пространственной структуры бинарного описания предпочтительным предварительным преобразованием является выявление размеров двоичных объектов на основе кодирования длин серий;

– адаптивное одноосновное позиционное (АОП) кодирование последовательности длин серий ДЭ обеспечивает сокращение объема бинарного описания.

Выводы

Обоснована технология компактного представления бинарного описания трансформант в рамках адаптивного одноосновно позиционного кодирования последовательностей одномерных длин серий двоичных областей. В частности:

1) с позиции учета пространственной структуры бинарного описания в условиях сокращения сложности обработки показано, что наиболее предпочтительным предварительным преобразованием является выявление размеров двоичных объектов на основе кодирования длин двоичных элементов;

2) адаптивное позиционное кодирование последовательности длин серий двоичных элементов обеспечивает сокращение объема бинарного описания. Степень сжатия достигается в условиях нестационарности статистических характеристик длин двоичных элементов.

Потенциальные возможности относительно сокращения объема на представление трансформанты достигается в результате выявления пространственных ограничений на последовательностях длин серий двоичных элементов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Олифер В.Г.* Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы : учеб. для вузов / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. – СПб. : Питер, 2006. – 958 с.
2. *Баранник В.В.* Кодирование трансформированных изображений в инфокоммуникационных системах / В.В. Баранник, В.П. Поляков. – Х. : ХУПС, 2010. – 212 с.
3. *Barannik V.* Image Encoding Design Based On 2-D Combinatory Transformation / V. Barannik., V. Hahanov // International Symposium [IIEEE East-West Design & TestI], (Yerevan, Armenia, September 7 – 10, 2007) / Yerevan: 2007. – P. 124–127.
4. *Barannik V.* Method Of Encoding Transformant Uolsha Is In Systems Air Monitoring Of Earth / V. Barannik., A. Yakovenko, A. Krasnorutkiy // International Conference TCSET'2009 [IModern problems of radio engineering, telecommunications and computer science] (Lviv-Slavsko, Ukraine, February 19–23, 2009) / Lviv Polytechnic National University, 2009. – P. 381–383.
5. *Баранник В.В.* Метод сжатия изображений на основе неравновесного позиционного кодирования битовых плоскостей / В.В. Баранник, Н.К. Гулак, Н.А. Королева // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – Х. : ХНАУ "ХАІ", 2009. – Вип. 1. – С. 55–61.

Отримано 16.04.2013