

УДК 621.327

И.В. Ковтун

*Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков*

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕЖКАДРОВОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ В СТАНДАРТЕ TETRA**

*Излагается математическая модель оценки коэффициента сжатия изображений за счет их межкадрового кодирования с выявлением серий одинаковых элементов. Проводится оценка эффективности разработанного метода сжатия по коэффициенту сжатия и времени на обработку.*

*межкадровое представление изображений, коэффициент сжатия изображений*

### **Введение**

Основными техническими ограничениями на возможность организации в стандарте TETRA

видеоинформационного взаимодействия являются быстродействие вычислительной подсистемы и скорость передачи данных по радиоканалам [1].

В связи с этим при обосновании возможности использования методов сжатия в стандарте TETRA важными характеристиками являются коэффициент сжатия и количество операций, затрачиваемое на кодирование и декодирование.

### Оценка эффективности межкадрового представления изображений

Для определения эффективности межкадрового полиадического представления необходимо оценить значение степени сжатия последовательности кадров. Значение коэффициента сжатия  $k_{сж}$  находится по формуле [2 – 6]:

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

где  $W_{исх}$ ,  $W_{сж}$  – цифровые объемы соответственно для исходного и сжатого изображений. Объем  $W_{сж}$  сжатого изображения для метода [5, 6] равен

$$W_{сж} = W_1 + W_2 + W_3, \quad (2)$$

где  $W_1$ ,  $W_2$ ,  $W_3$  – объемы компактного представления соответственно массивов цветowych координат, длин серий и служебной информации.

По условию межкадрового кодирования [1 – 4] под каждый код отводится одинаковое количество разрядов, отсюда величины  $W_1$  и  $W_2$  находятся соответственно по формулам:

$$W_1 = v_{пк} W_{пцв}; \quad W_2 = v_{пк} W_{пдс}, \quad (3)$$

где  $v_{пк}$  – количество кодовых комбинаций для всего сжатого изображения;  $W_{пцв}$ ,  $W_{пдс}$  – длина кодового представления соответственно столбца массивов цветowych координат и длин серий.

Для режима представления кодовых комбинаций методом Бодо длины кодов  $W_{пцв}$  и  $W_{пдс}$  будут соответственно равны:

$$W_{пцв} = \ell \log_2 m(D_0); \quad W_{пдс} = \ell \log_2 m(H_0), \quad (4)$$

где  $m(H_0)$ ,  $m(D_0)$  – математическое ожидание значения накопленного произведения оснований полиадических чисел для массива L и массива C [5, 6].

Количество полиадических  $v_{пк}$  кодов будет совпадать с количеством столбцов  $n_{пцв}$  во всех массивах цветowych координат  $v_{пк} = v n_{пцв}$ , где  $v$  – количество массивов цветowych координат во всем кадре, равное количеству массивов длин серий

$$v = Z_T \times Z_B / m_\ell m_{пцв} n_{пцв},$$

где  $m_\ell$  – средняя длина серии одинаковых элементов в фрагменте изображения;  $Z_T, Z_B$  – соответственно количество строк и столбцов во всем изображении;  $m_{пцв}$  – количество строк в массиве цветowych координат.

В соответствии с формулами (3), (4) величины  $W_1$  и  $W_2$  будут равны:

$$W_1 = v n_{пцв} \ell \log_2 m(D_0); \quad W_2 = v n_{пцв} \ell \log_2 m(H_0). \quad (5)$$

Подставив в формулы (5) выражения для математических ожиданий  $m(D_0)$  и  $m(H_0)$ , получим соотношения для оценки объемов компактного представления массивов цветowych координат и длин серий:

$$W_1 = v n_{пцв} \ell \log_2 \left\langle \left( \sum_{u=1}^{B-2} u \times \left( \frac{u}{B} \right)^{n_{пцв}} - \left( \frac{u-1}{B} \right)^{n_{пцв}} \right) + (B-1) \times \left( 1 - \left( \frac{B-2}{B} \right)^{n_{пцв}} \right) \right\rangle^{m_{пцв}}; \quad (6)$$

$$W_2 = v n_{дс} \ell \log_2 \left\langle \left( \sum_{u=1}^{\ell_{\max}-1} u R_u - R_{u-1} \right) + \ell_{\max} \times \left( 1 - \left( \sum_{\xi=1}^{\ell_{\max}-1} q^{\xi-1} p \right) \right) \right\rangle^{m_{дс}}, \quad (7)$$

$$\text{где } R_u = \left( \sum_{\xi=1}^u q^{\xi-1} p \right)^{n_{дс}}.$$

Значение объема служебной информации  $W_3$  вычисляется по формуле

$$W_3 = v m_{дс} (\ell \log_2 m(\lambda) + \ell \log_2 m(\chi)), \quad (8)$$

где  $\ell \log_2 m(\lambda)$ ,  $\ell \log_2 m(\chi)$  – количество разрядов, отводимое для одного основания полиадического числа соответственно массива длин серий и массива цветowych координат.

Подставив соотношения (6), (7) и (8) в формулу (1), получим выражение для вычисления коэффициента сжатия  $k_{сж}$  последовательности изображений на основе межкадрового полиадического представления

$$k_{сж} = \frac{n_{дс} m_{дс} m[\ell] \ell \log_2 B}{n_{дс} \ell \log_2 m(H_0) + n_{дс} \ell \log_2 m(D_0) + W_3 / v}.$$

На основе расчетов, проведенных по формуле (10), получены графики зависимости значения коэффициента сжатия  $k_{сж}$  от вероятности цветowego перепада  $p$  (рис. 1).

Анализ графиков на рис. 1 показывает, что на основе межкадрового полиадического представления коэффициент сжатия находится в пределах от 2 до 30 в зависимости от степени насыщенности изображений, которая характеризуется вероятностью цветowego перепада  $p$  (рис. 1).

*Оценка количества операций, затрачиваемых в процессе обработки изображения.* На кодирование полиадических кодов для одного массива L затрачивается  $4 m_{дс} n_{дс}$  операций сложения и умножения. Для формирования одного столбца массива длин серий, необходимо выполнить  $m_{дс} m_\ell$  операций сравнения. Отсюда следует, что на формирование кода массива длин серий требуется выполнить  $\mu_k$  машинных операций [6]:

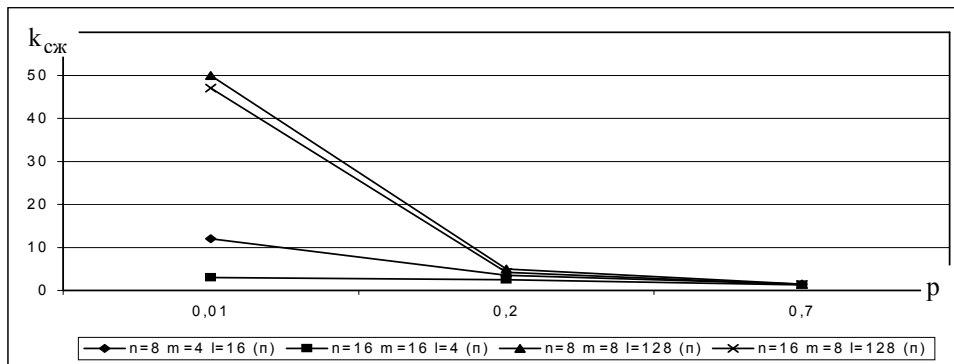


Рис. 1. График зависимости  $k_{сж}$  от  $p$

$$\mu_k = 4m_{дс} n_{дс} + m_{дс} m_{\ell} n_{дс} \quad (11)$$

На основе выражения (11) время кодирования  $T_k$  вычисляется по формуле:

$$T_k = \xi \mu_k / U_k, \quad (12)$$

где  $U_k$  – скорость выполнения машинных операций, выражаемая в (оп/с);  $\xi$  – количество массивов в последовательности кадров.

Для определения количества массивов в последовательности кадров первоначально необходимо определить суммарное количество длин серий  $\chi$  по формуле

$$\chi = z_{стр} z_{ст} v_k / m_{\ell}, \quad (13)$$

где  $z_{стр}$ ,  $z_{ст}$  – количество строк и столбцов изображений;  $v_k$  – количество кадров.

Следовательно, количество массивов  $\xi$  в последовательности кадров  $v_k$  определяется из выражения

$$\xi = \chi / m_{дс} n_{дс}. \quad (14)$$

Выбор аппаратных средств для реализации алгоритмов кодирования имеет важное значение, как с точки зрения стоимости, так и энергопотребления кодера. Большинство алгоритмов кодирования могут быть реализованы с использованием современных однокристалльных цифровых сигнальных процессоров (ЦСП). Причем стоимость кодеров зависит от числа использованных ЦСП. Важно также обращать внимание на мощность, потребляемую ЦСП, особенно для приложений, где используются, например, переносные телефоны. Выбор ЦСП для выполнения специфического алгоритма кодирования обусловлен и другими факторами – это время цикла команды ЦСП (скорость вычислений) и пригодность его системы команд для реализации основных функций алгоритма кодирования.

В системах стандарта TETRA используется кодек с алгоритмом преобразования типа CELP (Code Excited Linear Prediction), который реализуется на базе устройства ЦСП WE-DSP32C фирмы AT&T. Данный цифровой процессор выполняет операции с 32-битными числами. При тактовой частоте 50 МГц WE-DSP32C выполняет 5 млн. команд за секунду с целочисленными значениями.

Используя в системах стандарта TETRA типовой цифровой процессор WE-DSP32C время кодирования, затрачиваемое на формирование межкадровых полиадических кодов, находится в интервале 1,8 с – 6 с.

Использование более мощных, новейших (современных) микропроцессоров типа DragonBall ( $F_T = 66$  МГц), StrongARM ( $F_T = 200$  МГц), Transmeta ( $F_T = 600$  МГц), x86, 6-поколение ( $F_T = 600$  МГц) и x86, 7-поколение ( $F_T = 1000$  МГц) по расчетным данным показало, что выигрыш по времени кодирования составляет 30 – 90%.

## Выводы

Проведенная оценка эффективности межкадрового полиадического представления серий в последовательностях кадров, выявила следующее.

1. Степень сжатия последовательности кадров находится в пределах от 2 до 30 раз в зависимости от степени насыщенности изображений. Наибольшие значения коэффициента сжатия до 30 раз достигаются для последовательностей изображений с минимальным значением вероятности межкадрового перепада.

2. Время кодирования, затрачиваемое на формирование межкадровых полиадических кодов, на основе использования типового в системах TETRA цифрового процессора WE-DSP32C (тактовая частота 50 МГц), находится в интервале 1,8 с – 6 с. В случае использования микропроцессоров типа DragonBall ( $F_T = 66$  МГц), StrongARM ( $F_T = 200$  МГц), Transmeta ( $F_T = 600$  МГц), x86, 6-поколение ( $F_T = 600$  МГц) и x86, 7-поколение ( $F_T = 1000$  МГц) по расчетным данным показало, что выигрыш по времени кодирования составляет 30 – 90%.

Это создает возможность организовать видеоинформационное взаимодействие в системе мобильной радиосвязи TETRA.

## Список литературы

1. Королёва Н.А., Ульянкина И.В. Обґрунтування необхідності використання підсистем тиску відеоданих у системах транкінгового зв'язку // Радіотехніка. – Х.: ХНУРЕ, 2006. – Вип. 144. – С. 198-200.
2. Ватолин В.И., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжа-

*сжатие изображений и видео. – М.: ДИАЛОГ – МИФИ, 2002. – 384 с.*

3. Поляков П.Ф., Баранник В.В., Королёва Н.А. Метод комбинированного полиадического кодирования массивов длин серий // Информационно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2001. – № 5. – С. 42-46.

4. Поляков П.Ф., Баранник В.В., Королева Н.А. Метод восстановления изображений // Системи обробки інформації. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2001. – Вип. 6 (16). – С. 140-145.

5. Баранник В.В. Королёва Н.А. Математическая модель представления серий элементов изображений

полиадическими кодами // Системи обробки інформації. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2001. – Вип. 3 (13). – С. 174-178.

6. Королёв А.В., Баранник В.В. Оценка степени сжатия изображения // Электронное моделирование. – 2002. – № 4. – С. 33-42.

*Поступила в редколлегию 01.02.2007*

**Рецензент:** д-р техн. наук проф. П.Ф. Поляков, Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков.

