

МЕЖКАДРОВОЕ КОДИРОВАНИЕ ЦИФРОВОГО ЦВЕТНОГО ТЕЛЕВИЗИОННОГО СИГНАЛА

д.т.н., проф. А.В. Королёв, О.А. Козелков, П.Н. Гуржий

Предложен метод межкадрового кодирования цифрового цветного телевизионного сигнала.

Введение. Современные методы сжатия цифрового цветного телевизионного сигнала (ЦЦТС) определены стандартом сжатия подвижных изображений MPEG – 2 [1], который включает в себя внутрикадровое и межкадровое гибридное кодирование. Внутрикадровое кодирование MPEG – 2 направлено на уменьшение психовизуальной избыточности в отдельных кадрах за счет применения ортогонального преобразования кадра изображения и последующего кодирования трансформант. Межкадровое кодирование MPEG – 2 позволяет уменьшить межкадровую избыточность [2]. Степень сжатия такого гибридного кодирования достигает 10 – 15 раз [2, 3]. Как уже отмечалось, методы сжатия стандарта MPEG – 2 обладают рядом недостатков [2, 3]. В результате, их применение при решении задач, где требуется восстановление исходного подвижного изображения без потери качества, неэффективно.

Разработанный ранее метод внутрикадрового сжатия ЦЦТС длинами серий позволяет устранить структурную и статистическую избыточности кадра изображения без потери качества восстановленного сигнала [4]. При этом актуальной является и задача сокращения межкадровой избыточности без потери качества восстановленного телевизионного сигнала.

Целью статьи является разработка метода сжатия ЦЦТС без потери качества восстановленного изображения.

Разработка межкадрового кодирования ЦЦТС. Из анализа характеристик телевизионных подвижных изображений следует, что при частоте следования 25 кадров в секунду соседние кадры изменяются незначительно [3]. Предлагается метод кодирования ЦЦТС, направленный на устранение межкадровой избыточности телевизионного сигнала.

Представим процесс межкадрового кодирования в виде последовательных этапов.

Этап 1. Производится сравнение двух соседних исходных (несжа-

тых) кадров (текущего и предыдущего) по минимальным информационно-равным группам одинаковой длины. Каждая группа описывает два пикселя и определяется выражением [6]:

$$H = 2Y + C_R + C_B, \quad (1)$$

где Y – отсчеты сигнала яркости; C_R – отсчеты красного цветоразностного сигнала; C_B – отсчеты синего цветоразностного сигнала.

Каждая группа текущего кадра поразрядно сравнивается с соответствующей группой предыдущего кадра. В результате сравнения всех групп элементов кадров определяется степень корреляции текущего кадра с предыдущим с учетом установленной величины порога корреляции кадров. В случае превышения количества коррелированных групп соседних кадров заданного порога, текущий кадр кодируется межкадровым методом, иначе – внутрикадровым. При этом предыдущий кадр является ключевым и кодируется внутрикадровым методом сжатия длины-ми серий [4].

Выбор порога осуществляется из условий заданного коэффициента сжатия телевизионного изображения

$$K_{сж} > 1. \quad (2)$$

Этап 2. После определения необходимости межкадрового кодирования в текущем исходном несжатом кадре каждая группа, коррелирующая с соответствующей группой предыдущего кадра, заменяется разрядом наличия корреляции, в котором записывается логическая единица. В противном случае в разряде записывается логический ноль, и далее после разряда следует некоррелированная группа текущего кадра.

Таким образом, объем текущего кадра, сжатого межкадровым методом, определяется выражением

$$W_1 = 2 \log_2 bN + 2 \log_2 q + Y + \frac{nY}{100} \log_2 H, \quad (3)$$

где $\log_2 b$ – число разрядов, необходимых для представления синхросигнала строки; N – число строк в кадре; $\log_2 q$ – число разрядов, необходимых для представления синхросигнала кадра; n – процент некоррелированных групп двух соседних кадров; $\log_2 H$ – число разрядов, используемых для представления одной группы; Y – количество групп в кадре изображения.

В результате межкадрового кодирования, ЦЦТС текущего кадра несет следующую информацию: ссылки на группы предыдущего кадра (в случае корреляции соответствующих групп соседних кадров) и некоррелированные группы текущего кадра. За счет того, что вместо 32-х разрядов одной коррелированной группы передается лишь один разряд наличия корреляции, происходит межкадровое сжатие ЦЦТС.

Коэффициент сжатия межкадрового кодирования определяется вы-

ражением

$$K_{\text{сж}} = \sum_{i=1}^Q \frac{W_2 + W_1 k}{(k+1)W}, \quad (4)$$

где Q – общее количество передаваемых кадров; W_1 – объем памяти кадра, сжатого межкадровым методом; W_2 – объем памяти ключевого кадра, сжатого внутрикадровым методом [4]; W – объем памяти исходного кадра [5]; k – количество кадров между соседними ключевыми кадрами.

Этап 3. По окончанию межкадрового кодирования текущего кадра необходимо выполнить следующее условие

$$W_1 < W_2, \quad (5)$$

где W_1 – объем памяти текущего кадра, сжатого межкадровым методом; W_2 – объем памяти предыдущего кадра, сжатого внутрикадровым методом.

В случае невыполнения условия (5) исходный текущий кадр необходимо сжать внутрикадровым методом.

Этап 4. Для повышения помехозащищенности потока ЦЦТС необходимо передавать ключевые кадры с заданной частотой. Причем, частота следования ключевых кадров, сжатых внутрикадровым методом, определяется разумным компромиссом между помехозащищенностью и высоким коэффициентом сжатия. Так, например, в MPEG – 2 передача кадров с внутрикадровым сжатием осуществляется один на двенадцать кадров [2, 3]. В нашем случае передача ключевых кадров будет не строго фиксированной, а определяться условиями (2) и (5), а также заданными требованиями к помехозащищенности.

Оценка эффективности. Одним из показателей эффективности методов сжатия информации является коэффициент сжатия. Для упрощения вычислений рассмотрим поток ЦЦТС, в котором передается один ключевой кадр и до 99 коррелированных с ним кадров. Анализ формулы (4) показывает, что коэффициент межкадрового сжатия зависит от объема памяти ключевого кадра W_2 , от объема памяти кадра, сжатого межкадровым методом, W_1 , от объема памяти исходного кадра (величина всегда постоянная $W = \text{const}$ [2]) и количества кадров, передаваемых между соседними ключевыми кадрами ($k \leq 99$). Анализ формулы (3) показывает, что объем кадра W_1 , сжатого межкадровым методом, зависит только от одной переменной величины – количества некоррелированных групп двух соседних кадров n . Объем ключевого кадра W_2 обратно пропорционален коэффициенту внутрикадрового сжатия. Коэффициент сжатия внутрикадрового метода кодирования длинами серий находится в диапазоне от 1,1 до 3560 раз в зависимости от взаимной корреляции элементов кадра изображения [4].

Авторами была проведена оценка зависимости коэффициента сжа-

тия предлагаемого метода от:

- количества неключевых кадров, находящихся между двумя соседними ключевыми кадрами;
- количества несовпадающих групп элементов двух соседних кадров.

При этом было рассмотрено два случая при условии, что количество несовпадающих групп элементов двух соседних кадров – величина постоянная для всех кадров, кодируемых межкадровым методом. В первом случае (рис. 1) коэффициент внутрикадрового сжатия $K_{СЖ1} = 1$ (т.е. не происходит сокращения объема памяти после внутрикадрового кодирования длинами серий). Результаты приведены на рис. 1.

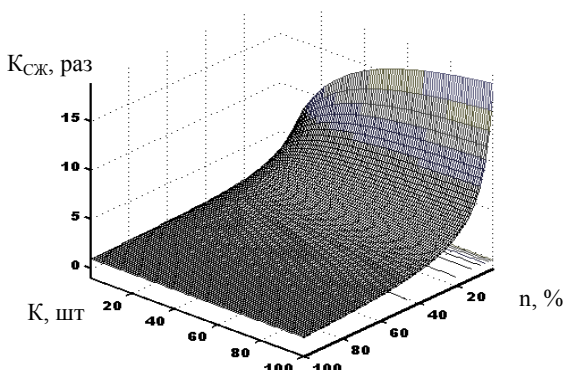


Рис. 1. Зависимость коэффициента сжатия межкадрового метода кодирования ЦЦТС от количества неключевых кадров и от количества несовпадающих групп элементов двух соседних кадров при $K_{СЖ1} = 1$

Во втором случае (рис. 2) коэффициент внутрикадрового сжатия $K_{СЖ1} = 10$.

Анализ графических зависимостей показывает, что предложенный метод обеспечивает коэффициент сжатия телевизионного сигнала ($K_{СЖ} > 1,1$) даже при величине корреляции соответствующих групп элементов соседних кадров, равной 5%. Помимо этого, коэффициент сжатия межкадрового метода пропорционально зависит от коэффициента сжатия ключевого кадра. Для обеспечения заданной помехоустойчивости и получения высокого коэффициента сжатия в потоке ЦЦТС достаточно передавать один ключевой кадр на 25 коррелированных кадров.

Выводы. 1. Разработанный метод сжатия ЦЦТС позволяет устранить межкадровую корреляцию без потери качества исходного изображения.

2. При проведении оценки степени сжатия разработанным методом при вышеизложенных условиях коэффициент сжатия телевизионного кадра

изображения находится в диапазоне от 1,1 до 23, что позволяет использовать данный метод при слабой взаимной корреляции элементов внутри кадра изображения.

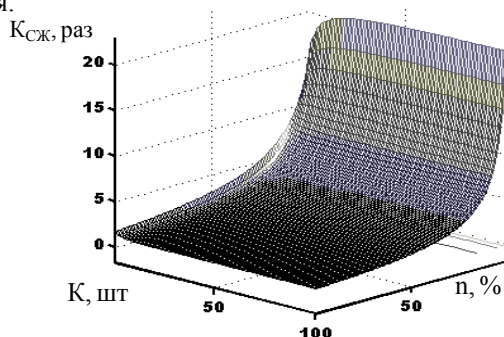


Рис. 2. Зависимость коэффициента сжатия межкадрового метода кодирования ЦЦТС от количества неключевых кадров и от количества несовпадающих групп элементов двух соседних кадров при $K_{CЖ1} = 10$

3. Реализация предложенного метода на базе современных программно-аппаратных средств позволяет обеспечить проведение обработки видеoinформации в режиме реального времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Recommendation ITU – BT.601 – 4. Encoding parameters of digital television for studios, 1994. – 126 p.
2. Брайс Р. Руководство по цифровому телевидению. – М.: ДМК Пресс, 2002. – 288 с.
3. Смирнов А.В. Основы цифрового телевидения. – М.: Горячая линия – Телеком, 2001. – 223 с.
4. Клименко Л.А., Козелков О.А. Метод сжатия кадра цифрового телевизионного изображения // Системи обробки інформації. – Х.: ХВУ. – 2004. – Вип. 4. – С. 82 – 84.
5. Королёв А.В., Козелков О.А., Ильина О.А. Модель метода сжатия кадра телевизионного изображения // Системи обробки інформації. – Х.: ХВУ. – 2004. – Вип. 5. – С. 113 – 117.
6. Козелков О.А., Гришко А.В. Метод сжатия цифрового телевизионного сигнала // Збірник наукових праць ІПМС НАНУ. – К.: ІПМС НАНУ. – 2003. – Вип. 22. – С. 59 – 61.

Поступила 19.04.2004

КОРОЛЁВ Анатолий Викторович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры ХВУ. В 1969 году окончил Харьковское ВКИУ. Область научных интересов – обработка и передача информации.

КОЗЕЛКОВ Олег Александрович, адъюнкт ХВУ. Окончил ХВУ в 2001 году. Область научных интересов – цифровая обработка изображений.

ГУРЖИЙ Павел Николаевич, адъюнкт ХВУ. Окончил КВИНС в 2001 году. Область научных интересов – цифровая обработка изображений.
