

УДК 629.391

В.В. БАРАННИК

Харьковский военный университет, Украина

УСЕЧЕННОЕ ДВУСВЯЗНОЕ БИНОМИАЛЬНО-ПОЛИАДИЧЕСКОЕ КОДИРОВАНИЕ ВИДЕОДАНЫХ

Изложено кодирование массивов видеоданных для передачи с борта космического аппарата, основанное на формировании кода-номера для усеченного двусвязного биномиально-полиадического числа. Проведена сравнительная оценка эффективности разработанного кодирования и обычного биномиально-полиадического кодирования по времени обработки и степени сжатия данных. Сделан вывод о возможности обработки видеоданных в реальном времени.

усеченное двусвязное биномиально-полиадическое число, степень сжатия, видеоданные

Введение

Дальнейшее развитие информационного обеспечения на борту космических аппаратов связано с передачей больших объемов видеоинформации без потери качества в реальном времени [1, 2]. Одним из направлений обеспечения данного требования является компактное представление видеоданных на основе биномиально-полиадического (БП) кодирования путем организации двусвязного или усеченного множеств. Однако в первом случае наибольшая эффективность достигается для сильнонасыщенных изображений, а во втором – для слабонасыщенных [3, 4]. Поэтому *цель статьи* состоит в разработке кодирования, обеспечивающего дополнительное увеличение степени сжатия и снижение временных затрат на обработку для различных классов изображений.

1. Разработка усеченного двусвязного кодирования

Предлагается представление данных, основанное на совмещении положительных свойств усеченного и двусвязного биномиально-полиадического кодирования данных [3, 4].

В этом случае предлагается связывать в пару значения сумм $w'_{\gamma-1}$ и w'_γ , которые находятся как

разность между значением суммы w_j для j -го БП числа и соответствующим количеством минимальных элементов a_{\min_i} :

$$w'_{\gamma-1} = w_j - \sum_{i=1}^{\gamma-1} a_{\min_i}; \quad w'_\gamma = w_j - \sum_{i=1}^{\gamma} a_{\min_i}. \quad (1)$$

Из сравнения формул (1) следует, что $w'_\gamma = w'_{\gamma-1} - a_{\min_\gamma}$. С учетом этого выражения количество $V(\{w'_{\gamma-1}, w'_\gamma\}, \Lambda)_m$ двусвязных БП чисел в усеченном БП множестве равно

$$V(\{w'_{\gamma-1}, w'_\gamma\}, \Lambda)_m = V(w_{\gamma-1}, \Lambda)_m - V(w_\gamma - \lambda'_\gamma, \Lambda)_m + V(w_{\gamma-1} - \lambda'_\gamma, \Lambda)_m, \quad (2)$$

где Λ – вектор, состоящий из m максимальных значений строк обрабатываемого массива; $V(w_{\gamma-1}, \Lambda)_m$, $V(w_\gamma - \lambda'_\gamma, \Lambda)_m$ и $V(w_{\gamma-1} - \lambda'_\gamma, \Lambda)_m$ – количество БП чисел, суммы элементов которых соответственно равны $w_{\gamma-1}$, $w_\gamma - \lambda'_\gamma$ и $w_{\gamma-1} - \lambda'_\gamma$; λ'_γ – максимальное значение γ -й строки массива видеоданных после уменьшения диапазона.

В соответствии с выражением (2) значение кода-номера $N(\{w'_{\gamma-1}, w'_\gamma\}, \Lambda)_m$ для усеченного двусвязного БП числа равно

$$N(\{w'_{\gamma-1}, w'_\gamma\}, \Lambda)_m = \sum_{i=1}^{m-1} V(\{w_{\gamma-1}, w'_\gamma\}, a'_{ij}, \Lambda^{(i+1)})_{m-i+1} =$$

$$\sum_{i=1}^{m-1} \left(V(w'_{\gamma, i}, a'_{ij}, \Lambda^{(i+1)})_{m-i+1} - V(w'_{\gamma-1, i} - \lambda'_i, a'_{ij}, \Lambda^{(i+1)})_{m-i+1} + V(w'_{\gamma, i} - \lambda'_i, a'_{ij}, \Lambda^{(i+1)})_{m-i+1} \right), \quad (3)$$

где $V(\{w'_{\gamma-1}, w'_{\gamma}\}, a'_{ij}, \Lambda^{(i+1)})_{m-i+1}$ – количество допустимых пар $\{w'_{\gamma-1}, w'_{\gamma}\}$ в a'_{ij} -м усеченном $(m-i+1)$ -мерном БП сечении; $V(w'_{\gamma, i}, a'_{ij}, \Lambda^{(i+1)})_{m-i+1}$ – количество БП чисел с суммой, равной w'_{γ} , в a'_{ij} -м усеченном $(m-i+1)$ -мерном БП сечении; $V(w'_{\gamma-1, i} - \lambda'_i, a'_{ij}, \Lambda^{(i+1)})_{m-i+1}$ – суммарное количество строк (столбцов) массива, содержащих сумму $0 \leq w'_u \leq w'_{\gamma-1} - 1$, в a'_{ij} -м усеченном $(m-i+1)$ -мерном БП сечении; $V(w'_{\gamma, i} - \lambda'_i, a'_{ij}, \Lambda^{(i+1)})_{m-i+1}$ – суммарное количество строк (столбцов), содержащих сумму $0 \leq w'_u \leq w_{\gamma} - 1$ в a'_{ij} -м усеченном $(m-i+1)$ -мерном БП сечении; a'_{ij} – значение ij -го элемента усеченного БП числа; λ'_i – усеченное ограничение на максимальное значение динамического диапазона в i -й строке обрабатываемого массива; $w'_{\gamma-1, i}$, $w'_{\gamma, i}$ – соответственно значения сумм $w_{\gamma-1}$ и w_{γ} на i -м шаге обработки; $\Lambda^{(i+1)}$ – вектор ограничений на динамический диапазон строк массива начиная с $(i+1)$ -й строки и заканчивая m -й строкой.

Замечание 1. Из анализа формулы (2) следует, что наибольшее значение

$$V(\{w'_{\gamma-1}, w'_{\gamma}\}, a'_{ij}, \Lambda^{(i+1)})_{m-i+1}$$

достигается для условия $w'_{\gamma} = w'_{\gamma-1}$, так как в этом случае $V(w'_{\gamma-1} - \lambda'_i, \Lambda)_m - V(w'_{\gamma} - \lambda'_i, \Lambda)_m = 0$, а $V(w'_{\gamma}, \Lambda)_m = V(w'_{\gamma-1}, \Lambda)_m$. Значит, понижение значения кода-номера достигается только за счет усечения допустимого множества. Поэтому для этого случая требуется разработать отдельный вариант нумерации. На основе формул (1) вариант,

когда значения сумм совпадают ($w'_{\gamma} = w'_{\gamma-1}$), возможен, если выполняется одно из равенств: $a_{\min_{\gamma}} = 0$ или $a_{\gamma} = 0$. При этом в каждом двумерном БП прямоугольнике допустимые последовательности представлены одной диагональю. Тогда случай, когда элемент с заданной суммой имеет одну или две нулевые координаты, может наблюдаться только один раз. Следовательно, появляется возможность пересчитывать не все элементы диагонали, а только один элемент, имеющий нулевые координаты, причем не во всех БП прямоугольниках присутствуют элементы с нулевыми координатами. Для учета особенностей БП прямоугольников при нумерации данных запишем выражение для величины $V(\{w'_{\gamma-1}, w'_{\gamma}\}, \Lambda)_m$ в случае $w'_{\gamma} = w'_{\gamma-1}$ через сумму произведений количества допустимых БП чисел в двумерном БП прямоугольнике $V(w'_{\gamma}, \Lambda)_2$ с начальным индексом ξ и суммарного количества двумерных БП прямоугольников v_{ξ} с индексом ξ во всем m -мерном БП прямоугольнике:

$$V(\{w'_{\gamma}, w'_{\gamma}\}, \Lambda)_m = \sum_{\xi=0}^{w'_{\gamma}} v_{\xi} V(\xi, \Lambda)_2 - \sum_{\xi=0}^{w'_{\gamma}-\lambda_{\gamma}} v_{\xi} V(\xi, \Lambda)_2 = \sum_{\xi=w'_{\gamma}-\lambda_{\gamma}+1}^{w'_{\gamma}} v_{\xi} V(\xi, \Lambda)_2, \quad (4)$$

где ξ изменяется в общем случае от 0 до w'_{γ} , поскольку рассматриваются симметричные БП коэффициенты.

Для подсчета количества допустимых последовательностей представим правую часть выражения (4) через биномиально-полиадические коэффициенты. При этом будет учитываться, что $V(\xi, \Lambda)_2 = 1$:

$$V(\{w'_{\gamma}, w'_{\gamma}\}, \Lambda)_m = V(w'_{\gamma}, \Lambda)_{m-1}. \quad (5)$$

Анализ выражения (5) показывает, что за счет учета свойств БП прямоугольников количество допустимых усеченных двусвязных БП чисел сокращается в таких случаях:

1. Уменьшение мерности БП коэффициентов на 1:

$$V(w'_\gamma, \Lambda)_{m-1} \leq V(w'_\gamma, \Lambda)_m.$$

2. Дополнительное снижение величины допустимых БП чисел на количество последовательностей в двумерных БП прямоугольниках, у которых начальный индекс изменяется в пределах $0 \leq \xi \leq w'_\gamma - \lambda'_\gamma$.

Таким образом, разработано усеченное двусвязное биномиально-полиадическое представление видеоданных. Предложенное кодирование относительно усеченного и двусвязного БП представлений позволяет:

1. Исключить затраты разрядов на представление связывающей суммы.
2. Дополнительно сократить множество допустимых последовательностей относительно двусвязного представления.
3. Уменьшить количество операций за счет уменьшения значения суммы и продвижения обрабатываемой последовательности к начальному уровню в допустимом БП множестве.

2. Оценка эффективности усеченного двусвязного кодирования

Для нахождения значения дополнительного коэффициента сжатия $\Delta k_{сж}$, достигающего за счет перехода от БП представления к усеченному двусвязному БП представлению, рассмотрим отношение суммы логарифмов, взятых от объемов $V(w_j, \Lambda)_m$ и $V(\{w'_1, w'_2\}, \Lambda)_m$ по всему обрабатываемому изображению размером $Z_r \times Z_b$:

$$\Delta k_{сж} = \frac{\sum_{j=1}^{Z_r \times Z_b / m} (\lceil \log_2 V(w_j, \Lambda)_m \rceil + 1)}{\sum_{j=1}^{Z_r \times Z_b / m} (\lceil \log_2 V(\{w'_1, w'_2\}, \Lambda)_m \rceil + 1)},$$

где $V(w_j, \Lambda)_m$ – максимальное количество допустимых БП чисел с суммой w_j .

Для определения количества операций, затра-

чиваемых на формирование кода-номера усеченного двусвязного БП числа рассмотрим выражение (3), откуда вытекает, что время T_k на БП обработку и T'_k на усеченную двусвязную БП обработку находится по формулам

$$T_k = \frac{\sum_{j=1}^{Z_r \times Z_b / m} 2m + \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{\eta=0}^{m-i+1} H_{m,\eta,\Lambda,w_j} \times (m-i)}{U_{обр}};$$

$$T'_k = \frac{\sum_{j=1}^{Z_r \times Z_b / m} 2m + \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{\eta=0}^{m-i+1} H_{m,\eta,\Lambda',w'_j} \times (m-i)}{U_{обр}},$$

где $H_{m,\eta,\Lambda,w}$, H_{m,η,Λ',w'_j} – количество слагаемых с равным числом оснований λ_i для обычного БП и для двусвязного БП кодирования.

Результаты расчетов значений $\Delta k_{сж}$, T_k и T'_k для различных классов изображений размером 800×600 элементов ($m = 8$, $m = 16$) и скорости выполнения машинных операций $U_{обр} = 10^8$ (м.о./с) представлены в виде графиков соответственно на рис. 1 и 2. Из анализа графиков на рис. 1, 2 вытекает, что за счет перехода от обычного БП к усеченному двусвязному БП представлению достигается:

- дополнительное увеличение степени сжатия от 4,3 до 5,7 раз для $m = 8$ и от 6,88 до 9,12 раз для $m = 16$;
- выигрыш по времени кодирования от 3 до 4,2 раз в зависимости от степени насыщенности изображений.

Заключение

Разработано усеченное двусвязное биномиально-полиадическое представление видеоданных, основанное на совмещении положительных свойств $\Delta k_{сж}$ усеченного и двусвязного БП представления. Предложенное кодирование относительно обычного БП представления обеспечивает:

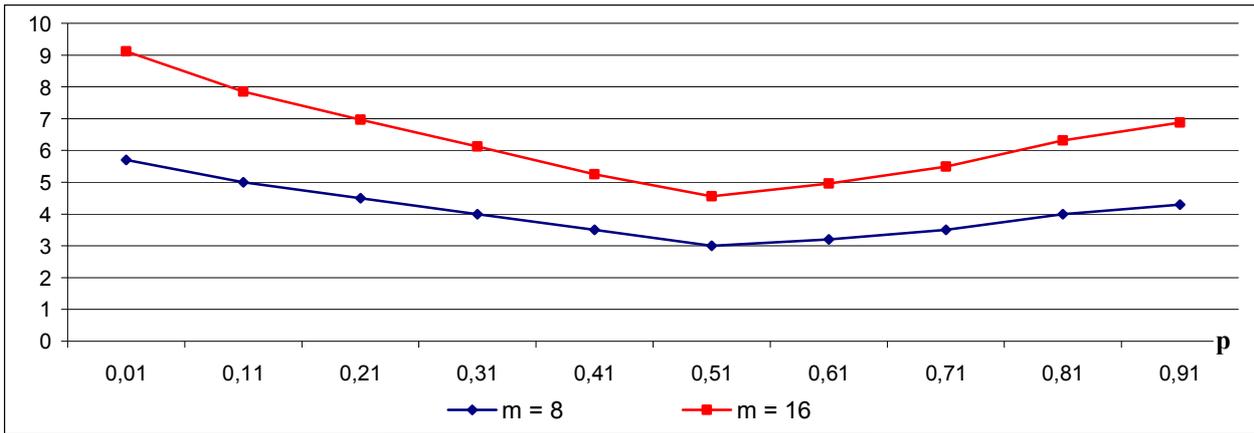


Рис. 1. Зависимости величины $\Delta k_{cж}$ от степени насыщенности изображений для $m = 8$ и $m = 16$

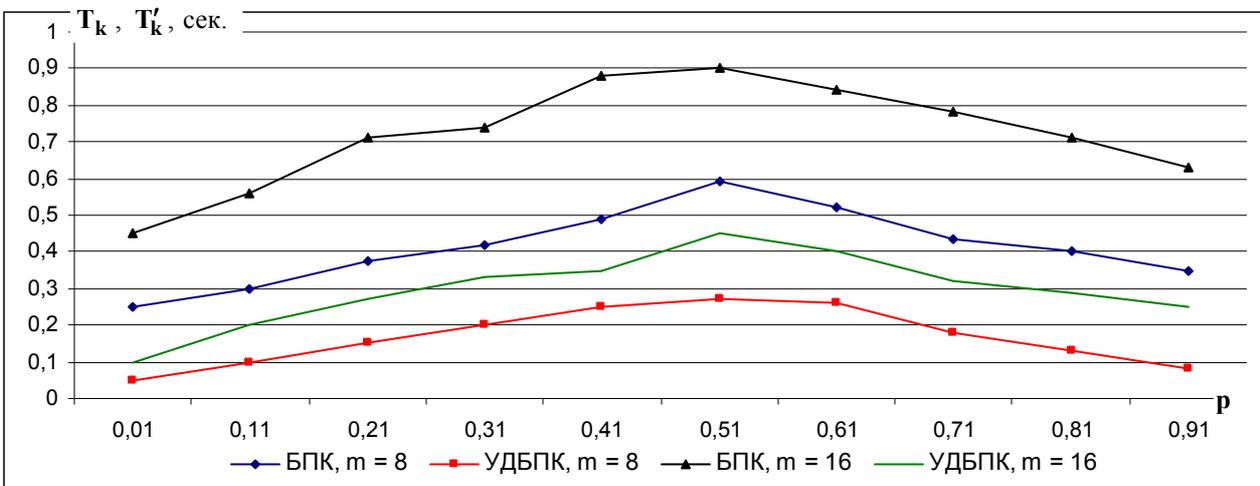


Рис. 2. Зависимости значений T_k и T'_k от степени насыщенности изображений для $m = 8$ и $m = 16$

1. Дополнительное увеличение степени сжатия в среднем от **4,3** до **5,7** раз для $m = 8$ и от **6,88** до **9,12** раз для $m = 16$.

2. Выигрыш по времени кодирования от **3** до **4,2** раз в зависимости от степени насыщенности изображений.

Литература

1. Бондарев В.Н., Трестер Г., Чернега В.С. Цифровая обработка сигналов: методы и средства. – Х.: Конус, 2001. – 398 с.

2. Ватолин В., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео. – М.: ДИАЛОГ –

МИФИ, 2002. – 384 с.

3. Королев А.В., Баранник В.В., Гиневский А.М. Метод компактного представления цветowych координат и длин серий // Системы обработки информации. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2002. – Вип. 1(17). – С. 3 – 12.

4. Баранник В.В. Метод одномерного биномиально-полиадического кодирования // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2003. – № 2. – С. 61 – 66.

Поступила в редакцию 17.12.2003

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.Н. Фоменко, Харьковский военный университет, г. Харьков