

УДК 621.327:681.5

М.Г. ЛУЦКИЙ, А.К. ЮДИН, И.Е. РОГОЗА

Национальный авиационный университет, Киев.

МЕТОДОЛОГИЯ АДАПТИВНОГО ОДНООСНОВНОГО ПОЗИЦИОННОГО КОДИРОВАНИЯ МАССИВОВ ДЛИН СЕРИЙ ДВОИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Показано, что существующий подход относительно кодирования битового описания трансформант на основе неравновесного позиционного кодирования с предварительным построением массивов длин серий двоичных элементов имеет ряд недостатков. Выявляются недостатки, влияющие на снижение результирующей степени сжатия и увеличение времени на обработку. Излагаются основные этапы построения методологии одноосновного позиционного кодирования массивов длин серий двоичных элементов. Проводится оценка и обосновываются преимущества предложенного направления относительно совершенствования технологий компрессии видеоданных.

Ключевые слова: трансформанта, битовая плоскость, одноосновное кодирование.

Введение

Постановка проблемы и анализ литературы. Развитие инфокоммуникационных технологий (ИТ) проводится в направлении повышения качества предоставления сервисных услуг [1]. Наибольшая проблема возникает в случае предоставления видеoinформационных услуг. В связи с чем для повышения эффективности видеoinформационного обмена в ИТ интегрируются технологии компрессии изображений [2; 3]. Здесь наиболее популярными являются технологии на базе JPEG платформы [2 - 4]. Данные подходы обеспечивают снижение объемов видеоданных до 30 раз. Однако в современных условиях формирования видеoinформационных услуг таких характеристик оказывается недостаточно. Это обусловлено как ростом размеров изображений, так и повышением требований относительно их качества визуального восприятия. Такая ситуация приводит к появлению существенных задержек и снижению качества декодируемых изображений [3 - 5].

Значит, сокращение объемов видеоданных при заданных размерах изображений качества их визуального восприятия является **актуальной научно-прикладной тематикой**.

Одно из направлений совершенствования технологий сжатия состоит в совершенствовании методов кодирования битовых плоскостей. Такой подход рассматривается в работах [4; 5]. Показано, что перспективным направлением является кодирование битового описания трансформанты (БОТ) с предварительным выявлением серий двоичных элементов (СДЭ). Последующее кодирование массивов СДЭ организуется на основе неравновесного позиционного кодирования [4; 5]. В тоже время такой подход

имеет ряд недостатков, состоящих в увеличении количества служебных данных и ростом задержек на обработку.

Поэтому предлагается усовершенствовать технологию кодирования БОТ. Отсюда: **цель исследований** состоит в разработке методологии позиционного кодирования битового описания трансформант с построением массивов длин серий двоичных элементов.

Разработка методологии адаптивного кодирования массивов длин серий двоичных элементов

Рассмотрим особенности адаптивного одноосновного позиционного (АОП) кодирования для бинарного описания трансформант. Перед выполнением адаптивного одноосновного позиционного кодирования выявленные длины серий двоичных элементов группируются в массивы A_V . Это позволяет:

- выделить границы АОП чисел, тем самым упростить контроль за потерей информацией в результате переполнения равномерного кодового слова;

- формировать адаптивное основание позиционных чисел для нескольких длин серий ДЭ, тем самым сократить количество служебной информации.

Рассмотрим сначала неравновесное позиционное (НП) число [4]. Основания НП числа предлагается определять по строкам массива A_V . Поскольку по определению позиционного числа, основания его элементов должны превышать значе-

ния элементов как минимум на единицу, то

$$p_s = \max\{v_{s,\tau}\} + 1, \quad s = \overline{1, S}.$$

Тогда для массива длин СДЭ образуется вектор $P = \{p_s\}$ длиной S элементов. Здесь S - количество строк в массиве A_v . В этом случае неравномерность оснований будет выполняться для элементов столбцов массива A_v . Следовательно, НП числа необходимо формировать для столбцов массива длин СДЭ. Соответственно для элементов НП чисел, расположенных на одной строке массива A_v основание будет общим. Вектор оснований будет общим для всех НП чисел текущего массива длин СДЭ.

Для предложенной технологии кодирования потерь информации удастся избежать при выполнении двух ключевых условий:

- правильного определения границ кодовых слов, содержащих информацию о коде НП числа;
- безошибочного декодирования кода C и взаимнооднозначной расстановки элементов НП числа на позиции в массиве длин СДЭ.

Выявление границ кодовых слов осуществляется по принципу определения их длин V_c и количества. Здесь принимается в расчет условие равномерности кодовых слов. Длина V_c кодового слова для заданной длины S неравновесного позиционного числа выбирается из условия того, что максимально возможное значение кода C_k будет ограничено величиной произведения оснований, т.е.

$$C_k \leq \left(\prod_{s=1}^S p_s \right) - 1.$$

В этом случае длина кодового слова определяется как

$$V_c = \lceil \log_2 \prod_{s=1}^S p_s - 1 \rceil + 1. \quad (1)$$

При этом выполняется то, что длина кодового слова:

- не будет меньшей, чем максимальное количество разрядов на представление всех кодов текущего массива, т.е. $V_c \geq \max\{C_1, \dots, C_k, \dots, C_K\}$;
- будет одинаковой для всех кодов НП чисел, образованных для текущего массива A_v , т.е.

$$V(C_1), \dots, V(C_k), \dots, V(C_K) = V_c, \quad (2)$$

где $V(C_k)$ - длина кодового слова для представления значения кода C_k ; K - количество НП чисел, т.е. количество столбцов в массиве длин серий двоичных элементов.

В свою очередь это обеспечивает сокращение количества служебных данных для определения

границ кодовых слов, и уменьшения кодовой избыточности.

На приемной стороне для определения границ кодовых слов организуется процедура восстановления в следующем порядке:

- на основе информации о векторе P оснований и длине S неравновесных позиционных чисел осуществляется вычисление длины кодового слова V_c . Для этого используется выражение (1). Поскольку выполняется условие (2), то суммарная длина кодовых слов и собственно объем V_{ci} информационной части сжатого представления трансформанты находится как $V_{ci} = K V_c$. Данное выражение позволяет определить границы между кодовыми комбинациями соседних трансформант.

Начальная позиция очередного k -го кодового слова $v_{0,k}$ находится как $v_{0,k} = (k-1)V_c + 1$. Правильное определение длины и количества кодовых слов позволяет безошибочно изъять величину кода текущего НП числа. Значит, для определения границ кодовых слов требуется знать информацию об их длине V_c , их количестве K и векторе оснований P . После чего безошибочность декодирования будет определяться условиями кодирования и воспроизведения элементов столбцов массива длин серий ДЭ.

Для предложенных условий величина кода C_k вычисляется с использованием следующей формулы

$$C_k = v_{1,k} \prod_{\xi=2}^S p_\xi + \dots + v_{s,k} \prod_{\xi=s}^S p_\xi + \dots + v_{S,k}. \quad (3)$$

Анализ выражения (3) показывает, что величина кода C_k зависит от длины S неравновесного позиционного числа и вектора оснований P .

Восстановление элементов НП числа осуществляется по формуле

$$v_{s,k} = \lceil C_k / \prod_{\xi=s}^S p_\xi \rceil - \lceil C_k / p_s \prod_{\xi=s}^S p_\xi \rceil p_s, \quad s = \overline{1, S}. \quad (4)$$

Поскольку один код формируется для одного столбца массива длин СДЭ, то в результате декодирования по формуле (4) обеспечивается восстановление столбца $A(k)_v$ массива A_v .

Декодирование очередного кода производится после определения границ соответствующего кодового слова. Соответственно начало восстановления очередной трансформанты организуется на основе определения первого бита начального кодового слова, что достигается на основе информации о количестве кодовых слов предыдущей трансформанты.

Значит, для известных величин C_k , P , S и K обеспечивается реконструкция столбцов массива длин СДЭ без потери информации.

Определение параметра S (длина столбца массива длин СДЭ) осуществляется по формуле

$$S = V_{mc} / ([\log_2 n m] + 1)$$

с учетом того, что заданы ограничения на длину V_{mc} машинного слова вычислительной системы и размеры бинарных плоскостей трансформанты $n \times m$, где n - количество столбцов, а m - количество строк.

Такой подход для вычисления величины S позволяет обеспечить выполнение соотношения

$$S([\log_2 m n] + 1) \leq V_{mc},$$

для условий, которого достигается исключение случаев переполнения машинного слова.

Определим значение параметра K . Его значение влияет на определение количества кодовых слов текущей трансформанты и, соответственно, на нахождение первого кодового слова очередной трансформанты. В случае искажения данной информации происходят значительные потери информации вследствие:

- неверного соотношения кодового слова для восстановления трансформанты (сдвиг на уровне воспроизведения массивов изображений);

- неверного изъятия кода, поскольку кодовые слова для разных трансформант являются неравномерными.

Для заданного значения параметра S количество K столбцов в массиве длин СДЭ будет равно

$$\psi = \left[\frac{S_\Sigma}{S} \right] + 1,$$

где S_Σ - суммарное количество серий двоичных элементов для всего бинарного описания трансформанты (БОТ).

Количество S_Σ длин СДЭ, формируемое для бинарного описания трансформанты (БОТ) является неравномерным и заранее не известным. Это приводит к тому, что последний столбец массива длин серий двоичных элементов может быть неполным. В этом случае выполняется соотношение

$$S_\Sigma \bmod(S) \neq 0,$$

т.е. последний K -й столбец будет не полным, а его длина S_K будет меньше, чем величина S и

$$\text{равна } S_K = S_\Sigma - \left[\frac{S_\Sigma}{S} \right] S.$$

В случае если последний столбец будет полным, т.е. $S_K = S$, то заранее знать информацию о количестве столбцов в массиве A_v не требуется. Действительно, для этого реализуется последова-

тельное восстановление элементов столбцов массива длин серий ДЭ. По мере восстановления длин СДЭ осуществляется реконструкция бинарного описания трансформанты. Тогда, если все бинарное описание трансформанты построено, то можно считать, что обработан последний элемент K -го столбца. Здесь принимается во внимание то, что количество и размеры бинарных плоскостей для трансформанты дискретного косинусного преобразования заранее устанавливаются и являются известными как на передающей, так и на приемной сторонах.

Сложность выявления последнего столбца происходит, когда он заполнен не полностью. Рассмотрим процесс декодирования кода C_K для варианта $S_K < S$. Для этого воспользуемся формулой (4) для $k=K$

$$v_{s,K} = \left[C_K / \prod_{\xi=s+1}^S p_\xi \right] - \left[C_K / p_s \prod_{\xi=s+1}^S p_\xi \right] p_s. \quad (5)$$

Распишем данное выражение, подставив формулу для значения кода C_K , равного

$$C_K = v_{1,K} \prod_{\xi=2}^{S_K} p_\xi + \dots + v_{S_K,K}.$$

Тогда возможны два принципиально разных варианта, когда восстанавливаемый элемент $v'_{s',K}$:

- реально существует, т.е. $s' \leq S_K$;
- является мнимым, т.е. $s' > S_K$.

Здесь $v'_{s',K}$ - значение восстанавливаемого элемента в условиях, когда $S_K < S$ и $s' \leq S_K$.

Анализ выражения (5) позволяет заключить, что чем больше мнимое значение дополнительного

веса коэффициента $\prod_{\xi=S_K+1}^S p_\xi$, тем меньше будет значение элемента $v'_{s',K}$, вплоть до $v'_{s',K} = 0$.

Причем будут уменьшаться значения всех элементов для $s=1, S_K$. Это приведет к тому, что восстанавливаемые значения будут значительно меньшими, чем реальные значения элементов последнего столбца, т.е. $v'_{s',K} \ll v_{s',K}$. Наоборот, для мнимых элементов, т.е. на позициях $s' > S_K$, значения элементов будут отличными от нуля, $v'_{s',K} > 0$. Тогда, учитывая, что элементы последнего столбца могут формироваться для нескольких бинарных плоскостей трансформант, получим характерные искажения, проявляющиеся в изменении количества и длин серий двоичных элементов. Это приведет к следующим последствиям:

- значения компонент трансформант, как для низкочастотных, так и высокочастотных компонент будут получены с искажениями, что соответственно приведет к существенным потерям информации, содержащимся в отдельных фрагментах изображения;

- если сумма длин серий двоичных элементов будет меньше, чем необходимо для полного заполнения бинарного описания трансформанты, то будет принято ошибочное решение о том, что текущий столбец массива длин СДЭ не является последним. В этом случае начальное кодовое слово для следующей трансформанты (ее первого столбца) будет принято как кодовое слово последнего столбца текущей трансформанты. Это приведет к возникновению лавинного эффекта, когда ошибки при декодировании одной трансформанты будут распространяться и размножаться в процессе восстановления всех последующих трансформант. В результате произойдут потери информации не только в отдельном фрагменте изображения, а в нескольких фрагментах изображения, вплоть до всего изображения.

Значит, для исключения потерь информации требуется дополнительно использовать служебную информацию, позволяющую оценить количество S_K элементов в последнем столбце.

Для этого требуется дополнительно передавать информацию о количестве S_Σ длин серий двоичных элементов, сформированных для бинарного описания трансформанты (БОТ). Для этого может потребоваться от 10 до 16 двоичных разрядов в зависимости от размеров обрабатываемых трансформант.

Оценим, как такая дополнительная информация повлияет на суммарный объем V_Σ сжатого представления трансформанты для разных режимов потери качества визуализации изображений и классов реалистических изображений (рис. 1).

Здесь рассматриваются следующие режимы: режим 1 - сжатие без потери качества (значение пико-

вого отношения сигнал/шум равно $\sigma=50$ дБ); режим 2 - сжатие с частичной потерей качества (значение пикового отношения сигнал/шум равно $\sigma=27$ дБ). Класс изображения определяется значением коэффициента корреляции r : для сильнонасыщенных изображений $0,4 \leq r \leq 0,7$; для средне когерентных изображений $0,8 \leq r \leq 0,9$; для сильно когерентных изображений с большими размерами областей плавного цветового перехода $r \geq 0,95$.

На диаграммах, представленных на рис. 1, составляющая суммарного объема, приходящаяся на дополнительную информацию о количестве длин серий ДЭ в БОТ составляет в среднем от 7 - 10 % (для режима сжатия $\sigma=50$ дБ) и от 27 % (для режима сжатия $\sigma=27$ дБ).

Следовательно, можно заключить, что дополнительная информация о количестве длин СДЭ в БОТ особенно значимое влияние на степень сжатия оказывает для режима $\sigma=27$ дБ.

Отсюда вытекает, что потенциал для снижения степени сжатия заключается в обеспечении возможности восстановить бинарное описание трансформант с заданной потерей качества визуализации изображений без использования дополнительной информации о количестве длин серий двоичных элементов.

Анализ выражений (3) и (4), задающих процесс обработки столбцов массива длин СДЭ, позволяет заключить, что для этого необходимо проводить восстановление в условиях заранее неизвестного количества элементов в столбце массива длин двоичных серий.

Выводы

1. Разработана методология эффективного использования адаптивного позиционного кодирования с одним основанием для обработки массивов длин серий двоичных элементов бинарного описания трансформант, которая заключается в обеспече-

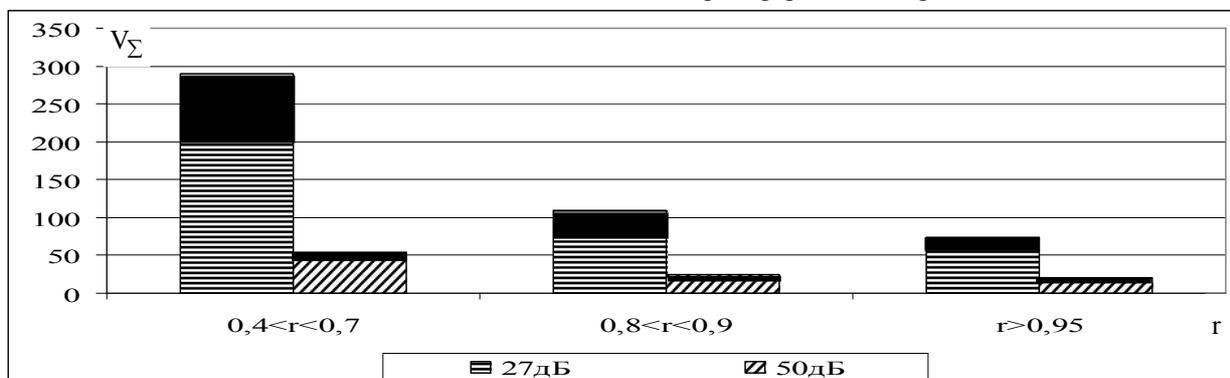


Рис. 1. Зависимость величины V_Σ от степени когерентности изображений, степени потери качества визуализации

нии следующих требований:

- исключить неконтролируемые потери информации о двоичных объектах бинарного описания трансформант;

- сократить количество служебной информации, необходимой для устранения неконтролируемых потерь информации;

- снизить количество операций для реализации технологии кодирования БОТ.

2. Обосновано, что реконструкция столбцов массива длин серий двоичных элементов без потери информации в случае неравновесного позиционного (НП) кодирования обеспечивается для известных величин кода НП числа, вектора его оснований, длины НП числа и их количества. Показано, что для исключения существенных потерь информации в случае НП кодирования массивов длин СДЭ требуется дополнительно использовать служебную информацию, позволяющую оценить количество элементов в последнем столбце. При этом составляющая суммарного объема, приходящаяся на дополнительную информацию о количестве длин серий ДЭ в БОТ составляет в среднем от 10 % (для режима сжатия пикового отношения сигнал/шум на уровне 50дБ) и от 30 % (для режима сжатия пикового отношения сигнал/шум на уровне 27дБ).

Поступила в редакцию 01.04.2013, рассмотрена на редколлегии 15.05.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф., начальник кафедры автоматизированных систем управления В.В. Баранник, Харьковский университет Воздушных Сил, Харьков.

МЕТОДОЛОГІЯ АДАПТИВНОГО ОДНООСНОВНОГО ПОЗИЦІЙНОГО КОДУВАННЯ МАСИВІВ ДОВЖИН СЕРІЙ ДВІЙКОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ

М.Г. Луцький, О.К. Юдін, І.Є. Рогоза

Показано, що існуючий підхід щодо кодування бітового опису трансформант на основі нерівноважного позиційного кодування з попередньою побудовою масивів довжин серий двійкових елементів має ряд недоліків. Виявляються недоліки, що впливають на зниження результатуючого ступеня стискування і збільшення часу на обробку. Висловлюються основні етапи побудови методології одноосновного позиційного кодування масивів довжин серий двійкових елементів. Проводиться оцінка і обґрунтовуються переваги запропонованого напрямку щодо вдосконалення технологій компресії відеоданих.

Ключові слова: трансформанта, бітова площина, одноосновна кодування.

METHODOLOGY ADAPTIVE MONOBASIC POSITION ENCODE AN ARRAY OF LONG SERIES OF BINARY ELEMENTS

M.G. Lutskiy, A.K. Yudin, I.Ye. Rogoza

It is rotined that existent approach in relation to encoding of bit description of transforms on the basis of the non-equilibrium position encoding with the preliminary construction of arrays of lengths of cerouss of binary elements has a row of failings. Failings, influencing on the decline of resulting degree of compression and increase of time on treatment come to light. The basic stages of construction of methodology of the monobasic position encoding of arrays of lengths of cerouss of binary elements are expounded. An estimation is conducted and advantages of the offered direction are grounded in relation to perfection of technologies of compression of videoinformation.

Keywords: transform, bit plane, coding monobasic.

Луцький Максим Григорьевич – д-р техн. наук, доцент, проф. кафедри безпеки інформаційних технологій, Национальний авіаційний університет, Київ.

Юдин Александр Константинович – д-р техн. наук, проф., професор кафедри безпеки інформаційних технологій, директор інститута комп'ютерних інформаційних технологій, Национальний авіаційний університет, Київ.

Рогоза Ирина Евгеньевна – аспірант кафедри комп'ютеризованих систем захисту інформації, Национальний авіаційний університет, Київ.

Литература

1. Уолрэнд, Дж. Телекоммуникационные и компьютерные сети [Текст] / Дж. Уолрэнд. – М.: Постмаркет, 2001. – 480 с.

2. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео [Текст] / В.И. Ватолін, А. Ратушняк, М. Смирнов, В. Юкин. – М.: ДИАЛОГ – МИФИ, 2002. – 384 с.

3. Баранник, В.В. Обоснование возможности компактного представления длин серий полиадическими кодами / В.В. Баранник, Н.А. Королева // Системы обработки информации. – Харьков: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2001. – Вып. 4(14). – С. 72 – 77.

4. Barannik, V. Image Encoding Design Based On 2-D Combinatory Transformation [Text] / V. Barannik, V. Hahanov // International Symposium [“IEEE East-West Design & Test”], (Yerevan, Armenia, September 7 – 10, 2007) / Yerevan: 2007. – P. 124 – 127.

5. Barannik, V. Method Of Encoding Transformant Uolsha Is In Systems Air Monitoring Of Earth [Text] / V. Barannik, A. Yakovenko, A. Krasnorutkiy // International Conference TCSET'2009 [“Modern problems of radio engineering, telecommunications and computer science”] (Lviv-Slavsko, Ukraine, February 19 – 23, 2009) / Lviv Polytechnic National University, 2009. – P. 381 - 383.