

УСЕЧЕННОЕ СВЯЗНОЕ БИНОМИАЛЬНО-ПОЛИАДИЧЕСКОЕ ДЕКОДИРОВАНИЕ

к.т.н. В.В. Баранник

(представил д.т.н., проф. А.В. Королёв)

Излагается быстрое усеченное связное биномиально-полиадическое декодирование, позволяющее восстанавливать видеоданные с нулевой погрешностью в реальном времени.

Введение. Основными факторами, увеличивающими нагрузку на телекоммуникационные системы, являются большие объемы видеoinформации [1, 2], ограниченные возможности вычислительных систем по быстродействию и скорости передачи данных по каналам связи и относительно небольшие значения коэффициентов сжатия изображений без потери качества.

Для снижения требований к скорости передачи данных и быстродействию их обработки необходимо осуществлять их компактное представление [3 – 5]. В работе [5] разработано усеченное двусвязное биномиально-полиадическое (УДБП) кодирование, обеспечивающее высокие степени сжатия видеоданных без потери качества при небольших временных затратах на их обработку. Однако, для получения достоверной информации необходимо восстановление УДБП чисел. Поэтому **целью статьи** является разработка усеченного двусвязного биномиально-полиадического декодирования.

Разработка быстрой усеченной двусвязной биномиально-полиадической денумерации. Для организации быстрого восстановления усеченных биномиально-полиадических чисел необходимо, чтобы их весовые коэффициенты удовлетворяли требованиям, предъявляемым теоремой о быстрой БП денумерации [4]: симметричностью и монотонностью.

Проверим наличие данных свойств для УДБП коэффициентов $V\left(\{w'_j, w'_\gamma\}, \Lambda\right)_m$, где $\{w'_j, w'_\gamma\}$ – парная сумма, в которой сумма w'_j является основной, а сумма w'_γ – зависимая по γ -му элементу;

$A_{\min} = \{a_{\min_i}\}_{i=1, \overline{m}}$ и $\Lambda' = \{\lambda'_1, \lambda'_2, \dots, \lambda'_m\}$ – соответственно вектора минимальных значений и ограничений на динамический диапазон в строках обрабатываемого массива.

Симметричность усеченных двусвязных БП коэффициентов вытекает из того, что они формируются в результате линейных преобразований над симметричными БП коэффициентами. Центром симметрии является БП линейка, содержащая максимальное количество допустимых усеченных двусвязных последовательностей. Поэтому существует возможность для определения начального индекса a'_{\max_i} БП линейки с максимальным количеством УДБП чисел

$$a'_{\max_i} = \begin{cases} 0, & w'_{sr_i} \geq w'_{ji} + 1; \\ w'_{ji} + 1 - w'_{sr_i}, & \lambda'_i < w'_{sr_i} < w'_{ji} + 1; \\ \lambda'_i, & w'_{sr_i} \geq \lambda'_i, \end{cases} \quad (1)$$

где w'_{sr_i} – среднее значение суммы на i -м шаге декодирования.

Свойство **монотонности** состоит в том, что чем больше расстояние от средней БП линейки до текущей, тем меньшее количество усеченных двусвязных БП чисел она содержит. В этом случае на каждом ξ -м шаге приближения при восстановлении i -го элемента УДБП числа должно выполняться неравенство

$$\begin{aligned} & V\left(\left\{w'_{ji} - a_{\xi i}^{\bullet}, w'_{\gamma i} - a_{\xi i}^{\bullet}\right\}, \Lambda^{(i+1)'}\right)_{m-i} > \\ & > V\left(\left\{w'_{ji} - a_{\xi+1, i}^{\bullet}, w'_{\gamma i} - a_{\xi+1, i}^{\bullet}\right\}, \Lambda^{(i+1)'}\right)_{m-i}, \end{aligned} \quad (2)$$

где $V\left(\left\{w'_{ji} - a_{\xi i}^{\bullet}, w'_{\gamma i} - a_{\xi i}^{\bullet}\right\}, \Lambda^{(i+1)'}\right)_{m-i}$, $V\left(\left\{w'_{ji} - a_{\xi+1, i}^{\bullet}, w'_{\gamma i} - a_{\xi+1, i}^{\bullet}\right\}, \Lambda^{(i+1)'}\right)_{m-i}$ – количество допустимых усеченных двусвязных последовательностей для БП линеек с начальными индексами, соответственно равными $\left(w'_{ji} - a_{\xi i}^{\bullet}\right)$ и $\left(w'_{ji} - a_{\xi+1, i}^{\bullet}\right)$.

Доказательства монотонности основывается на том, что последовательности из УДБП коэффициентов являются однопереходными. Следовательно, свойства УДБП коэффициентов удовлетворяют требованиям теоремы о быстрой денумерации БП чисел [4]. Тогда для заданных значений векторов A_{\min} , Λ' , суммы w'_j и индекса γ , по которому проводится связывание двух последовательностей, восстановление

усеченных двусвязных биномиально-полиадических чисел по коду-номеру $N(\{w'_j, w'_\gamma\}, \Lambda')_m$, организуется за $\sum_{i=1}^m v_i$ итераций ($v_i \leq \log_2 \lambda'$)

на основе системы выражений:

$$\begin{aligned}
 a'_i &= \begin{cases} a'_{\max_i} + 1 + \sum_{\xi=1}^{v_i-1} \Delta a_{\xi i}^\bullet, N(\{w'_{ji}, w'_{\gamma i}\}, \Lambda^{(i)'})_{m-i+1} > \\ > V(\{w'_{ji}, w'_{\gamma i}\}, a'_{\max_i} + 1, \Lambda^{(i+1)'})_{m-i+1}; \\ a'_{\max_i} + 1 - \sum_{\xi=1}^{v_i-1} \Delta a_{\xi i}^\bullet, N(\{w'_{ji}, w'_{\gamma i}\}, \Lambda^{(i)'})_{m-i+1} < \\ < V(\{w'_{ji}, w'_{\gamma i}\}, a'_{\max_i} + 1, \Lambda^{(i+1)'})_{m-i+1}; \end{cases} \\
 &N(\{w'_{j,i+1}, w'_{\gamma,i+1}\}, \Lambda^{(i+1)'})_{m-i} = \\
 &= N(\{w'_{ji}, w'_{\gamma i}\}, \Lambda^{(i)'})_{m-i+1} - V(\{w'_{j,i}, w'_{\gamma,i}\}, f_{i\xi}, \Lambda^{(i+1)'})_{m-i+1}, \\
 &N(\{w'_{ji}, w'_{\gamma i}\}, \Lambda^{(i)'})_{m-i+1} > V(\{w'_{ji}, w'_{\gamma i}\}, a'_{\max_i} + 1, \Lambda^{(i+1)'})_{m-i+1}; \\
 &N(\{w'_{j,i+1}, w'_{\gamma,i+1}\}, \Lambda^{(i+1)'})_{m-i} = \\
 &= N(\{w'_{ji}, w'_{\gamma i}\}, \Lambda^{(i)'})_{m-i+1} - V(\{w'_{ji}, w'_{\gamma i}\}, g_{i\xi} + 1, \Lambda^{(i+1)'})_{m-i+1}; \\
 &N(\{w'_{ji}, w'_{\gamma i}\}, \Lambda^{(i)'})_{m-i+1} < V(\{w'_{ji}, w'_{\gamma i}\}, a'_{\max_i} + 1, \Lambda^{(i+1)'})_{m-i+1}. \\
 f_{i\xi} &= a'_{\max_i} + 1 + \sum_{u=1}^{\xi} \Delta a_{ui}^\bullet; \quad g_{i\xi} = a'_{\max_i} + 1 - \sum_{u=1}^{\xi} \Delta a_{ui}^\bullet; \quad 1 \leq u \leq v_i; \quad \Delta a_{v_i}^\bullet = 0; \quad i = \overline{1, m}; \\
 \text{для } i=1 \quad &N(\{w'_{j,1}, w'_{\gamma,1}\}, \Lambda^{(1)'})_m = N(\{w'_j, w'_\gamma\}, \Lambda')_m, \quad (3)
 \end{aligned}$$

где a'_i – восстанавливаемое значение i -го элемента усеченного двусвязного биномиально-полиадического числа; $N(\{w'_{ji}, w'_{\gamma i}\}, \Lambda^{(i)'})_{m-i+1}$,

$N(\{w'_{j,i+1}, w'_{\gamma,i+1}\}, \Lambda^{(i+1)'})_{m-i}$ – значения кодов-номеров соответственно на i -м

и на $i + 1$ -м шагах декодирования; $V \left(\{w'_{ji}, w'_{\gamma i}\}, a'_{\max_i} + 1, \Lambda^{(i+1)'} \right)_{m-i+1}$ –

количество допустимых усеченных двусвязных биномиально-полиадических чисел в УДБП сечении длиной, равной $(a'_{\max_i} + 1)$;

$V \left(\{w'_{ji} - f_{i\xi}, w'_{\gamma i} - f_{i\xi}\}, \Lambda^{(i+1)'} \right)_{m-i}$ – количество допустимых усеченных

двусвязных биномиально-полиадических чисел, содержащихся в $(m - i)$ -мерной полной УДБП линейке с начальным индексом, равным $f_{i\xi}$ и с сум-

мами $\{w'_{ji}, w'_{\gamma i}\}$; $\Delta a_{\xi i}^\bullet$ – значение расстояния между линейками с начальны-

ми индексами $f_{i, \xi-1}$ и $f_{i\xi}$; $\sum_{u=1}^{v_i-1} \Delta a_{ui}^\bullet$ – расстояние между a'_{\max_i} и истинным

значением a'_i ; a'_{\max_i} – начальный индекс $(m - 1)$ -мерной УДБП линейки, содержащей наибольшее количество допустимых последовательностей, среди всех $(m - i)$ -мерных линейек, принадлежащих $(m - i + 1)$ -мерному УДБП прямоугольнику; ξ – индекс итерации процесса приближения к значению a'_i .

Системы выражений (3) обеспечивают восстановление усеченных двусвязных БП чисел. Для получения исходных БП чисел по восстановленным УДБП числам необходимо выполнить преобразование $a_i = a'_i + a_{\min_i}$, $i = \overline{1, m}$.

Таким образом, разработано быстрое усеченное связанное биномиально-полиадическое декодирование, позволяющее восстановить исходные элементы с учетом особенности УДБП коэффициентов, т.е. зависимости от значения двух сумм; усеченного множества допустимых последовательностей; адаптации к минимальному значению λ'_i ; адаптивности к случаю, когда $w'_j = w'_\gamma$.

Оценка эффективности быстрого усеченного двусвязного биномиально-полиадического декодирования. Экспериментальная оценка временных затрат на восстановление биномиально-полиадических чисел на основе быстрого усеченного двусвязного биномиально-полиадического декодирования (БУДБПД) и обычного быстрого БП декодирования (ББПД) проводилась для реалистических изображений с различной степенью насыщенности при длине столбца обрабатываемого массива $m = 8$ и $m = 16$, размере изображения $Z_T \times Z_B = 800 \times 600$ элементов и скорости выполнения машинных опе-

раций $U_{\text{обр}} = 10^8$ (м.о./с). Результаты экспериментов показали, что время T'_d восстановления исходных последовательностей на основе быстрого усеченного двусвязного биномиально-полиадического декодирования меньше времени T_d восстановления на основе быстрого биномиально-полиадического декодирования в среднем от 4 до 5 раз в зависимости от степени насыщенности изображений.

Заключение. 1. Разработано быстрое усеченное связное биномиально-полиадическое декодирование, основанное на свойствах симметричности и однопереходности усеченных двусвязных биномиально-полиадических коэффициентов.

2. Разработанное декодирование позволяет снизить время восстановления видеоданных по сравнению с быстрым биномиально-полиадическим декодированием в среднем от 4 до 5 раз в зависимости от степени насыщенности изображений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зубарев Ю.В., Дворкович В.П. *Цифровая обработка телевизионных и компьютерных изображений.* – М.: Международный центр научной и технической информации, 1997. – 212 с.
2. Ватолин В.И., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В. *Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео.* – М.: ДИАЛОГ – МИФИ, 2002. – 384 с.
3. Королёв А.В., Баранник В.В., Гиневский А.М. *Метод компактного представления цветовых координат и длин серий // Системы обработки информации.* – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2002. – Вып. 1(17). – С. 3 – 12.
4. Баранник В.В. *Быстрая биномиально-полиадическая денумерация // Моделирование та інформаційні технології.* – К.: ИПМС, НАНУ. – 2003. – Вып. 22. – С. 18 – 25.
5. Баранник В.В. *Метод двумерного структурного кодирования двоичных данных // Радиоэлектроника и информатика.* – 2003. – № 1. – С. 109 – 112.

Поступила 12.04.2004

БАРАННИК Владимир Викторович, с.н.с., канд. техн. наук, старший научный сотрудник информационно-вычислительного центра ХВУ. В 1994 году окончил ХВУ. Область научных интересов – обработка и передача информации.