
УДК 629.391

В.В. БАРАННИК, Н.А. ХАРЧЕНКО, В.Н. КРИВОНОС

МЕТОД КОМПРЕССИИ ВИДЕОПОТОКА НА ОСНОВЕ ПОЛИАДИЧЕСКОГО КОДИРОВАНИЯ ПРЕДСКАЗЫВАЕМЫХ КАДРОВ

Разработан метод полиадического кодирования предсказываемых Р-кадров на основе сегментации изображений и алгоритм обработки сегмента на основе выбора его типа (I-, Р-сегмент), позволяющий повысить степени сжатия за счет уменьшения длины кодового представления предсказанного сегмента; вследствие адаптивного выбора системы оснований полиадического числа.

1. Введение

Последние годы ознаменовались интенсивными разработками систем телевидения высокого разрешения HDTV и динамичным развитием мультимедиа приложений в Интернет-инфраструктуре [1], что резко увеличило долю видеотрафика в телекоммуникационных сетях. Сложности, связанные с передачей видеоданных в соответствии с требованиями сервисов проявляются не только в росте объемов информации, но и в возникновении пульсаций интенсивности потоков данных, поступающих в телекоммуникационную сеть, которая обусловлена: различной разрешающей способностью видео трафика; различной степенью сложности изображений; наличием помех и обрывов; количеством абонентов, подключенных к единому каналному ресурсу.

Видеопоток для обработки использует классификацию кадров по типам [2]. Для увеличения степени сжатия вводят кадры Р-типа, в которых устраняется два вида избыточности: пространственная и временная. Применяются методы компрессии, базирующиеся на дискретно-косинусных преобразованиях изображений с последующим кодированием компонент трансформант статистическими кодами. Используемое в современных алгоритмах сжатия статистическое сжатие имеет ряд существенных недостатков. Таких как высокая чувствительность к ошибкам, невозможность определить степень сжатия и битовую скорость до начала кодирования, большие задержки при построении дерева или таблицы кодов для длинной видеопоследовательности. Отсюда *цель исследований* заключается в разработке алгоритмов обработки предсказанных Р-кадров на основе метода кодирования, позволяющего производить формирование кода в соответствии с заданными критериями качества изображения.

2. Основной материал

Исходное изображение представляет собой массив пикселей размерностью $M \times N$, которое перед сжатием разбивается на сегменты размерностью $m \times n$. Разработаем метод обработки Р-кадров с использованием полиадического кодирования. Предварительно проводится вычисление разности значений сегмента текущего Р-кадра с соответствующим сегментом в предыдущем I- или Р-кадре. В основе предсказания лежит принцип аппроксимации, задаваемый следующей формулой:

$$x(t)_{i,j} = \sum_{t=1}^p a_t x(t-t')_{i,j}, \quad (1)$$

где $x(t)_{i,j}$ - (i,j) -я компонента сегмента изображения текущего t -го кадра; $x(t-t')_{i,j}$ - компонента сегмента изображения $(t-t')$ -го кадра; a_t - коэффициент аппроксимации; p - порядок модели.

Для кодирования подается разностное значение между текущим t и предыдущим $(t-1)$ кадрами: $e(t)_{i,j} = x(t)_{i,j} - x(t-1)_{i,j}$. Здесь величина $x(t)_{i,j}$ - аппроксимированное значение компоненты. Восстановление сигнала на приеме заключается в том, что к предыдущему значению компоненты прибавляется разность: $x(t)_{i,j} = x(t-1)_{i,j} + e(t)_{i,j}$. Межкадровая разница размером $m \times n$ элементов, представляется в виде двумерного массива, элементами которого являются предсказанные разностные значения.

Перед началом кодирования сегмента определяется его тип, т.е. каким образом он будет обработан. Для этого задается функционал $f(E(t)^{(\zeta,\gamma)})$, который учитывает общий объем данных, битовую скорость и особенности дальнейшей технологии кодирования при обработке (ζ, γ) -го сегмента. Проводится сравнение функционала полученного разностного массива с заданным пределом ΔD . Если он не превышает требуемое значение $f(E(t)^{(\zeta,\gamma)}) \leq \Delta D$, то далее сегмент будет обрабатываться с использованием кодирования с предсказанием (Р-тип). Если в сегменте появился новый объект, и значение функционала превышает ΔD , то происходит переход к алгоритмам, используемым для кодирования I-кадров, т.е. он кодируется независимо (I-тип) (рис. 1).

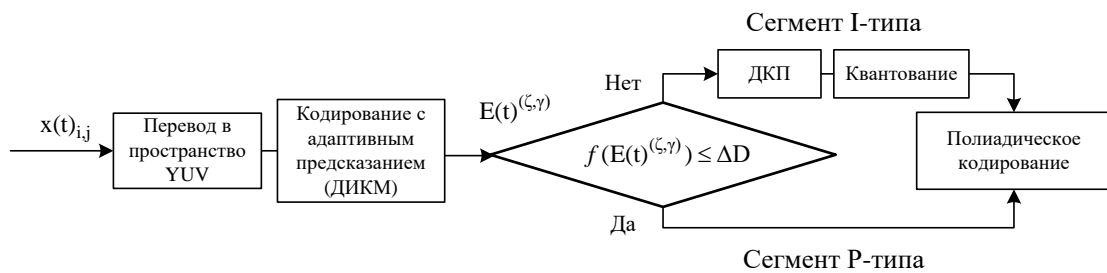


Рис.1. Обобщенный алгоритм кодирования сегмента изображения

Трансформирование осуществляется с помощью дискретного косинусного преобразования (ДКП), суть которого заключается в преобразовании матрицы (ζ, γ) -ого сегмента изображения в матрицу частотных коэффициентов соответствующего размера. Полученная новая форма записи информации об изображении позволяет в дальнейшем с помощью квантования существенно сократить итоговый объем данных.

В зависимости от типа сегмента, при формировании полиадического кода будет выбираться также количество избыточности, которая будет сокращаться в результате полиадического кодирования.

Под одномерным полиадическим кодированием понимается процесс формирования кода $N(t)_i^{(\zeta,\gamma)}$ для i -го столбца (ζ, γ) -ого сегмента $E(t)_i^{(\zeta,\gamma)}$ с учетом заданной системы оснований $\Lambda(t)^{(\zeta,\gamma)}$ выбранной для i -го столбца (ζ, γ) -ого сегмента [3], т.е.

$$N(t)_i^{(\zeta,\gamma)} = \sum_{i=1}^m e(t)_i \prod_{\eta=i+1}^n \lambda(t)_\eta, \quad (2)$$

где $\Delta x(t)_i$ – элемент одномерного полиадического числа, $\prod_{\eta=i+1}^n \lambda(t)_\eta$ – весовой коэффициент элемента $e(t)_i$.

Одномерным полиадическим числом, в заданном случае, называется одномерная последовательность i -го столбца матрицы $E(t)_i^{(\zeta,\gamma)} = \{e(t)_1, \dots, e(t)_i, \dots, e(t)_m\}$, элементы которой удовлетворяют смешанной системе оснований $\Lambda(t)^{(\zeta,\gamma)} = \{\lambda(t)_1, \dots, \lambda(t)_i, \dots, \lambda(t)_m\}$ [1]. Одномерная смешанная система оснований Λ представляет собой одномерный вектор-столбец, компонентами которого λ_i являются произвольные целые числа конечной размерности, при выборе которых необходимо выполнение неравенства

$$e(t)_i \leq \lambda(t)_i - 1, \text{ для } i = \overline{1, m}, \quad (3)$$

где m – количество элементов полиадического числа; $\lambda(t)_i$ – основание i -го элемента одномерного полиадического числа.

Обозначим через $H(t)^{(\zeta,\gamma)}$ вектор-столбец весовых коэффициентов (ζ, γ) -ого сегмента, $H(t)^{(\zeta,\gamma)} = \{h(t)_1, \dots, h(t)_i, \dots, h(t)_n\}$, элементами которого являются весовые коэффициенты $h(t)_i^{(\zeta,\gamma)}$:

$$h(t)_i^{(\zeta,\gamma)} = \prod_{\eta=i+1}^n \lambda(t)_\eta. \quad (4)$$

Под весовым коэффициентом элемента полиадического числа понимается множитель, величина которого указывает на степень значимости позиции, занимаемой данным элементом в кодируемой последовательности. Весовой коэффициент образуется в результате накопленного произведения оснований младших элементов одномерного полиадического числа. Для i -го элемента одномерного полиадического числа младшими элементами будут элементы $e(t)_\eta$, индексы которых равны $\eta = \overline{i+1, n}$. Согласно выражению (2), чем больше индекс позиции, тем меньше значение весового коэффициента.

Если задан вектор весовых коэффициентов $H(t)^{(\zeta,\gamma)}$, то выражение (2) для формирования кода $N(t)_i^{(\zeta,\gamma)}$ одномерному числу $E(t)_i^{(\zeta,\gamma)}$ в матричной форме примет вид: $N(t)_i^{(\zeta,\gamma)} = H(t)^{(\zeta,\gamma)'} E(t)_i^{(\zeta,\gamma)}$, где H' – транспонированный вектор весовых коэффициентов одномерного числа $H(t)^{(\zeta,\gamma)'} = \{ \prod_{\eta=2}^n \lambda(t)_\eta, \dots, \prod_{\eta=i+1}^n \lambda(t)_\eta, \dots, 1 \}$.

Верхней границей h_{\max} значения кода одномерного полиадического числа для заданной системы оснований $\Lambda(t)^{(\zeta,\gamma)}$ является накопленное произведение оснований всех элементов $\prod_{\eta=1}^n \lambda(t)_\eta$: $N(t)_{\max}^{(\zeta,\gamma)} < h_{\max} = \prod_{\eta=1}^n \lambda(t)_\eta$, где $N(t)_{\max}^{(\zeta,\gamma)}$ – максимально возможное значение кода для заданного вектора оснований $\Lambda(t)^{(\zeta,\gamma)}$, состоящего из n элементов.

Код полиадического числа называется кодом в неравномерном базисе значений, компоненты которого удовлетворяют смешанной системе оснований [4].

Схема формирования кода задается двумя этапами. На первом этапе кодирования для заданного сегмента данных, определяется система оснований $\Lambda(t)^{(\zeta, \gamma)}$, удовлетворяющих ограничениям (3). Это осуществляется путем выбора максимального элемента $\max_e(t)_{1,j}+1$ для j -й строки (ζ, γ) -ого сегмента и последующим увеличением его на единицу. Таким образом, формируются элементы вектора оснований для каждой строки матрицы.

На втором этапе задается вектор-столбец весовых коэффициентов $H(t)^{(\zeta, \gamma)}$ в соответствии с формулой (4). Полиадическое число для сегмента формируется из элементов его столбцов в соответствии с выражением (2). Элементы такого числа в результате кодирования последовательно собираются в цепочку, которая далее представляется в двоичной или десятичной форме.

Такая схема кодирования приводит к снижению количества разрядов на кодовое представление массивов видеоданных.

Важным свойством полиадических чисел является возможность вычисления кода для массива данных на основе аналитического выражения. При этом необходимо знать только значения элементов массива данных и значения компонент вектора оснований. Поэтому не требуется организовывать формирование таблицы допустимых чисел, и не требуется проводить поиск в таблице необходимого индекса, соответствующего обрабатываемому числу.

Использование полиадических чисел и их кодирование позволяет уменьшить количество вычислительных операций относительно существующих статистических кодов, что позволяет осуществлять обработку видеоданных в реальном времени.

3. Выводы

1. Разработан метод кодирования, который основан на использовании двух типов сегментов, выбираемых по заданному пределу ΔD , в предсказанных P -кадрах с использованием полиадического кодирования. Представлен обобщенный алгоритм кодирования сегмента изображения и варианты обработки в зависимости от его типа.

2. В результате полиадического кодирования изображения формируется последовательность кодов-номеров, представляющих собой номера обрабатываемых сегментов изображений в множестве допустимых полиадических чисел.

3. Полиадический код является количественной характеристикой насыщенности блока разными видами структурных особенностей. Для P -кадров с большим числом изменяющихся деталей относительно предыдущего кадра полиадический код является характеристикой степени насыщенности области разностными элементами. Значение кода будет тем меньше, чем больше отношение площади имеющей мало изменяющуюся структуру к площади изображения передаваемого объекта и наоборот.

4. Важным свойством полиадических чисел является возможность вычисления кода для массива данных на основе аналитического выражения. Поэтому не требуется организовывать формирование таблицы допустимых полиадических чисел.

5. Дополнительное повышение степени сжатия происходит за счет уменьшения длины кодового представления предсказанного сегмента; вследствие адаптивного выбора системы оснований полиадического числа.

Список литературы: 1. Олифер В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. - СПб.: Питер, 2006. - 958 с. 2. Gonzales R.C. Digital image processing / R.C. Gonzales, R.E. Woods. - Prentice Inc. Upper Saddle River, New Jersey 2002. – 779 p. 3. Баранник

В.В. Кодирование трансформированных изображений в инфокоммуникационных системах / В.В. Баранник, В.П. Поляков - Х.: ХУПС, 2010. – 212 с. 4. Баранник В.В. Метод сжатия изображений на основе неравновесного позиционного кодирования битовых плоскостей /В.В. Баранник, Н.К. Гулак, Н.А.Королева //Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – Х.: ХНАУ “ХАІ”, 2009. – Вип. 1. – С. 55– 61.

Баранник Владимир Викторович, д-р техн. наук, начальник кафедры боевого применения и эксплуатации АСУ Харьковского университета Воздушных Сил. Научные интересы: обработка и передача информации. Адрес: Украина, 61023, Харьков, ул. Сумская, 77/79.

Харченко Наталия Андреевна, инженер 2 категории Харьковского национального университета радиоэлектроники. Научные интересы: обработка и сжатие видеоданных. Адрес: г. Харьков ул. Слинко 20а, кв. 60, т. 97-07-38

Кривонос Владимир Николаевич инженер Харьковского университета Воздушных Сил. Электронная почта: k.v.n-26@mail.ru. **Научные интересы:** *Кодирование и защита информации для передачи в телекоммуникационных системах.*