

масштабної складових. Розроблена побудова двоконпонентного коду на основі першої кодової складової, що формується на основі елементів рядка масиву апроксимуючих величин, що представляється у вигляді адаптивного позиційного числа з нерівними елементами. Обґрунтовується, що досягається додаткове збільшення ступеня стискування зображень за рахунок виключення статистичної надмірності, зниження психовізуальної надмірності і скорочення структурної надмірності.

Ключові слова: двоконпонентний код, структурна надлишковість, апертура, технологія стиснення, засоби телекомунікацій.

METHOD KOMRESII IMAGES TELECOMMUNICATION SYSTEMS BASED SOLUTION STRUCTURAL REDUNDANCY

As a result of the conducted analysis of minimum time it is rotined on passing to videoinformacii, that for the existent and perspective systems of the aerospace monitoring with the use of side facilities of telecommunication it arrives at a few ten of minutes. It results in the obsolescence of the got information, acceptance of the belated and erroneous decisions. It is grounded, that for the decision of this problem it is suggested to utilize technologies of compression of videoinformation. It is rotined that existent technologies of compression on the basis of preliminary exposure of apertures, based on separate treatment of their constituents, that leads the decline of degree of compression of images. Forming of compact presentation of fragment of image is developed. Information technology of compression of images is created on the basis of the generalized encoding his coordinate-structural and line-by-line – scaling representations constituents.

The construction of two-component encoding is developed on the basis of the first code constituent, formed on the basis of elements of line of array of approximating sizes, presented as an adaptive position number with unequal elements. Grounded, that is arrived at additional increase of degree of compression of images due to the exception of statistical surplus, decline of psikhovizual'noy surplus and reduction of structural surplus.

Keywords: two-component code, structural redundancy, apertures, compression technology, telecommunications.

Бараннік Володимир Вікторович, доктор технічних наук, професор, начальник кафедри, Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба.

E-mail: barannik_v_v@mail.ru

Баранник Владимир Викторович, доктор технических наук, профессор, начальник кафедры, Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба.

Barannik Vladimir, doctor of technical sciences, professor, head of the Department, Ivan Kozhedub Air Force university.

Додух Олександр Миколайович, інженер кафедри, Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба.

E-mail: aleksandr_dodukh@mail.ru

Додух Александр Николаевич, инженер кафедры, Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба.

Dodukh Aleksandr, Engineer of the Department, Ivan Kozhedub Air Force university.

УДК 621.399

МЕТОД РЕВЕРСНОГО КОДИРОВАНИЯ СТРУКТУРНО-ВЕСОВЫХ ЧИСЕЛ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ БИТОВОЙ СКОРОСТИ ВИДЕОПОТОКА

Владимир Баранник, Андрей Красноруцкий

В настоящее время практически ни одна технология предоставления видеoinформационных услуг не обходится без предварительного снижения скорости видео-потока. Для этого в инфокоммуникационные системы интегрируются технологии компрессии изображений. Существующие степени сжатия при допустимом качестве видеозображений не обеспечивают требуемых битовых скоростей. В результате проявляется проблема, обусловленная недостаточной пропускной способностью телекоммуникационных сетей, и ее отставанием от постоянно растущих интенсивностей видеотрафика. В результате необходимая битовая скорость достигается за счет потери целостности видеoinформационного ресурса. Модернизация физической основы сети представляет собою сложный конструктивно технический процесс, и требует огромных инвестиций и времени. Поэтому преодоления сложившегося дисбаланса между битовой скоростью и пропускной способностью сети проводится на основе совершенствования технологии компрессии изображений. Излагаются этапы создания модифицированного позиционного кодирования, базирующегося на формировании кода, начиная с младших элементов и реализации перекрестного порядка соответствия между элементами числа и элементами

столбца массива длин серий двоичных элементов. Проводится обоснование: исключения неконтролируемых потерь информации о двоичных объектах бинарного описания трансформант; сокращения количества служебной информации; снижения количества операций для реализации технологии кодирования. Разрабатывается рекуррентное реверсное равномерное кодирование расширенных позиционных структурно-весовых чисел переменной длины, базирующееся на правиле селекции элементов для расшифровки числа.

Ключевые слова: *структурно-весовые числа, битовая скорость, рекуррентное реверсное кодирование, интенсивность видеопотока, позиционное кодирование.*

ВВЕДЕНИЕ

Развитие инфокоммуникационных систем осуществляется в соответствии с концепцией создания сетей следующего поколения (NGN). При этом основная доля расширения услуг связана с предоставлением мультимедийной информации [1–4]. Проведенный анализ особенностей доставки видеoinформации с использованием инфокоммуникационных систем показал, что заданное время передачи обеспечивается только для кадров с низким пространственным разрешением. Для преодоления сложившегося дисбаланса между реальным временем передачи кадров изображений и необходимым, требуется обеспечить снижение скорости передачи видео-потока на основе использования систем компрессии.

Анализ подходов относительно построения систем сжатия видеоданных в инфокоммуникациях выявил, что они базируются на использовании JPEG ориентированных технологий [4; 5]. За счет использования таких систем обеспечивается передача изображений нормального SD качества по высокоскоростным каналам связи. Однако такая возможность достигается только при наличии потерь качества реконструируемых изображений. Уровень пикового отношения сигнал/шум равен 30 дБ. Значит, существующие технологии компрессии изображений с использованием JPEG ориентированных технологий не обеспечивают требуемой битовой скорости сжатого видео-потока. Следовательно, снижение битовой скорости компрессированных видеоданных для повышения качества предоставления услуг с использованием средств телекоммуникаций является актуальной научно-прикладной задачей.

Снижение битовой скорости трансформированных изображений предлагается организовывать на основе совершенствования технологии кодирования бинарного представления. Такое направление обладает потенциалом для снижения битового потока и времени обработки трансформант в условиях заданного качества реконструкции изображений для различной степени их насыщенности мелкими объектами. Процесс сжатия трансформанты $Y_{m,n}$ заключается в выя-

влении закономерностей для двоичных структур. Поэтому в первую очередь необходимо обосновать концептуальный подход для системы преобразований, включающей следующие составляющие [5]:

1) бинаризация компонент $y_{\xi\chi}$ трансформанты, т.е. формирование для ее компонентной структуры битового представления;

2) выявление структурных закономерностей для двоичного представления трансформанты $[Y_{m,n}]_2$;

3) кодирование битового представления трансформанты с учетом выявленных закономерностей двоичных структур.

При этом требуется обеспечить: снижение битовой скорости v_c компактного представления трансформанты без внесения дополнительных искажений; уменьшение количества операций на обработку трансформанты. Наиболее значимой является третья концептуальная составляющая. Отсюда цель исследований статьи заключается в разработке кодирования битового представления трансформант для повышения степени сжатия изображений в условиях сохранения заданного качества визуализации изображений, предназначенных для передачи в инфокоммуникационных системах реального времени.

РАЗРАБОТКА РЕКУРРЕНТНОГО РЕВЕРСНОГО РАВНОМЕРНОГО КОДИРОВАНИЯ РАСШИРЕННЫХ ПСВ ЧИСЕЛ ПЕРЕМЕННОЙ ДЛИНЫ

Совершенствование технологии кодирования двоичной структуры трансформанты предлагается осуществлять в направлении снижения битовой скорости сжатого потока. Для этого необходимо дополнительно сокращать структурную избыточность [6; 7]. Наличие структурной избыточности, для существующих методов кодирования, обусловлено:

1) неравномерностью размеров структурных характеристик битовых плоскостей трансформанты;

2) наложением ограничений относительно выбора линейного размера для столбца массива длин бинарных серий.

Одним из эффективных методов устранения структурной избыточности является формирование для последовательностей длин двоичных серий, позиционно структурно весовых чисел (ПСВ).

Позиционным структурно-весовым числом (ПСВ) называется такое позиционное число, когда его элементами являются взаимодополняющие (непересекающиеся) структурные составляющие обрабатываемых форматов данных и в общем случае выполняется условие неравенство оснований: $g_\xi \neq g_\gamma$, где $\xi \neq \gamma$, $\xi, \gamma = 1, \dots, \Theta$ [6].

Позиционное структурно-весовое кодирование как технологию обработки двоичных форматов данных можно рассматривать в виде варианта обобщения двух типов структурных характеристик, а именно позиционирования и размеров двоичных объектов

Поэтому необходимо разработать технологию кодирования расширенного ПСВ числа в условиях, когда снимаются ограничения на максимальную длину бинарной серии.

Определение требуемой длины S' ПСВ числа предлагается осуществлять на основе рекуррентной схемы. Рекуррентная схема обработки позволяет.

Первое. Учесть неравномерность значений оснований элементов ПСВ числа, т.е. после каждого добавления элемента максимальное количество разрядов на его представление будет увеличиваться неравномерно с различной битовой скоростью (рис. 1). Поэтому добавление сразу группы элементов, т.е. $\Delta S \geq 2$, может привести к переполнению заранее заданного кодового слова, т.е. $v(s)_{\max} + v(\Delta S)_{\max} > V_{ic}$.

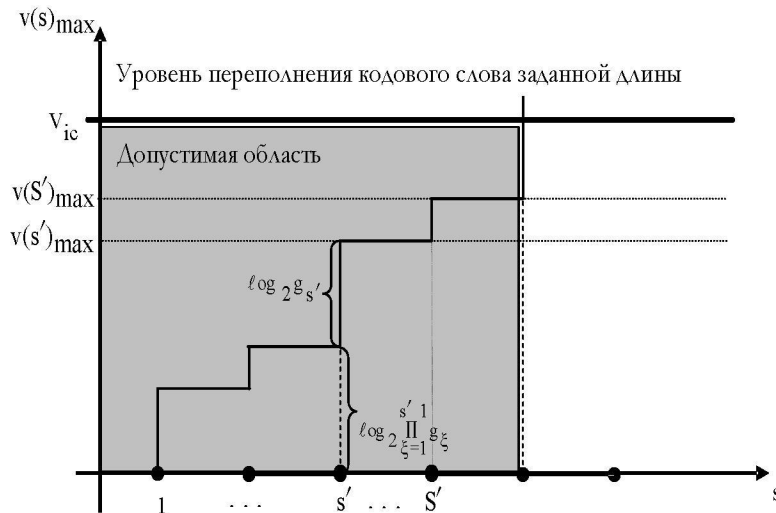


Рис. 1. Диаграмма определения длины расширенного ПСВ числа

В этой формуле величина $v(\Delta S)_{\max}$ означает прирост в длине максимально допустимого значения кода в случае добавления к текущему ПСВ числу сразу ΔS элементов.

Тогда на каждом шаге обработки требуется проверять условие на допустимость добавления очередного s' -го элемента к текущему ПСВ числу, т.е. проверять возможность расширения текущей длины D ПСВ числа на единицу, так чтобы исключить переполнение кодового слова заданной длины (рис. 1). Допустим, что перед добавлением очередного элемента ПСВ число содержит D элементов. Количество разрядов $v(D)_{\max}$ на кодовое представление максимально допустимого значения кода $C(D)_{\max}$ определяется по формуле

$$v(D)_{\max} = \left[\sum_{\xi=1}^D \log_2 g_\xi \right] + 1.$$

Тогда добавление очередного элемента с основанием равным $g_{s'}$ будет возможно, если выполняется неравенство

$$\left[\sum_{\xi=1}^D \log_2 g_\xi + \log_2 g_{s'} \right] + 1 \leq V_{ic}.$$

В этом случае длина ПСВ числа увеличивается на единицу, и будет равна $(D+1)$. В противном случае, если выполняется неравенство

$$\left[\sum_{\xi=1}^D \log_2 g_\xi + \log_2 g_{s'} \right] + 1 > V_{ic},$$

то добавление такого элемента может привести к переполнению кодового слова заданной длины.

Поэтому элемент, имеющий такое основание не будет допустимым, а расширение ПСВ числа заканчивается и его конечная длина будет равна $S' = D$. Такая обработка сводится к выполнению следующей системы выражений:

$$D+1, \rightarrow \left[\sum_{\xi=1}^D \log_2 g_{\xi} + \log_2 g_{s'} \right] + 1 \leq V_{ic};$$

$$D = S', \rightarrow \left[\sum_{\xi=1}^D \log_2 g_{\xi} + \log_2 g_{s'} \right] + 1 > V_{ic},$$

где $\log_2 g_{s'}$ – количество разрядов, на которое увеличивается длина кодового представления максимального кода ПСВ числа длиной $(D+1)$

элементов; $\sum_{\xi=1}^D \log_2 g_{\xi}$ – оценка количества раз-

рядов, которое требуется затратить на представление максимального значения кода для ПСВ числа, состоящего из D элементов; s' – позиция основания в векторе G' для добавляемого элемента.

Если позиция основания старшего элемента ПСВ числа в векторе оснований равна s , то определение позиции основания очередного добавляемого элемента находится по формуле 1 (рис. 2)

$$s' = \begin{cases} s+1, & \rightarrow s \leq S-1; \\ 1, & \rightarrow s = S, \end{cases} \quad (1)$$

где S – длина столбца массива длин бинарных серий.

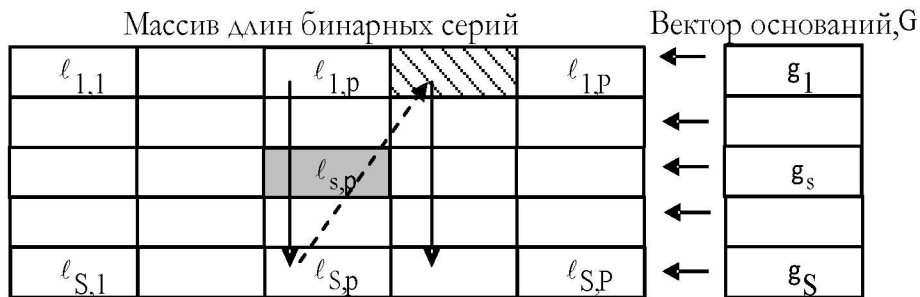


Рис. 2. Схема соответствия позиций элементов расширенного ПСВ числа и их оснований позициям элементов массива ДБС

Формирование кода для расширенного ПСВ числа переменной длины позволяет сократить количество кодовой избыточности на величину, равную ΔR_c :

$$\Delta R_c = R(S)_c - R(S')_c \text{ (бит)}.$$

В этой формуле величины $R(S)_c$ и $R(S')_c$ являются количеством кодовой избыточности соответственно для вариантов, когда код формируется для ПСВ числа фиксированной длины S и переменной длины S' , и находятся по формулам:

$$R(S)_c = V_{ic} - v(S)_{\max};$$

$$R(S')_c = V_{ic} - v(S')_{\max},$$

где $v(S)_{\max}$, $v(S')_{\max}$ – количество двоичных разрядов на представление максимально допустимого кода для ПСВ числа содержащего соответственно S и S' элементов.

Величины $v(S')_{\max}$ и $v(S)_{\max}$ связаны между собой следующей зависимостью:

$$v(S')_{\max} = v(S)_{\max} + v(\Delta S)_{\max} \text{ (бит)}.$$

Здесь $v(\Delta S)_{\max}$ – прирост в количестве разрядов на кодовое представление максимально допустимого значения ПСВ числа, соответствующего количеству добавленных в результате его расширения элементов; $\Delta S = D - S$ – величина, на которую расширилось ПСВ число относительно исходной длины, равной длине столбца массива длин бинарных серий.

В результате чего количество сокращенной кодовой избыточности будет равно:

$$\Delta R_c = v(S')_{\max} - v(S)_{\max} = v(\Delta S)_{\max} = v(D-S)_{\max} \text{ (бит)}.$$

Отсюда можно заключить, что количество сокращаемой кодовой избыточности будет тем больше, чем больше длина ПСВ числа, для которого формируется единый код.

При этом достигается минимизация остаточного количества кодовой избыточности в условиях когда:

– количество разрядов на представление максимального значения кода полученного ПСВ числа не должно превышать заданную длину кодового слова;

– ПСВ число образуется только из смежных элементов в направлении обхода столбцов массива длин бинарных серий.

Для реализации полученных возможностей относительно снижения битовой скорости и исключения неконтролируемых потерь информации необходимо разработать реверсное кодирования ПСВ чисел переменной длины в условиях сокращения количества кодовой избыточности и устранения вариантов переполнения кодового слова заданной длины.

Второе. Обеспечивается возможность определять длину S' ПСВ числа одновременно с процессом формирования его кода $C(S')_p$, т.е. формировать кодовое значение ПСВ числа на одном шаге с образованием его длины. Такая возможность достигается за счет того, что накоп-

ленное произведение $\prod_{\xi=1}^D g_{\xi}$ оснований младших элементов ПСВ числа одновременно является базовой составляющей для:

- определения количества

$v(D)_{\max} = \lceil \log_2 \prod_{\xi=1}^D g_{\xi} \rceil + 1$ разрядов на максимальное значение кода ПСВ числа текущей длины D ;

- вычисления весового коэффициента $W_{s'}$ добавляемого $(D+1)$ -го старшего элемента, т.е.

$$W_{s'} = \prod_{\xi=1}^D g_{\xi}.$$

Это позволяет использовать величину накопленного произведения оснований для проверки на возможность добавления D -го элемента в качестве весового коэффициента $(D+1)$ элемента.

Для предложенного подхода механизм формирования кода для ПСВ числа состоит в следующем (рис. 3):

1. Проверяется условие

$\lceil \log_2 \prod_{\xi=1}^{D-1} g_{\xi} + \log_2 g_D \rceil + 1 \leq V_{ic}$ на возможность добавления к текущему ПСВ числу D -го элемента.

Возможны два варианта:

- 2.1. Если неравенство выполняется, то логарифмируемая величина

$\prod_{\xi=1}^{D-1} g_{\xi}$ первого слагаемого будет являться весовым коэффициентом

добавляемого D -го элемента ПСВ числа в процессе формирования для него кодового значения $C(D)$, т.е.

$$C(D) = C(D-1) + \ell_{s',p'} \prod_{\xi=1}^{D-1} g_{\xi},$$

где $\ell_{s',p'}$ – добавляемый элемент на D -м шаге расширения ПСВ числа, который имеет координаты $(s'; p')$ в массиве длин бинарных серий.

На рис. 3 величина $W_D = \prod_{\xi=1}^{D-1} g_{\xi}$ – весовой коэффициент для добавляемого D -го элемента ПСВ числа.

Для известных координат $(s; p)$ предыдущего элемента, координаты $(s'; p')$ очередного элемента находятся следующим образом:

- если $s \leq S - 1$, то $s' = s + 1$ и $p' = p$;
- если $s = S$, то $s' = 1$ и $p' = p + 1$.

Здесь S – длина столбца массива длин бинарных серий, p – индекс столбца массива ДБС.

После чего осуществляется проверка на возможность добавления к текущему ПСВ числу очередного $(D+1)$ элемента.

2.2. В противном случае, когда выполняется неравенство:

$$\lceil \log_2 \prod_{\xi=1}^{D-1} g_{\xi} + \log_2 g_D \rceil + 1 > V_{ic},$$

то добавление D -го элемента к текущему ПСВ числу может привести к переполнению кодового слова заданной длины V_{ic} . Поэтому построение (расширение) ПСВ числа заканчивается. Позиционное структурно-весовое число будет содержать $S' = D - 1$ элементов.

Следовательно, использование рекуррентной схемы обработки позволяет сократить временную задержку на формирование кода для позиционного структурно-весового числа. Построение кодового значения осуществляется сразу по мере отбора элементов для расширения позиционного структурно-весового числа. Значит, разработано реверсное ПСВ кодирование на основе рекуррентной схемы, обеспечивающее формирование кодового значения для ПСВ числа переменной длины в условиях когда: длина кодового слова задана и исключаются ситуации переполнения кодового слова. Это позволяет снизить битовую скорость за счет устранения количества кодовой избыточности, и исключить неконтролируемые потери информации. Технология реверсного

кодирования расширенных ПСВ чисел позволяет реализовать режим формирования равномерного

кодированного слова для переменной длины обрабатываемой последовательности.

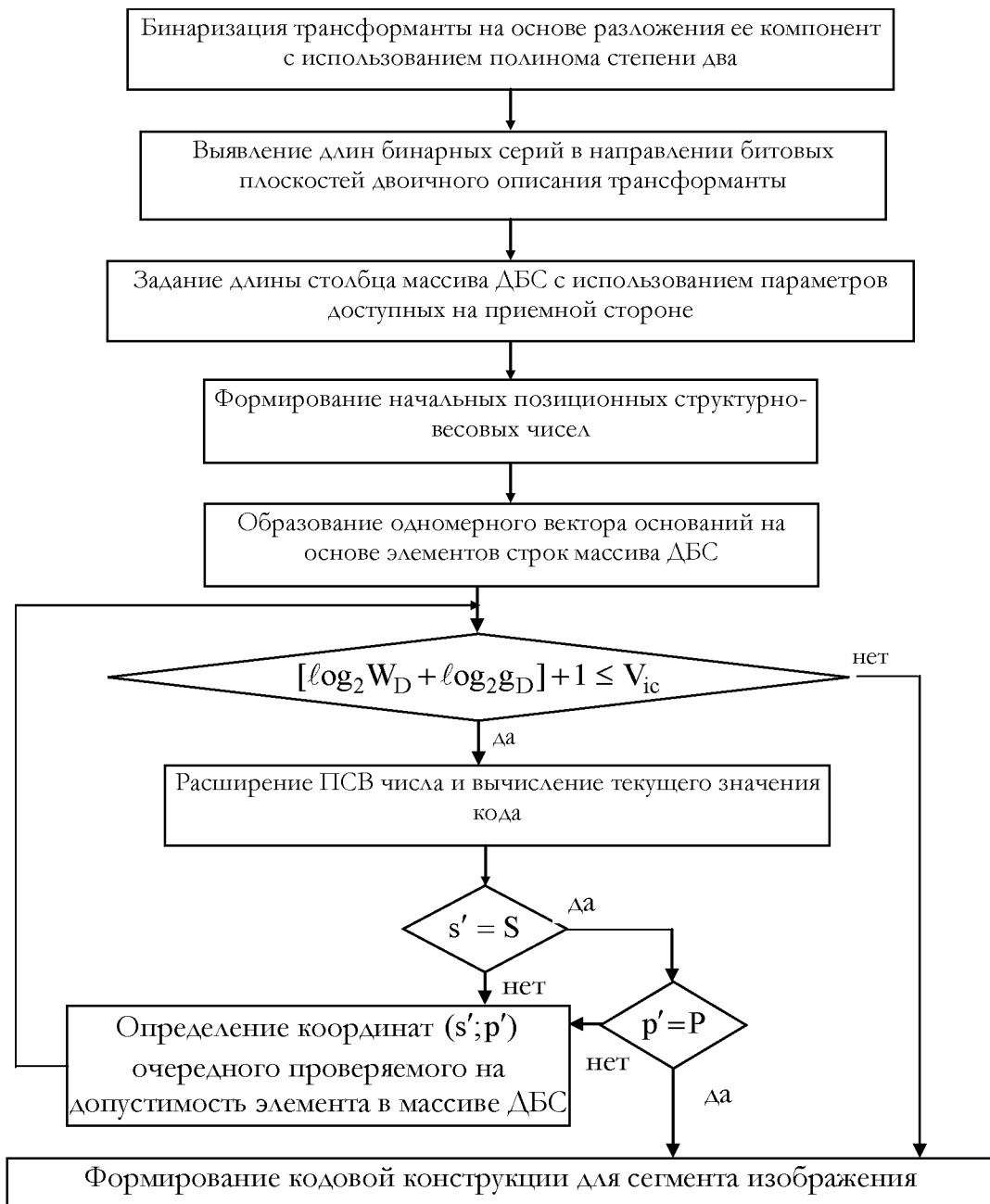


Рис. 3 Граф-схема рекуррентного реверсного кодирования ПСВ чисел переменной длины

РАЗРАБОТКА МЕТОДА СЖАТИЯ ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ СЕГМЕНТОВ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ РЕВЕРСНОГО ПОЗИЦИОННОГО СТРУКТУРНО-ВЕСОВОГО КОДИРОВАНИЯ

В процессе разработки технологии компрессии изображений необходимо добиться снижение битовой скорости компактно-представленных сегментов в условиях обеспечения: заданного качества восприятия реконструируемых изображений; временной задержки на обработку сегмента, не превышающей времен-

ных затрат на его передачу в компактном виде по каналу связи.

Технология компрессии сегментированных изображений на основе их трансформирования базируется на двух концептуальных составляющих, а именно:

- 1) предварительная обработка (сегментирование и трансформирование);
- 2) технология кодирования для сокращения пространственных видов избыточности.

Предварительная обработка включает в себя разделение исходного изображения на сегменты и выполнения двухэтапного трансформирования.

В режиме контролируемой потери качества восстанавливаемых изображений, реализуется перевод из RGB описания в цветовое пространство YUV.

$$y_{ij} = \left\lfloor (r_{ij} + 2g_{ij} + b_{ij}) / 4 \right\rfloor;$$

$$u_{ij} = r_{ij} - g_{ij}; \quad v_{ij} = b_{ij} - g_{ij},$$

где $Y = \{y_{ij}\}$, $U = \{u_{ij}\}$, $V = \{v_{ij}\}$, $i = \overline{1, Q_\ell}$, $j = \overline{1, Q_c}$; y_{ij} , u_{ij} , v_{ij} – элементы, расположенные на $(i; j)$ -й позиции соответственно плоскости Y (яркостная составляющая), U (хроматический красный) и V (хроматический синий); r_{ij} , g_{ij} , b_{ij} – элементы, расположенные на $(i; j)$ -й позиции соответственно цветовой плоскости R, G, и B.

На рисунке 4 представлена структурно-функциональная схема технологии компрессии изображений на основе реверсного позиционно-структурно-весавого кодирования.

Второй этап трансформирования состоит в переконцентрации энергии исходного сигнала путем выполнения дискретного косинусного преобразования. Данный этап за счет свойства разделимости ядра базисной функции дискретного косинусного преобразования выполняется за два прохода. Предварительная обработка создает возможность для устранения пространственной избыточности. Дальнейшая обработка трансформанты направлена на устранение пространственной избыточности, обусловленной статистическими и структурными закономерностями трансформанты, представленной в бинарной форме $[Y_{m,n}]_2$. Технология обработки трансформанты должна учитывать следующие механизмы:

- бинаризация трансформанты;
- выявление структурных закономерностей для двоичного представления трансформанты;
- кодирование битового представления трансформанты в соответствии с выявленными структурными ограничениями.

Для предложенных концептуальных составляющих технологии обработки трансформанты метод компрессии должен содержать в себе следующие этапы (рис. 4).

Первый этап. Бинаризация трансформанты заключается в получении для ее компонент $y_{\xi, \chi}$ двоичного представления $B_{\xi, \chi}$ на основе поли-

номиального разложения значения $y_{\xi, \chi}$ по основанию два, т.е.

$$b_{\xi, \chi}^{(h)} = \left\lfloor \frac{y_{\xi, \chi}}{2^h} \right\rfloor - \left\lfloor \frac{y_{\xi, \chi}}{2^{h+1}} \right\rfloor \cdot 2, \quad h = \overline{0, d-1},$$

где $b_{\xi, \chi}^{(h)}$ – h-й двоичный разряд для $(\xi; \chi)$ -й компоненты трансформанты; 2^h – весовой коэффициент двоичного элемента $b_{\xi, \chi}^{(h)}$ по основанию два; d – количество разрядов на компоненту трансформанты.

В результате формируется двоичная структура трансформанты (ДСТ), $[Y_{m,n}]_2 = \{B_{\xi, \chi}\}$, $\xi = \overline{1, n}$, $\chi = \overline{1, m}$.

Второй этап связан с выявлением закономерностей для двоичной структуры трансформанты. Для этого используются пространственные характеристики на основе выявления линейных размеров двоичных объектов. В качестве таких объектов предложено рассматривать серии бинарных элементов. Соответственно структурное преобразование заключается в выявлении длин бинарных серий (ДБС) в направлении двоичных срезов. Выявление бинарных серий проводится по бинарным плоскостям $B^{(h)} = \{b_{\xi, \chi}^{(h)}\}$ в горизонтальном направлении сверху вниз, начиная с битовых плоскостей соответствующих старшим разрядам компонент.

На третьем концептуальном этапе обеспечивается построение кодовых конструкций сжатого представления бинаризированной трансформанты. Ключевой составляющей здесь является позиционное структурно-весаговое кодирование, которое в случае обработки двоичных форматов данных обеспечивает обобщение двух типов структурных характеристик, а именно координат позиционирования и размеров двоичных объектов.

Данный этап включает в себя следующие процедуры:

- 1) формирование расширенных позиционных структурно-весаговых чисел переменной длины;
- 2) вычисление кодового значения для расширенного ПСВ числа;
- 3) образование равномерных кодовых конструкций с заданной битовой длиной.

Первая процедура заключается в реализации таких механизмов:

1. На основе последовательности L длин бинарных серий, выявленных для ДСТ, строятся двумерные массивы $A_{k,u}$. Организация отдельных длин бинарных серий в массивы проводится по столбцам. Это позволяет сократить количество служебных данных и обеспечить структурированность расширенных ПСВ чисел.

Длина S столбца массива ДБС может выбираться в двух режимах: на основе параметров заранее известных на приемной стороне. Например, на основе размеров $n \times m$ битовых плоскостей или на основе принятых заранее рекоменда-

ций. Вариантом рекомендации может быть условие $S \leq 8$. Это позволяет определять длину столбца перед началом процесса формирования расширенных ПСВ чисел.

В результате получается массив ДБС, состоящий из P столбцов, а именно $A_{k,u} \rightarrow \{A^{(1)}, \dots, A^{(p)}, \dots, A^{(P)}\}$.

Длина бинарной серии $\ell_{s,p}$ позиционируется в массиве по координатам: s – в столбце и p – в строке.



Рис. 4. Структурная схема технологии кодирования бинаризированной трансформанты

2. Строится начальная система оснований G . Система оснований является одномерной $G = \{g_1, \dots, g_s, \dots, g_S\}$, компоненты g_s которой вычисляются для элементов строк массива ДБС, т.е.

$$g_s = \max_{1 \leq p \leq P} \{\ell_{s,p}\} + 1.$$

Здесь параметр $P' = P - (1 - \text{sign}(\text{sign}(s' - s) + 1))$ используется для учета варианта, когда последний столбец будет заполненным не полностью.

3. Вычисление кодового значения для расширенного ПСВ числа осуществляется на основе реверсного рекуррентного кодирования. В этом случае одновременно решаются вопросы, связанные с:

- образованием ПСВ числа переменной длины;
- вычислением кодового значения и формированием кодового слова с заранее заданной длиной.

3.1. На первом шаге проверяется условие на возможность формирования кодового значения

для второго элемента текущего z -го ПСВ числа, т.е. $[\log_2 g_1 + \log_2 g_2] + 1 \leq V_{ic}$.

Если неравенство выполняется, то длина ПСВ числа увеличивается на единицу, $D_z = 2$, а кодовое значение $C(D)_z$ на основе кодирования младших элементов будет равно:

$$C(D)_z = C(D)_z + l_{s',p'} g_1.$$

Аналогичным образом на D -м шаге обработки проверяем неравенство:

$$[\log_2 \prod_{\xi=1}^{D-1} g_{\xi} + \log_2 g_D] + 1 \leq V_{ic}.$$

Если неравенство выполняется, то к текущему z -тому ПСВ числу добавляется D -й элемент, т.е. $D_z = D$. Соответственно величина кода для D элементов ПСВ числа по реверсной технологии находится с использованием значения кода $C(D-1)_z$, полученного на предыдущем шаге, по следующей формуле:

$$C(D)_z = C(D-1)_z + l_{s',p'} \prod_{\xi=1}^{D-1} g_{\xi}.$$

Наоборот, когда

$[\log_2 \prod_{\xi=1}^{D-1} g_{\xi} + \log_2 g_D] + 1 > V_{ic}$, то расширение z -го ПСВ числа считается законченным. Его длина будет равна $D_z = D - 1$, а значение кода определяется следующим соотношением:

$$C(D-1)_z = \sum_{s=1}^{D-1} l_s \prod_{\xi=1}^s g_{\xi}.$$

После чего по условию задачи под кодовое представление V_z величины $C(D-1)_z$ отводится V_{ic} бит, т.е. $V_z = V_{ic}$.

Кодовая конструкция всего сегмента изображения формируется на основе кодовых слов отдельных позиционных структурно-весовых чисел. Если для τ -го сегмента сформировано Z_{τ} расширенных ПСВ чисел, то соответственно длина кодовой конструкции будет равна:

$$v(\tau)_c = Z_{\tau} V_{ic},$$

где $v(\tau)_c$ – длина кодовой конструкции сжатого представления τ -го сегмента.

Значит, обеспечивается принцип кодообразования на основе максимально заполнения кодового слова заданной длины.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1) разработан метод сжатия битового представления трансформант на основе позиционного кодирования массивов длин двоичных серий, учитывающий особенности формирования БПТ для трансформант ДКП; обеспечивающий исключение потери информации из-за переполнения кодового слова; минимизацию количества служебных данных;

2) построена интеграция метода кодирования в технологию компрессии трансформированных изображений.

3) обосновано, что метод кодирования допускает использование для сжатия видеопотока;

ВЫВОДЫ

1. Разработано реверсное кодирование расширенных позиционных структурно-весовых чисел переменной длины, когда добавляемый элемент является младшим относительно еще необработанных элементов и выполняются условия относительно переменной (заранее не известной) длины ПСВ числа и формирования оснований для совокупностей их элементов. Создаются условия для снижения битовой скорости сжатого представления сегмента изображения на основе дополнительного сокращения структурной избыточности без использования служебных данных.

2. Обосновано, что для сокращения количества кодовой избыточности необходимо формировать позиционные структурно-весовые числа переменной длины.

Построено правило формирования ПСВ чисел переменной длины на основе того, что:

– для определения максимальной длины кода, которое может быть сформировано для текущей длины расширенного ПСВ числа, не требуется наличие априорной информации;

– для сокращения времени обработки формирование ПСВ числа проводится только из смежных элементов массива длин бинарных серий (т.е. исключаются разрывы в позициях элементов).

Это обеспечивает потенциал для реализации принципа кодообразования по максимальному заполнению кодового слова заданной длины в условиях исключения вариантов его переполнения и минимизации количества кодовой избыточности.

3. Создано рекуррентное реверсное равномерное кодирование расширенных позиционных структурно-весовых чисел переменной длины, учитывающее неравномерность значений оснований элементов ПСВ числа, и базирующееся на:

1) правиле селекції елементів для розширення ПСВ числа на основі накопленого вироблення їх основаній, которое позволяет устранить количество кодовой избыточности; исключить переполнение кодового слова; осуществить построение кодовых слов равномерной длины;

2) одночасно з розширенням ПСВ числа формуються його кодові значення з урахуванням додаваного елемента на основі того, що накоплене вироблення основаній молодших елементів ПСВ числа одночасно являється базовою складовою для: визначення кількості разрядів на максимальне значення кода ПСВ числа поточної довжини і вирахування вагових коефіцієнтів додаваного старшого елемента;

3) визначенні координат наступного додаваного елемента в масиві довжин бінарних серій.

Такий підхід забезпечує: скорочення часової затримки на формування кода для ПСВ числа в результаті того, що побудова кодового значення здійснюється одразу по мірі відбору елементів для розширення позиційного структурно-вагового числа; формування кодового значення для ПСВ числа змінної довжини в умовах коли: довжина кодового слова задана і виключаються ситуації переповнення кодового слова; зниження біткової швидкості за рахунок усунування кількості кодової надлишковості.

Наукова новизна результатів досліджень статті.

1. Вперше створена технологія реверсного кодування ПСВ чисел змінної довжини на основі рекуррентного додавання елементів і формування вагових коефіцієнтів на основі накопленого вироблення основаній молодших елементів. Це дозволяє скоротити бітвову швидкість, виключити неконтрольовані втрати інформації і знизити часову затримку на формування кода.

2. Отримала подальше розвиток технологія компресії сегментованих зображень на основі їх трансформування, відміння якої складається в стисненні бітвого представлення трансформант на основі рекуррентного реверсного позиційного структурно-вагового кодування. Це дозволяє знизити бітвову швидкість стиснутого потоку.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Аудиовізуальні системи зв'язі і вещання: нові технології третього тисячоліття, задачі і проблеми впровадження в Україні / [О.В. Гофайзен, А.І. Ляхов, Н.К. Михалов і др.] // Праці УНДІРТ. – 2000. – № 3. – с. 3-40.

[2]. Красноруцкий А.А. Позиционно структурно-ваговое кодирование бинарного представления трансформант / Баранник В.В., Хаханова А.В. // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. Харьков: ХНУРЕ. – 2011. – №157. – С. 23-29.

[3]. Баранник В.В. Кодирование трансформированных изображений в инфокоммуникационных системах / В.В. Баранник, В.П. Поляков – Х.: ХУПС, 2010. – 212 с.

[4]. Красноруцкий А.А. Обоснование проблемных сторон в видеоинформационного обеспечения в системе поддержки принятия решений / И.Е. Рогоза // Сучасна спеціальна техніка. – 2012. – №2 – С. 22-30.

[5]. Красноруцкий А.А. Построение правила формирования позиционных структурно-ваговых чисел в условиях кодообразования по заданной длине // Сучасна спеціальна техніка. – 2012. – №3 – С. 53-56.

[6]. Олифер В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. - СПб.: Питер, 2006. – 958 с.

[7]. Gonzales R.C. Digital image processing / R.C. Gonzales, R.E. Woods. - Prentice Inc. Upper Saddle River, New Jersey 2002. – 779 p.

REFERENCES

[1]. Gofayzen O.V., Lyakhov A.I., Mikhalov N.K. (2000), "Audiovision communications and broadcastings: new technologies of the third millennium, task and introduction problem in Ukraine", Pratsi UNDIRT, Vol. 3, pp. 3-40.

[2]. Krasnorutskiy A.A., Barannak V.V., Khakhanova A.V. (Kharkiv, 2011), "The Positional Structural-Weight Coding of the Binary View of Transformants", Avtomatizirovannye sistemu upravleniya i pribory avtomatiki, Vol. 157, pp. 23-29.

[3]. Barannak V.V., Polyakov V.P. (Kharkiv, KhUPS, 2010), "Coding of the transformed images in infocommunication systems", 212 p.

[4]. Krasnorutskiy A.A., Rogoza I.E. (2012), "Justification of the problem parties in video information support in system of decision-making", Suchasna spetsialna tekhnika, Vol. 2, pp. 22-30.

[5]. Krasnorutskiy A.A. (2012), "Creation of the formation rule of Positional Structural-Weight numbers in the conditions of a code formation on the set length", Suchasna spetsialna tekhnika, Vol. 3, pp. 53-56.

[6]. Oliner V.G., Oliner N.A. Computer networks. Principles, technologies, protocols: The textbook for higher education institutions. – SPb., Piter, 2006. – 958 p.

[7]. Gonzales R.C., Woods R.E. Digital image processing - Prentice Inc. Upper Saddle River, New Jersey 2002, 779 p.

МЕТОД РЕВЕРСНОГО КОДУВАННЯ СТРУКТУРНО-ВАГОВИХ ЧИСЕЛ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ БІТОВОЇ ШВИДКОСТІ ВІДЕОПОТОКУ

В даний час практично жодна технологія надання відео інформаційних послуг не можлива без попереднього зниження швидкості відео потоку. Для цього в інфо-комунікаційні системи інтегруються технології компресії зображень. Існуючі ступені стиснення при допустимій якості відео зображень не забезпечують необхідних бітових швидкостей. В результаті виявляється проблема, обумовлена недостатньою пропускнуною спроможністю телекомунікаційних мереж, і її відставанням від постійно зростаючої інтенсивності відео трафіку. В результаті необхідна бітова швидкість досягається за рахунок втрати цілісності ресурсу відео-інформації. Модернізація фізичної основи мережі представляє собою складний конструктивно технічний процес, і вимагає величезних інвестицій і часу. Тому подолання дисбалансу, що склався, між бітОВОЮ швидкістю і пропускнуною спроможністю мережі реалізується на основі вдосконалення технології компресії зображень. В статті викладаються етапи створення модифікованого позиційного кодування, що базується на формуванні коду, починаючи з молодших елементів і реалізації перехресного порядку відповідності між елементами числа і елементами стовпця масиву довжин серій бінарних елементів. Також проводиться обґрунтування: виключення неконтрольованих втрат інформації про двійкові об'єкти бінарного опису трансформант; скорочення кількості службової інформації; зниження кількості операцій для реалізації технології кодування. Розробляється рекурентне реверсне рівномірне кодування розширених позиційних структурно-вагових чисел змінної довжини, що базується на правилі селекції елементів для розширення числа.

Ключові слова: структурно-вагові числа, бітова швидкість, рекурентне реверсне кодування, інтенсивність відео потоку.

METHOD REVERSE ENCODING STRUCTURAL GRAVIMETRIC NUMBERS FOR DECLINE BIT RATE VIDEO STREAM

Presently practically all technology of video information services grant do with the preliminary decline of video-stream speed. For this purpose technologies of images compression are integrated in the info-communication systems. The existent compression degrees at video pictures possible quality do not provide the required bit speeds. A problem, conditioned the insufficient carrying

capacity of tele-communication networks, and its lag from constantly growing's intensities of video traffic, shows up as a result. As a result necessary bit speed is arrived at due to the loss of video information resource integrity. Modernization of network physical basis presents by itself difficult structurally technical process, and requires enormous investments and time. Therefore overcoming of the folded disbalance between bit speed and carrying capacity of network conducted on the basis of images compression technology perfection. In the article examined the stages of creation of the modified position coding of binary elements, being based on forming of code (since junior elements and realization of cross order of accordance between the number elements and by the elements of series lengths array column). A ground is conducted: exceptions of out-of-control losses of information about the binary objects of transforms binary description; reductions of service information content; declines of operations amount for technology coding realization. In the article developed recurrent reversible even coding of the extended position structural-weight numbers of variable length, being based on the rule of elements selection for number expansion.

Keywords: structural-weight numbers, bit speed, recurrent reversible coding, intensity of video stream.

Бараннік Володимир Вікторович, доктор технічних наук, професор, начальник кафедри Харківського університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба.

E-mail: barannik_v_v@mail.ru.

Бараннік Владимир Викторович, доктор технічних наук, професор, начальник кафедри Харківського університету Воздушних Сил імені Івана Кожедуба.

Barannak Vladimir, doctor of technical sciences, professor, Head of the Department of Ivan Kozhedub Air Force university.

Красноруцький Андрій Олександрович, аспірант кафедри «Мережі зв'язку» Харківського національного університету радіоелектроніки.

E-mail: krasnorycki@mail.ru.

Красноруцький Андрей Александрович, аспірант кафедри «Сети связи» Харківського національного університету радіоелектроніки.

Krasnorutskyi Andrii, Graduate student of The Department "Communication networks" of Kharkov national university of radioelectronics.