

СИСТЕМИ ТА МЕТОДИ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ

УДК 621.327:681.5

В.В. Баранник,

доктор технических наук, профессор

Д.С. Кальченко,

М.В. Думанский

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КОДИРОВАНИЯ ВИДЕОИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМАХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

Рассматривается построение модели оценки характеристик системы компрессии изображений, базирующейся на представлении апертуры одномерными двухосновными позиционными числами (ОДОПЧ), кодировании массивов адресных (служебных) данных в дифференциальном полиадическом пространстве. Исследуется оценка такого показателя, как коэффициент сжатия.

Ключевые слова: степень сжатия изображений, кодирование видеоданных.

Розглядається побудова моделі оцінки характеристик системи компресії зображень, що базується на представленні апертури одновимірними двоосновними позиційними числами (ОДОПЧ), кодуванні масивів адресних (службових) даних в диференціальному поліадичному просторі. Досліджується оцінка такого показника як коефіцієнт стиснення.

Ключові слова: ступінь стиснення зображень, кодування відеоданих.

The construction of a model of an estimation of the descriptions of the system of a compression of images, based on the presentation of an aperture by one-dimensional bibasic position numbers, as well as on the encoding of the arrays of address (official) data in differential polyadically space is analyzed. An estimation of the index of an aspect ratio is examined.

Keywords: degree of image compression, encoding of videoinformation.

Значительный сектор среди мультисервисных услуг, предоставляемых с использованием беспроводных телекоммуникационных технологий, занимают мультимедийные данные. Следовательно, требуется развивать направления, связанные с преодолением дисбаланса между темпами роста производительности средств телекоммуникаций и темпами увеличения объемов видеоинформационных потоков [1; 2]. Это формирует актуальность научно-прикладной задачи исследований. В русле решения данной задачи строятся системы компрессии видеоданных [3–5], обеспечивающие

снижение объемов видеопотоков в условиях допустимой сложности технической реализации процессов обработки.

Примеры таких систем сжатия изложены в работах [4; 5], в которых сокращение объемов видеоданных достигается в результате формирования двухосновных позиционных чисел с адаптивными приращениями между элементами. Однако для оценки степени снижения информационной нагрузки на телекоммуникационные сети необходимо оценить коэффициенты сжатия видеоданных на основе разработанных методов. Отсюда цель исследований заключается в построении метода оценки степени компрессии изображений на основе двухосновного позиционного кодирования с ограниченными приращениями для апертурных видеопоследовательностей.

Разработка метода оценки степени сжатия

Качество функционирования систем компрессии изображений определяется следующими показателями: коэффициент сжатия видеоданных $k_{\text{comp}}^{(\phi)}$ (где ϕ – указатель используемого метода компактного представления); количество операций на сжатие $v_{\text{comp}}^{(\phi)}$ и восстановление $v_{\text{rec}}^{(\phi)}$ изображений; объем памяти $v_{\text{mem}}^{(\phi)}$, требуемой для хранения обрабатываемых данных и промежуточных результатов вычислений; мера потери σ_{lvq} визуального качества воспроизведенного изображения относительно исходного в результате вносимых искажений в процессе кодирования и декодирования.

Рассмотрим оценку коэффициента сжатия для разработанного метода. Затраты количества двоичных разрядов на представление сжатого изображения для разработанного метода оцениваются как суммарный объем V_{sp} на представление ОТОПЧ-кадров. Среднее значение величины k_{comp} определяется по формуле

$$k_{\text{comp}} = \frac{v V^{(\text{init})}}{V_{\text{sp}}} = \frac{Q_{\text{lin}} Q_{\text{col}} b}{\sum_{\gamma=1}^{v_a} \sum_{\delta=0}^1 (V(\Psi^{(\delta)}) + V(M^{(\delta)})) + \sum_{j=1}^n V_{\text{lp}}^{(j)}},$$

где $V_{\xi}^{(\text{init})}$ – объем цифрового представления элементов изображений, на базе которых сформирована апертюра;

V_{sp} – суммарная длина кадровой части кодовой конструкции;

v_a – количество ОТОПЧ-кадров;

$V_{\text{lp}}^{(j)}$ – суммарная длина пакетов в составе кадра;

$V(\Psi^{(\delta)})$, $V(M^{(\delta)})$ – количество разрядов, затрачиваемое соответственно на кодовое представление оснований массивов $\Psi^{(0)}$, $M^{(0)}$ адаптивных приращений и оснований массивов $\Psi^{(1)}$ и $M^{(1)}$ высот апертур;

$v = Q_{\text{lin}} Q_{\text{col}} / r$ – количество апертур длиной r для кадра размером $Q_{\text{lin}} Q_{\text{col}}$ элементов.

Здесь длина пакета определяется как

$$V_{\text{lp}}^{(j)} = \sum_{\delta=0}^1 [R_{j,\gamma}^{(\delta)}]_2 + \sum_{i=1}^m [C(\delta_{\text{max}}^{(i,j,\gamma)})_{r_i,j,\gamma}]_2,$$

где $[R_j^{(0)}]_2$ – длина кодограммы, содержащее значение кода-номера $R_j^{(0)}$ ДифПЧ для столбца массива МАП;

$[R_j^{(1)}]_2$ – длина кодограммы, содержащее значение кода-номера $R_j^{(1)}$ ДифПЧ

для столбца массива МВ, $[R_j^{(0)}]_2 = \lceil \log_2 (\prod_{i=1}^m p_{i,j}^{(0)} - 1) \rceil + 1$;

$[C(\delta'_{\max}^{(i,j,\gamma)})_{r,j,\gamma}]_2$ – длина кодограммы, содержащее значение кода-номера $C(\delta'_{\max}^{(i,j,\gamma)})_{r,j,\gamma}$ одномерного трехосновного позиционного числа

$$[C(\delta'_{\max}^{(i,j,\gamma)})_{r,j,\gamma}]_2 = \lceil \log_2 W(\delta'_{\max}^{(i,j,\gamma)}; x_{i,j,\gamma}) \rceil + 1,$$

где $W(\delta'_{\max}^{(\xi)}; x_{\xi,\gamma})$ – количество ОДОПЧ с ограниченными приращениями, элементы которых нормированы относительно координаты вершины апертуры, равное

$$W(\delta'_{\max}^{(\xi)}; x_{\xi,\gamma}) = (2\delta'_{\max}^{(\xi)} + 1)^{r_{\xi} - 1} - (1 - \text{sign}(1 + \text{sign}(\frac{D}{2} - \eta_{\text{exc}} \delta'_{\max}^{(\xi)}))) \times \\ \times 2 \sum_{\tau=\eta_{\text{exc}}}^{r_{\xi} - 1} \left((\eta_{\text{exc}} \delta'_{\max}^{(\xi)} - \frac{D}{2}) (2\delta'_{\max}^{(\xi)} + 1)^{r_{\xi} - \tau - 1} \right).$$

С учетом чего выражение для нахождения величины k_{comp} примет вид

$$k_{\text{comp}} = \frac{Q_{\text{lin}} Q_{\text{col}} b}{\sum_{\gamma=1}^{v_a} \sum_{\partial=0}^1 (V(\Psi^{(\partial)}) + V(M^{(\partial)})) + \sum_{j=1}^n (\sum_{\partial=0}^1 [R_{j,\gamma}^{(\partial)}]_2 + \sum_{i=1}^m [C(\delta'_{\max}^{(i,j,\gamma)})_{r,j,\gamma}]_2)}, \quad (1)$$

Анализ полученного соотношения показывает, что коэффициент сжатия зависит от значений приращения $\delta'_{\max}^{(\xi)}$, координаты вершины, высоты D и длины r апертуры. Поэтому проведем классификацию фрагментов изображений на основе таких параметров, как в (табл. 1):

1) длина апертуры r и ее высота D , которые характеризуют степень насыщенности и когерентности локальной области;

Таблица 1

Классификация фрагментов изображений

Класс фрагмента	Сильно насыщенные	Средненасыщенные	Слабо насыщенные
Параметры			
Статистические	$C_{\text{cov}} < 0,5, \bar{r} = 2$	$0,5 \leq C_{\text{cov}} < 0,8, \bar{r} = 4$	$0,8 \leq C_{\text{cov}} < 0,9, \bar{r} = 7$
Структурные:			
для $D \geq 8$	$2 \leq r \leq 8, \delta'_{\max}^{(\xi)} \leq 4$	$8 \leq r \leq 16, \delta'_{\max}^{(\xi)} \leq 4$	$r \geq 16, \delta'_{\max}^{(\xi)} \leq 2$
для $8 \leq r \leq 16$	$D \geq 64$	$16 \leq D \leq 32$	$D \leq 16$

- 2) значение адаптивного приращения $\delta'_{\max}(\xi)$ между элементами, характеризующего уровень цветового перепада;
- 3) координата вершины апертуры, определяющая яркостные характеристики локальных областей.

В свою очередь классификация реалистических изображений определяется на основе процентного содержания фрагментов, имеющих различные характеристики параметров выявления апертур (табл. 2).

Таблица 2

Классификация изображений в зависимости от v_{fr}

Класс фрагмента \ Класс изображения	Слабо насыщенные	Средненасыщенные	Сильно насыщенные
Слабо насыщенные	$v_{fr} \geq 70\%$	$0 \leq v_{fr} \leq 30\%$	$v_{fr} \leq 10\%$
Средненасыщенные	$30 \leq v_{fr} \leq 70\%$	$30 \leq v_{fr} \leq 50\%$	$v_{fr} \leq 30\%$
Сильно насыщенные	$v_{fr} \leq 30\%$		$v_{fr} \geq 70\%$

Оценка коэффициента компрессии k_{comp} в зависимости от размеров массивов апертур и массивов их координат, а также в зависимости от класса изображений представлены на рис. 1. Расчеты проводились на основе обработки реальных изображений с различной степенью насыщенности мелкими деталями. Анализ диаграмм на рис. 1 показывает, что:

- 1) значение коэффициента сжатия для разработанного метода на основе нормированного одномерного двухосновного позиционного кодирования изменяется от 1,5 до 5,5 раз в зависимости от класса фрагментов изображения, и длины апертуры.

Влияние фиксированного значения длины апертуры на коэффициент сжатия проявляется следующим образом:

- 1) для слабо и средненасыщенных изображений наибольшие коэффициенты сжатия достигаются для длин апертур, выбираемых в пределах $8 \leq r \leq 16$. Это обусловлено тем, что для апертур такой длины, соответствующих изображениям данных классов, величина адаптивного приращения будет принимать ограниченные значения в диапазонах $\delta'_{\max}(\xi) \leq 2$ и $\delta'_{\max}(\xi) \leq 4$, а высота апертуры не будет превышать порога $D \leq 16$ (табл. 1). Отсюда получаем снижение допустимого значения количества нормированных одномерных двухосновных позиционных чисел (ОДОПЧ), и как следствие уменьшение длины кодограммы на представления кода-номера;

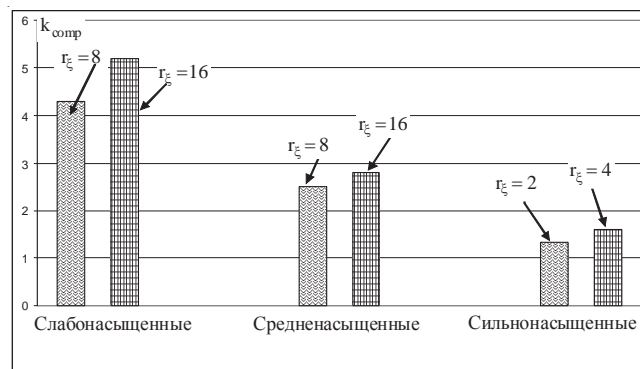


Рис. 1. Диаграммы зависимости величины k_{comp} в зависимости от класса изображений

2) наоборот для сильно насыщенных изображений выбор длин апертур в диапазоне $8 \leq r \leq 16$ приводит к тому, что повышаются значения высоты апертур до величины $D \approx 64$ и адаптивного приращения $\delta_{\max}'(\xi) \geq 4$. С одной стороны это приводит к повышению общего количества ОДОПЧ, а с другой стороны увеличивается количество контекстно-запрещенных ОДОПЧ. Поэтому обеспечивается компенсация количества допустимых нормированных ОДОП чисел.

Отсюда предлагается (рекомендуется) в условиях фиксированных длин апертур и отсутствия априорной информации о степени насыщенности обрабатываемых изображений, выбрать величину r из диапазона $8 \leq r \leq 16$.

Это создает потенциальные возможности для построения систем компактного представления изображений на основе разработанного метода в режиме фиксированных длин апертур.

В случае рассмотрения общих приложений, связанных с использованием реалистических изображений, таких как: видеоконференцсвязь, видеотелефония, телевидение высокого качества, фотографии пользователей – образуется интегрированные средненасыщенные реалистические изображения. Процентное содержание фрагментов с различной степенью насыщенности мелкими деталями и цветовыми перепадами по классу интегрированных реалистических изображений приведены в табл. 3.

Таблица 3

Процентное содержание фрагментов в средненасыщенных изображениях

Класс изображения	Класс фрагмента		
	Слабо насыщенные	Средне-насыщенные	Сильно насыщенные
Интегрированное по средненасыщенным изображениям	20%	50%	30%

Сравнительная оценка различных методов компрессии изображений по коэффициенту сжатия приводится на рис. 2.

Из анализа диаграмм на рис. 2 следует, что для разработанного метода (PM):

- обеспечивается дополнительное увеличение коэффициента сжатия относительно базовой технологии компрессии ПКДК в случае обработки сильно и средненасыщенных изображений соответственно на 20 % и 25 %;

- обеспечивается выигрыш по степени компрессии изображений относительно методов реализованных в стандартах JPEG и JPEG2000 в случае обработки сильно и слабо насыщенных изображений соответственно на 33 % и 5 %;

- снижается степень сжатия в случае обработки средненасыщенных изображений относительно алгоритмов стандарта JPEG2000 не более чем на 7 %. Однако степень компактного представления для интегрированных изображений по классу реалистических изображений, используемых в общих приложениях, для разработанного метода и алгоритмов стандартов JPEG и JPEG2000 находится на одном уровне, вплоть до увеличения на 5 %.

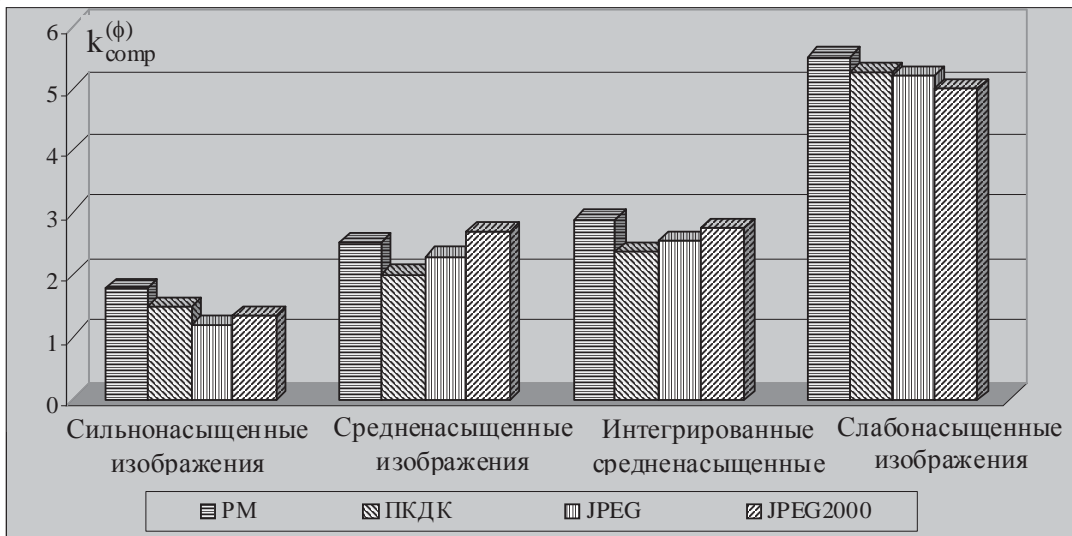


Рис. 2. Диаграммы зависимости $k_{comp}^{(\phi)}$ от степени насыщенности изображений

На основе изложенного материала можно заключит, что:

1) процессы сжатия и восстановления изображений для разработанного подхода по критерию “объем–время” являются взаимосопоставляемыми по составу процедур обработки, а следовательно, и симметричными. Затраты количества операций на обработку и объема памяти $V_{neces}^{(max)}$ необходимой для реализации процесса кодирования находятся в линейной зависимости от длины n обрабатываемой последовательности. Такие характеристики количества операций на обработку и объема буфера не приводит к повышению сложности реализации кодирующих и декодирующих устройств.

2) для разработанного метода обеспечивается выигрыш по степени сжатия относительно методов реализованных в стандартах JPEG и JPEG2000 в случае обработки сильно и слабо насыщенных изображений соответственно на 33 % и 5 %. Интегрирование созданного метода в базовую технологию компрессии ПКДК позволяет дополнительно увеличить степень компактного представления изображений в случае обработки сильно и средненасыщенных изображений соответственно на 20 % и 25 %.

Полученные характеристики СКИ позволяют провести оценку производительности функционирования ТКС в условиях снижения объемов передаваемых видеоданных.

Выводы

1. Разработан метод оценки характеристик системы компрессии изображений, базирующейся на: представлении апертуры одномерными двухосновными позиционными числами; кодировании массивов адресных (служебных) данных в дифференциальном полиадическом пространстве. Созданный метод включает в себя оценку коэффициента сжатия. При этом учитывается кадрово-пакетная организация кодовых конструкций сжатого представления и неравномерная длина информационной части ОТОПЧ-пакета, формируемая на основе кодограммы кода-номера нормированного ОДОПЧ.

2. Для разработанного метода обеспечивается выигрыш по степени сжатия относительно методов, реализованных в стандартах JPEG и JPEG2000 в случае

обработки сильно и слабо насыщенных изображений соответственно на 33 % и 5 %. Интегрирование созданного метода в базовую технологию компрессии ПКДК позволяет дополнительно увеличить степень компактного представления изображений в случае обработки сильно и средненасыщенных изображений соответственно на 20 % и 25 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Олифер В.Г.* Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы : учеб. для вузов. 3-е изд. / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. – СПб. : Питер, 2006. – 958 с.
2. *Сэлмон Д.* Сжатие данных, изображений и звука / Д. Сэлмон. – М. : Техносфера, 2004. – 368 с.
3. *Баранник В.В.* Структурно-комбинаторное представление данных в АСУ / В.В. Баранник, Ю.В. Стасев, Н.А. Королева. – Х. : ХУПС, 2009. – 252 с.
4. *Баранник В.В.* Информативная модель двухадического представления апертурных видеоданных с адаптивным приращением / В.В. Баранник, Д.С. Кальченко // Сучасна спеціальна техніка. – № 4. – 2011. – С. 7.
5. *Баранник В.В.* Методологические принципы представления апертур во множестве одномерных двухосновных позиционных чисел / В.В. Баранник, Д.С. Кальченко // Автоматизовані системи управління та прилади автоматики. – № 155. – 2011. – С. 8.

Отримано 29.03.2012