

АНАЛИЗ МЕТОДОВ СЖАТИЯ ЦИФРОВОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

к.т.н. Л.А. Клименко, О.А. Козелков
(представил д.т.н., проф. А.В. Королёв)

В результате анализа существующих методов сжатия цифровых изображений определена актуальность задачи анализа возможностей метода серий для кодирования как сильнонасыщенных, так и информационно-емких изображений.

Введение. Стремительный рост объемов информации привел к тому, что существующие каналы связи не в состоянии обеспечить необходимую пропускную способность, гарантирующую доставку видеоданных требуемого качества в установленные сроки. Внедрение широкополосных, оптико-волоконных каналов связи позволит в значительной степени решить вопросы своевременной доставки информации. Но такие технологии являются дорогостоящими и требуют времени. С другой стороны, увеличение объема видеоданных усложняет задачу хранения информации. Ни одно современное высокоэффективное запоминающее устройство не может без специальных мер обеспечить хранение необходимых объемов информации, в частности подвижных изображений.

Повышение эффективности существующих систем передачи, хранения информации достигается путем использования методов сжатия информации (МСИ). В процессе сжатия производится уменьшение объема памяти исходного изображения за счет устранения естественной избыточности. При разработке МСИ специального (например, цифровое и спутниковое телевидение) назначения необходимо учитывать следующие требования: 1) качественное восстановление изображения; 2) высокое быстродействие; 3) высокий коэффициент сжатия; 4) простота аппаратурной реализации.

Постановка задачи. Необходимо разработать и исследовать метод, который бы оптимально удовлетворял изложенным требованиям.

Анализ литературы. Рассмотрим основные методы представления и кодирования цифровых видеоданных (ЦВД). Основным методом представления ЦВД является кодирование сигналов с помощью импульсно-кодовой модуляции (ИКМ). При ИКМ сигнал изображения дискретизируется, каждый отсчет квантуется и кодируется двоичным кодом, где m уровням квантования входной видеoinформации соответствует $k = \log_2 m$ кодовых импульсов [1 – 3]. К достоинствам ИКМ относятся:

- универсальная двоичная форма представления;
- низкая чувствительность к шумам;
- простота восстановления цифрового сигнала;
- высокое быстродействие.

Однако метод не осуществляет сжатия данных. На основании этого ИКМ выбирается в качестве эталона оценки эффективности методов сжатия [2].

Для уменьшения избыточности ЦВД применяется дифференциальная импульсно-кодовая модуляция (ДИКМ) [2]. При этом методе кодируется разность между текущим и предыдущим отсчетами сигнала. Качественнее устраняют избыточность методы ДИКМ с предсказанием, в которых кодированию подлежит разность между предыдущим отсчетом и предсказанным значением последующего пикселя. В качестве предсказания берется, в простом случае, значение предшествующего элемента по горизонтали (одномерное предсказание). В более сложных случаях предсказание основано на информации в предыдущей строке (двухмерное предсказание) или в последующем кадре (межкадровое предсказание). Входным сигналом является ИКМ сигнал. Отсчеты исходного сигнала кодируются методом ИКМ. Для каждого входного отсчета V_X точки X предсказатель по $N - 1$ предыдущим отсчетам определяет предсказанное значение \hat{V}_X . В этом случае предсказанное значение X -го пикселя определяется по формуле [1]:

$$\hat{V}_X = \sum_{i=1}^{N-1} a_i V_{X-i}, \quad (1)$$

где a_i – соответствующие весовые коэффициенты, которые выбираются так, чтобы минимизировать дисперсию ошибки предсказания.

Эффективность ДИКМ составляет 3 ... 5 бит на один элемент [1]. Но метод снижает помехоустойчивость, что приводит к искажениям восстановленного изображения. Решить эту задачу возможно путем частой передачи “опорных” отсчетов, т.е. самих значений элементов изображения. В этом случае действие помехи на изображении прекращается с появлением ближайшего истинного значения сигнала. Увеличение числа опорных значений в сигнале ДИКМ снижает эффективность сжатия [1].

При сжатии цветного изображения, в котором применяется RGB цветовая модель, широко используется кодирование длинами серий. Под серией понимают последовательность отсчетов, имеющих одинаковое значение. Идея метода заключается в представлении всего изображения в виде последовательности серий элементов этого изображения. При этом среднее количество информации, содержащееся в одной серии, определяется [4]:

$$H(S) = - \sum_{i=1}^{N_{\Pi}} \sum_{j=1}^N P(S = s_{i,j}) \log_2 P(S = s_{i,j}), \quad (2)$$

где i – параметр визуализации; j – длина серии; N_{Π} – количество градаций для полутонового или цветов для цветного изображений; N – количество элементов последовательности параметров визуализации; $P(S = s_{i,j})$ – вероятность обнаружения серии, имеющей i -й параметр визуализации и j -ю длину.

При использовании метода длин серий возможно получение высоких коэффициентов сжатия (до 100) ввиду наличия корреляции соседних элементов изображения при простой технической реализации и высоком быстродействии, но применение метода в кодировании сильнонасыщенных изображений приводит к увеличению объема памяти (до 2 раз) [4].

Метод кодирования с преобразованием предполагает процедуру, при которой получаемый с помощью ИКМ сигнал до передачи подвергается некоторому обратимому преобразованию (например, дискретное преобразование Фурье (ДПФ), дискретно-косинусное преобразование (ДКП), преобразование Адамара, Хаара и т.д.). Из чисел, полученных в результате преобразования, формируется трансформанта. Компоненты трансформанты являются линейными комбинациями компонентов исходной матрицы, взятыми с определенными весовыми коэффициентами [2]:

$$Y_{KL} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{KLij} L_{ij}, \quad (3)$$

где Y_{KL} – коэффициенты трансформанты; L_{ij} – составляющие исходной матрицы; a_{KLij} – весовые коэффициенты, получаемые с помощью алгоритма гармонического анализа.

Коэффициенты трансформанты разделяются для последующей обработки. Она базируется на зональном или пороговом принципе. В результате получают степень значимости (влияние на восстановленное изображение) коэффициентов. Значимые коэффициенты квантуются и передаются по каналу связи, незначимые – отбрасываются, за счет чего происходит сжатие [2].

На приемной стороне из трансформанты восстанавливают матрицу исходных значений отсчетов путем обратного преобразования, которое представляет собой совокупность арифметических операций, подобных [2]:

$$L_{ij} = \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n b_{ijkl} Y_{kl}, \quad (4)$$

где b_{ijkl} – соответствующие весовые коэффициенты.

Основным достоинством метода является высокий коэффициент сжатия (до 10) для любого по насыщенности изображения [3]. К недо-

статкам относят громоздкую реализацию, которая сказывается, прежде всего, на времени кодирования сигнала.

Один из наиболее эффективных и употребительных методов сжатия неподвижных изображений изложен в принятом Международной организацией стандартизации ISO стандарте JPEG. Данный стандарт определяет последовательность и параметры операций при кодировании и декодировании неподвижных изображений. Компрессия данных осуществляется в четыре этапа [3]: преобразование цвет – пространство; дискретно-косинусное преобразование; квантование; кодирование методами серий и Хаффмана.

Принятый Международной организацией стандартизации ISO стандарт сжатия подвижных изображений MPEG основан на гибридном кодировании, так как в нем сочетается внутрикадровое кодирование, направленное на уменьшение в основном психовизуальной избыточности в отдельных кадрах, и межкадровое кодирование, с помощью которого уменьшается избыточность межкадровой корреляции [2]. Помимо процедур, задействованных в JPEG, MPEG содержит сочетание методов компенсации движения, межкадрового и внутрикадрового ДИКМ.

Выводы. Применяемые оба стандарта МСИ позволяют уменьшить объем памяти в 5 – 10 раз. Однако, они требуют сложной технической реализации и достаточно большого времени, отводимого на обработку изображений. На основании этого особый интерес представляют методы кодирования длин серий в цифровом цветном телевизионном изображении ввиду своей простоты реализации, качественного восстановления изображения и получения приемлемого коэффициента сжатия. Поэтому является актуальной задача анализа возможностей метода серий для кодирования как сильнонасыщенных, так и информационно-емких (подвижных) изображений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смирнов А.В. *Основы цифрового телевидения.* – М.: Гор. линия, 2001. – 223 с.
2. Чернега В.С. *Сжатие информации в компьютерных сетях.* – Севастополь: Сев. ГТУ, 1997. – 175 с.
3. Брайс Р. *Руководство по цифровому телевидению.* – М.: ДМК Пресс, 2002. – 288 с.
4. Королёв А.В., Петухов В.А. *Метод кодирования видеoinформации цифровых цветных изображений // Радиотехника.* – 1989. – № 91. – С. 71 – 76.

Поступила 12.01.2004

КЛИМЕНКО Любовь Анатольевна, канд. техн. наук, преподаватель Харьковской ГАЖТ. В 1995 году окончила ХИИТ. Область научных интересов – передача и обработка информации.

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