

УДК 621.327:681.5

П.М. Гуржий¹, Н.А. Королёва²¹Военный институт телекоммуникаций и информатизации Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт», Полтава²Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ СЖАТИЯ И ВРЕМЕНИ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Проведена оценка степени сжатия видеоданных, методом сжатия изображений на основе смешанного полиадического кодирования массивов длин серий и цветовых координат. Получены выражения для определения среднего объема сжатого видеоизображения, вычислено среднее число машинных операций, затрачиваемых на компактное представление изображения, найдено среднее время затрачиваемое на компрессию видеоданных.

Ключевые слова: телекоммуникационные сети, изображения, цветовые координаты, полиадический код, сжатие, полиадическое пространство.

Введение

Постановка проблемы. В настоящее время в телекоммуникационных сетях циркулируют громадные объемы информационных сообщений. Для конечного пользователя наиболее важным является доставка достоверного сообщения в кратчайшие временные сроки, при этом время доведения сообщений напрямую зависит от его цифрового объема.

Анализ литературы. Среди всего потока циркулирующих информационных сообщений в телекоммуникационных сетях, наибольшие объемы (до 60-70 процентов) припадают видеоданные. Существующие методы сжатия изображений без потери качества позволяют уменьшить объем видеосообщений в среднем до 1,5 – 2,2 раз, однако такие коэффициенты достигаются только при обработке слабо и средненасыщенных изображений, а при обработке высоконасыщенных изображений коэффициенты не превышают 1,3 раза [1 – 3]. В связи с этим существует необходимость дальнейшего совершенствования методов сжатия без потери качества, с целью увеличения коэффициента сжатия, без дополнительных временных затрат на компрессию и декомпрессию.

В работах [4 – 6] для дополнительного повышения коэффициента сжатия видеоданных был предложен метод сжатия изображений на основе смешанного полиадического кодирования массивов длин серий и цветовых координат. Проведем оценку коэффициента сжатия и времени затрачиваемого на обработку изображений предложенным методом.

Изложение основного материала

Для получения значений времени обработки и коэффициента сжатия изображений необходимо:

1. Определить средний объем сжатого видео-

изображения.

2. Вычислить среднее число машинных операций, затрачиваемых на компактное представление изображения и найти среднее время затрачиваемое на сжатие $T_{сж}$ изображения.

Рассмотрим перечисленные подзадачи.

1. *Определение коэффициента сжатия $k_{сж}$ изображений компактно представленных с помощью разработанного метода.* Значение $k_{сж}$ находится по формуле:

$$k_{сж} = \frac{W_{исх}}{W_{сж}}, \quad (1)$$

где $W_{исх}$ – цифровой объем исходного изображения; $W_{сж}$ – цифровой объем сжатого изображения.

Из выражения (1) видно, что для определения $k_{сж}$ необходимо вычислить объем сжатого изображения $W_{сж}$.

Цифровой объем $W_{сж}$ сжатого изображения равен:

$$W_{сж} = W_{цк} + W_{дс} + W_{си}, \quad (2)$$

где $W_{цк}$ – суммарное количество разрядов, необходимых для представления полиадических кодов цветовых координат; $W_{дс}$ – объем кодового представления полиадических кодов длин серий; $W_{си}$ – количество разрядов затрачиваемых на представление служебной информации.

Вычисление объема $W_{цк}$ полиадических кодов цветовых координат. Известно, что под каждый полиадический код отводится одинаковое количество разрядов M (по условию обработки длина машинного слова постоянная для всего кадра), соответственно значение $W_{цк}$ находится по формуле:

$$W_{\text{цк}} = v N^{\text{цк}} M, \quad (3)$$

где $v N^{\text{цк}}$ – количество полиадических кодов цветных координат для всего сжатого изображения.

При этом необходимо учитывать, что суммарное количество цветных координат $v_{\text{цк}}$ равно количеству серий одинаковых элементов $v_{\text{дс}}$ во всем изображении:

$$v_{\text{цк}} = v m_{\text{цк}} n_{\text{цк}} = v_{\text{дс}} = v m_{\text{дс}} n_{\text{дс}},$$

где $m_{\text{дс}}$ – количество строк в массиве длин серий; $n_{\text{дс}}$ – количество столбцов в массиве длин серий; $m_{\text{цк}}$ – количество строк в массиве цветных координат; $n_{\text{цк}}$ – количество столбцов в массиве цветных координат.

Массивы цветных координат обрабатываются разностным полиадическим кодом с гибким выбором начального уровня отсчета. В этом случае одним полиадическим кодом могут быть представлены как несколько элементов, так и несколько столбцов массива C . За счет гибкого выбора начального уровня отсчета и запрета комбинаций, не удовлетворяющих системам ограничений дополнительно сокращается динамический диапазон обрабатываемых данных. Для определения объема $W_{\text{цк}}$ матрицы разностных полиадических кодов цветных координат требуется знать среднее количество $v c_{ij}^{\text{cp}}$ элементов массива C , для которых формируется один разностный полиадический код. Поскольку по условию обработки длина машинного слова равна M разрядов для всего кадра, то $v c_{ij}^{\text{cp}}$ равно:

$$v c_{ij}^{\text{cp}} = \frac{\log_2 M}{\log_2 m [R_{\text{цк}}]}, \quad (4)$$

где $m [R_{\text{цк}}]$ – математическое ожидание значения разностного полиадического числа, вычисленного для одного элемента массива цветных координат; $\frac{M}{m [R_{\text{цк}}^{\text{пр}}]}$ – количество раз, во сколько максимальное значение, хранимое в машинном слове превышает математическое ожидание значения разностного полиадического числа элемента массива цветных координат.

Учитывая выражение (4) формула для объема $W_{\text{цк}}$ примет вид:

$$W_{\text{цк}} = \frac{v_{\text{цк}}}{v c_{ij}^{\text{cp}}} M, \quad (5)$$

где $v_{\text{цк}}$ – суммарное количество цветных координат во всем изображении; $v c_{ij}^{\text{cp}}$ – среднее количе-

ство элементов массива C для которых формируется один разностный полиадический код; M – длина машинного слова.

Найдем выражение для вычисления объема $W_{\text{дс}}$. Поскольку под каждый полиадический код отводится одинаковое количество разрядов M , значение $W_{\text{дс}}$ находится по формуле:

$$W_{\text{дс}} = v N^{\text{дс}} M, \quad (6)$$

где $v N^{\text{дс}}$ – количество полиадических кодов длин серий для всего сжатого изображения.

Массивы длин серий обрабатываются в смешанном полиадическом пространстве. В этом случае одним полиадическим кодом могут быть представлены как несколько элементов, так и несколько столбцов массива L . При обработке в смешанном полиадическом пространстве отдельные строки массивов длин серий будут представлены в абсолютном полиадическом пространстве, а остальные в разностном полиадическом пространстве с гибким выбором начального уровня отсчета. Формирование кода-номера осуществляется одновременно для всех элементов массивов длин серий независимо от того, в каком пространстве они представлены. За счет гибкого выбора начального уровня отсчета и запрета комбинаций, не удовлетворяющих системам ограничений, дополнительно сокращается динамический диапазон обрабатываемых данных. Для определения объема $W_{\text{дс}}$ матрицы разностных полиадических кодов длин серий требуется знать среднее количество $v \ell_{ij}^{\text{cp}}$ элементов массива L , для которых формируется один полиадический код в смешанном полиадическом пространстве. Поскольку по условию обработки длина машинного слова равна M разрядов для всего кадра, то $v \ell_{ij}^{\text{cp}}$ равно:

$$v \ell_{ij}^{\text{cp}} = \frac{\log_2 M}{\log_2 m [Q_{\text{дс}}]}, \quad (7)$$

где $m [Q_{\text{дс}}]$ – математическое ожидание значения смешанного полиадического числа, вычисленного для одного элемента массива длин серий; $\frac{M}{m [Q_{\text{дс}}]}$ –

количество раз, во сколько максимальное значение, хранимое в машинном слове превышает математическое ожидание значения смешанного полиадического числа элемента массива длин серий.

Учитывая выражение (8) формула для объема $W_{\text{дс}}$ примет вид:

$$W_{\text{дс}} = \frac{v_{\text{дс}}}{v \ell_{ij}^{\text{cp}}} M, \quad (9)$$

где $v_{\text{дс}}$ суммарное количество длин серий во всем

изображении; $v \ell_{ij}^{cp}$ среднее количество элементов массива \mathbf{L} , для которых формируется один простой разностный полиадический код; M – длина машинного слова.

Получим выражение для нахождения цифрового объема $W_{си}$ служебных данных. Служебной информацией в массивах длин серий и цветовых координат являются основания полиадических кодов – максимальные значения в строках λ_i и столбцах χ_j , а также минимальные значения в строках μ_i массивов. Количество оснований полиадических кодов цветовых координат и длин серий равно соответственно количеству строк и столбцов в массивах \mathbf{C} и \mathbf{L} . Значит, количество оснований $v_{осн}$ с учетом всех массивов длин серий и всех массивов цветовых координат будет равно:

$$v_{осн} = v (m_{дс} 2n_{дс} + m_{цк} 2n_{цк}). \quad (10)$$

Поскольку основания массивов длин серий и цветовых координат имеют различный динамический диапазон, формируются отдельно массивы, состоящие из значений $\lambda_i^{дс}$, $\chi_j^{дс}$, $\mu_i^{дс}$ для массивов длин серий и $\lambda_i^{цк}$, $\chi_j^{цк}$, $\mu_i^{цк}$ для массивов цветовых координат.

Цифровой объем $W_{си}$ служебных данных равен

$$W_{си} = W_{цк}^{си} + W_{дс}^{си}, \quad (11)$$

где $W_{цк}^{си}$ – суммарное количество разрядов, необходимых для представления служебной информации полиадических кодов длин серий; $W_{дс}^{си}$ – количество разрядов затрачиваемых на представление служебной информации полиадических кодов длин серий.

Цифровые объемы $W_{цк}^{си}$ и $W_{дс}^{си}$ свою очередь равны:

$$W_{цк}^{си} = W_{цк}^{\lambda_i} + W_{цк}^{\chi_j} + W_{цк}^{\mu_i}; \quad (12)$$

$$W_{дс}^{си} = W_{дс}^{\lambda_i} + W_{дс}^{\chi_j} + W_{дс}^{\mu_i}, \quad (13)$$

где $W_{цк}^{\lambda_i}$ – суммарное количество разрядов, необходимых для представления полиадических кодов массивов значений $\lambda_i^{цк}$; $W_{цк}^{\chi_j}$ – суммарное количество разрядов, необходимых для представления полиадических кодов массивов значений $\chi_j^{цк}$; $W_{цк}^{\mu_i}$ – суммарное количество разрядов, необходимых для представления полиадических кодов массивов значений $\mu_i^{цк}$; $W_{дс}^{\lambda_i}$ – суммарное количество разрядов, необходимых для представления полиадических кодов массивов значений $\lambda_i^{дс}$; $W_{дс}^{\chi_j}$ – суммарное

количество разрядов, необходимых для представления полиадических кодов массивов значений $\chi_j^{дс}$;

$W_{дс}^{\mu_i}$ – суммарное количество разрядов, необходимых для представления полиадических кодов массивов значений $\mu_i^{дс}$.

Запишем теперь выражения для определения $k_{сж}$:

$$k_{сж} = \frac{W_{исх}}{W_{цк} + W_{дс} + W_{си}}, \quad (14)$$

где $W_{исх} = Z_g \times Z_v \log_2 B = vm[\ell] m_{дс} n_{дс} \log_2 B$ – объем цифрового представления исходного изображения; $k_{сж}$ – коэффициент сжатия для случая, когда массивы цветовых координат представляются разностными полиадическими кодами с гибким выбором начального уровня отсчета, а массивы длин серий обрабатываются в смешанном полиадическом пространстве.

Графики зависимости значений коэффициентов сжатия $k_{сж}$ от вероятности цветового перепада p приведены на рис. 1.

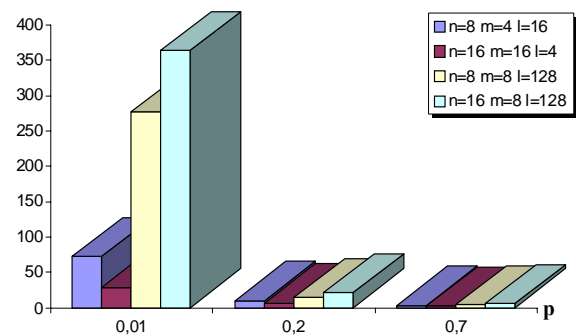


Рис. 1. Графики зависимости значений коэффициента сжатия $k_{сж}$ от вероятности цветового перепада p , размеров массива и максимального значения длины серии

2. *Определение количества операций, затрачиваемых на сжатие изображения разработанным методом.* Основное количество операций отводится для формирования массивов цветовых координат, массивов длин серий и вычисления полиадических чисел для элементов этих массивов. Для образования всех массивов цветовых координат и массивов длин серий необходимо выполнить $Z_m \times Z_n$ операций сравнения (где $Z_m \times Z_n$ – количество элементов изображения в кадре).

Если обработка массивов цветовых координат и массивов длин серий проводится в смешанном полиадическом пространстве, то затрачивается дополнительно $v m_{дс} n_{дс}$ операций сравнения. С учетом этого количество операций $k_{оп}$ вычисляется по формуле

$$k_{\text{оп}} = Z_m \times Z_n + 10vm_{\text{дс}}n_{\text{дс}} = Z_m \times Z_n \left(1 + \frac{10}{m[\ell]} \right). \quad (15)$$

На основе выражения (15) можно найти время сжатия:

$$T_{\text{сж}} = \frac{Z_m \times Z_n \left(1 + \frac{10}{m[\ell]} \right)}{V_{\text{сж}}}, \quad (16)$$

где $T_{\text{сж}}$ – время, необходимое для обработки массивов цветовых координат и массивов длин серий кадра в смешанном полиадическом пространстве; $V_{\text{сж}}$ – скорость сжатия, выражаемая в (оп./с).

Таким образом, получены выражения для определения времени кодирования и количества операций, затрачиваемых на сжатие.

Выводы

Анализ зависимости значений коэффициента сжатия $k_{\text{сж}}$ от вероятности цветового перепада p , размеров массива \mathbf{C} : $m_{\text{цв}} \times n_{\text{цв}}$ и максимального значения длины серии ℓ_{max} показывает что, случае полиадического кодирования массивов \mathbf{C} и \mathbf{L} в смешанном полиадическом пространстве степень сжатия $k_{\text{сж}}$ изображений изменяется в пределах от **2,9** до **363,6** в зависимости от класса изображений, размеров массивов цветовых координат и длин серий, а также максимальной длины серии ℓ_{max} (рис. 1). Степень сжатия зависит от четырех составляющих: размеров областей закрашенных одним цветом (определяет количество структурной избыточности), количества комбинаторной избыточности в массивах цветовых координат и в массивах длин серий, а также количество структурной избыточности, которая устраняется в результате уменьшения диапазонов массивов \mathbf{C} и \mathbf{L} . В зависимости от класса изображения количество комбинаторной и структурной

избыточности будет различным. Для слабонасыщенных изображений увеличивается количество структурной избыточности, обусловленной большими размерами областей закрашенных одним цветом. Для таких изображений уменьшается количество массивов \mathbf{C} и \mathbf{L} , а также удается в большей степени снизить диапазон значений элементов этих массивов. Поэтому наибольшая степень сжатия достигается для слабонасыщенных изображений.

Список литературы

1. Ватолин В.И., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео. – М.: ДИАЛОГ – МИФИ, 2002. – 384 с.
2. Gonzalez, Rafael C; Woods, Richard E. Digital Image Processing, 2nd ed. – published by Pearson Education, Inc. publishing as Prentice Hall., 2002. – 793 p.
3. Бондарев В.Н, Трестер Г., Чернега В.С. Цифровая обработка сигналов: методы и средства. – Севастополь: СевГТУ, 1999. – 398 с.
4. Баранник В.В., Гуржій П.М. Кодирование массивов цветовых координат в разностном полиадическом пространстве // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2005. – Вип. 1 (9). – С. 44-49.
5. Баранник В.В., Гуржій П.М. Полиадическое кодирование массивов длин серий в смешанной системе оснований // Авиационно-космическая техника и технология. – 2005. – Вип. 5 (21). – С. 47-51.
6. Баранник В.В., Бридня Е.А., Гуржій П.М. Разностное кодирование массивов служебных данных // Зб. наук. пр. ХУ ВС. – Х.: ХУ ВС. – 2005. – Вип. 2 (2). – С. 82-84.

Поступила в редколлегию 11.08.2008

Рецензент: д-р техн. наук, с.н.с. В.В. Баранник, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

ОЦІНКА СТЕПЕНЮ СТИСНЕННЯ І ЧАСУ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ В ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

П.М. Гуржій, Н.А. Корольова

Проведена оцінка міри стиску відеоданих, методом стиску зображень на основі змішаного поліадичного кодування масивів довжин серій та кольорних координат. Отримані вирази для визначення середнього об'єму стислого відеозображення, обчислено середнє число машинних операцій, що витрачаються на компактне представлення зображення, знайдений середній час, що витрачається на компресію відеоданих.

Ключові слова: телекомунікаційні мережі, зображення, кольорні координати, поліадичний код, стиснення, поліадичний простір.

AN ESTIMATION OF DEGREE OF COMPRESSION AND TIME OF PROCESSING OF IMAGES IS IN THE SYSTEMS OF TELECOMMUNICATIONS

The estimation of degree of compression of video of information is conducted, by the method of compression of images on the basis of the mixed polyadic encoding of arrays of lengths of series and colour co-ordinates. Got expression for determination of middle volume of the compressed video picture, the middle number of machine operations, expended on compact presentation of image is calculated, mean time is found the video of information expended on a compression.

Keywords: networks of telecommunications, images, colour co-ordinates, polyadic code, compression, polyadic space.