

УДК 621.39

В.В. Баранник,
доктор технических наук, профессор,
Р.И. Акимов,
М.В. Думанский

БИАДИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ПАКЕТОВ ПРЕДСКАЗАННЫХ КАДРОВ С АПЕРТУРНОЙ АППРОКСИМАЦИЕЙ

Обосновывается необходимость совершенствования MPEG-технологии обработки видеoinформационного потока. Излагается создание технологии апертурной аппроксимации. Разрабатывается режим апертурной аппроксимации, заключающийся в том, что участки интерполирования являются равномерными, с одним базовым элементом между ними; восстановление аппроксимируемых элементов осуществляется на основе усреднения базовых элементов, между которыми они расположены в апертуре.

Ключевые слова: биадическое кодирование, апертурная аппроксимация.

Обґрунтовується необхідність вдосконалення MPEG-технології обробки потоку відеоінформації. Викладено створення технології апертурної апроксимації. Розробляється режим апертурної апроксимації, який полягає в тому, що ділянки інтерполяції є рівномірними, з одним базовим елементом між ними; відновлення елементів, які апроксимуються, здійснюється на основі усереднювання базових елементів, між якими вони розташовані в апертурі.

Ключові слова: біадичне кодування, апертурна апроксимація.

The necessity of the perfection of MPEG-technology treatment of video informative stream is grounded. The creation of the technology of apertures approximation is stated. The mode of approximation apertures is developed.

Keywords: biadically encoding, approximations of apertures.

Повышение доступности мультимедийных технологий с одной стороны и улучшение качества предоставления видеoinформационных услуг – с другой формирует условия для повышенного спроса на видеoinформационные ресурсы. Актуальная проблематика заключается в необходимости обеспечить требования по своевременности и целостности предоставления видеoinформации для существующих инфокоммуникационных систем [1; 2]. В связи с чем, требуется совершенствовать технологии обработки видеoinформационных потоков. Это определяет актуальность исследований. Направлением совершенствования является интегрирования в существующие MPEG-технологии более эффективных кодеков [3]. В этом плане перспективный подход состоит в организации биадического представления пакетов Р-кадров на основе выявления апертур [4]. Для такого подхода осуществляется выявление локально-пространственных свойств межкадровой апертуры на основе адаптивного учета динамических диапазонов ее элементов. При этом построение ФАГ на основе описания межкадровой апертуры биадическим

числом с ограниченным межкадровым приращением между элементами позволяет обеспечить минимальное количество избыточности, устраняемое относительно исходного представления элементов апертуры на уровне от 27 % в зависимости от длины апертуры и значения межкадрового приращения.

В тоже время количество сокращаемой избыточности снижается с ростом величины межкадрового приращения $\delta_{\xi, \gamma}$. Для повышения количества устраняемой избыточности $R_{\xi, \gamma}^{(min)}$ необходимо сократить количество $W^{(\xi, \gamma)}$ разрядов, затрачиваемое на одномерное биадическое представление межкадровой апертуры. При этом необходимо отметить, что биадическое представление, изложенное в работе [4], не учитывает допущение наличия апертурной аппроксимации с позиции учета психовизуальных особенностей восприятия изображений зрительной системой. В связи с чем, *предлагается* использовать апертурную аппроксимацию. Отсюда, *цель исследований статьи* заключается в построении технологии биадического представления пакета Р-кадров с учетом апертурной аппроксимации.

Построение технологии биадического представления с апертурной аппроксимацией

Суть апертурной аппроксимации заключается в том, что элементы межкадровой апертуры разделяются на два типа, а именно:

1) первый тип составляют элементы $a(\tau)_{\xi, \gamma}^{(b)}$, которые являются информативными (базовыми, опорными). Такие элементы формируют составляющую $A(\xi; \gamma)_b$, т.е. $a(\tau)_{\xi, \gamma}^{(b)} \in A(\xi; \gamma)_b$, которая сохраняется без внесения искажений;

2) наоборот элементы $a(\tau)_{\xi, \gamma}^{(a)}$ второго типа являются интерполируемыми. Элементы второго типа формируют составляющую $A(\xi; \gamma)_a$, т.е. $a(\tau)_{\xi, \gamma}^{(a)} \in A(\xi; \gamma)_a$, и восстанавливаются на приемной стороне с использованием опорных элементов и дополнительной информации. Например, дополнительной информацией может служить локальное приращение, среднее значение между аппроксимируемыми элементами. По этой причине интерполируемые элементы позиционируются в апертуре между опорными (рис. 1).

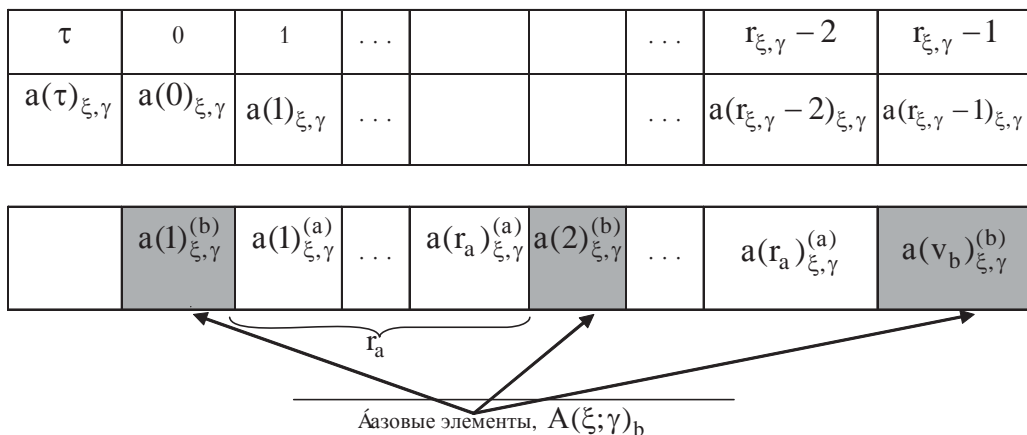


Рис. 1. Схема позиционирования опорных и интерполируемых элементов в апертуре

Тогда исходную межкадровую апертуру $A^{(\xi, \gamma)}$ можно представить следующим образом: $A^{(\xi, \gamma)} = A(\xi; \gamma)_b \cup A(\xi; \gamma)_a$. Параметрами апертурной аппроксимации

являются: длина r_a участка интерполяции – количество аппроксимируемых элементов апертуры между базовыми элементами; количество базовых элементов между двумя смежными участками интерполирования; оператором реконструкции аппроксимируемых элементов.

Поэтому для проведения апертурной аппроксимации требуется задать режим аппроксимации и длину интерполируемого интервала. Режим аппроксимации определяется количеством базовых элементов между участками интерполирования и распределением длин участков интерполирования в апертуре.

Для сокращения вычислительной сложности и увеличения количества аппроксимируемых элементов для апертуры заданной длины *предлагается* выбирать режим аппроксимации, когда:

1) участки интерполирования являются равномерными, т.е. $r_a = \text{const}$, с одним базовым элементом между ними;

2) восстановление аппроксимируемых элементов осуществляется на основе усреднения базовых элементов, между которыми они расположены в апертуре.

Количество v_b базовых и количество v_a интерполируемых элементов в апертуре с учетом выбранного режима апертурной аппроксимации определяется соответственно по таким выражениям: $v_b = \lceil r / (r_a + 1) \rceil$; $v_a = v_b r_a$. Здесь v_a – количество аппроксимируемых участков в апертуре; r_a – длина аппроксимируемого участка, являющаяся фиксированной для всех участков. Тогда получим следующие составляющие апертуры:

– для базовой $A(\xi; \gamma)_b = \{a(0)_{\xi, \gamma}^{(b)}; \dots; a(\tau)_{\xi, \gamma}^{(b)}; \dots; a(v_b)_{\xi, \gamma}^{(b)}\}$;

– для аппроксимируемой $A(\xi; \gamma)_a = \{a(0)_{\xi, \gamma}^{(a)}; \dots; a(\tau)_{\xi, \gamma}^{(a)}; \dots; a(v_a)_{\xi, \gamma}^{(a)}\}$.

Здесь $a(\tau)_{\xi, \gamma}^{(b)}$ – τ -й базовый элемент составляющей $A(\xi; \gamma)_b$; $a(\tau)_{\xi, \gamma}^{(a)}$ – τ -й аппроксимируемый элемент составляющей $A(\xi; \gamma)_a$.

Для заданной позиции аппроксимируемого элемента $a(\tau)_{\xi, \gamma}^{(a)}$ можно получить его позиционирование относительно участка интерполирования. В этом случае получи элементы $a(v; \phi)_{\xi, \gamma}^{(a)}$ – аппроксимируемый элемент на ϕ -й позиции v -го участка интерполяции для $(\xi; \gamma)$ -й межкадровой апертуры.

Если между участками интерполяции находится один базовый элемент, а их длина является равномерной, то выражение для пересчета индекса τ позиции в апертуре в индекс ϕ позиции для участка интерполяции примет следующий вид: $\phi = \tau - v - (v - 1)r_a$. Номер v участка интерполяции определяется следующим образом: $v = \lceil \tau / (r_a + 1) \rceil$. Тогда получим $\phi = \tau - \lceil \tau / (r_a + 1) \rceil (r_a + 1) + r_a$.

Данные выражения позволяют для заданного индекса позиции интерполируемого элемента в апертуре и длины участка интерполяции получить координату аппроксимируемого элемента для участка интерполяции.

Для межкадровой апертуры в режиме аппроксимации количество информации определяется только по базовым элементам. В этом случае количество $V^{(\xi, \gamma)}$ различных одномерных биадических чисел, составленных по базовым элементам межкадровой апертуры с приращением $\delta_{\xi, \gamma}$, будет вычисляться по формуле

$$V^{(\xi, \gamma)} = \prod_{\tau=0}^{\lceil r / (r_a + 1) \rceil - 1} \lambda(\tau)_{\xi, \gamma} = (D_{\xi, \gamma} + 1)(2\delta_{\xi, \gamma} + 1)^{\lceil r / (r_a + 1) \rceil - 1}.$$

Из анализа полученного выражения можно заключить, что за счет апертурной аппроксимации количество ОБЧ будет меньше, чем для исходной межкадровой апертюры, т.е. $V^{(\xi, \gamma)} < V'^{(\xi, \gamma)}$. Это обусловлено выполнением неравенства $v_b = \lceil r / (r_a + 1) \rceil < r$.

Следовательно, в результате использования технологии апертурной аппроксимации и формирования биадических чисел по базовым элементам обеспечивается сокращение количества разрядов на представление межкадровой апертюры. Схематично такой процесс представлен на рис. 2.



Рис. 2. Схема механизма апертурной аппроксимации

В тоже время дополнительное повышение эффективности предложенного подхода относительно формирования генерирующей апертурной функции на основе одномерного биадического представления в режиме апертурной аппроксимации ограничено тем, что величина межкадрового приращения $\delta_{\xi, \gamma}$ выбирается заранее, и является фиксированной величиной.

Проведем оценку уровня искажений, которые обусловлены механизмом апертурной аппроксимации. Искажения возникают вследствие того, что информация об апертюре передается только по ее базовым элементам. Базовые элементы $a(\tau)_{\xi, \gamma}^{(b)}$ обрабатываются без потери информации. Наоборот информация об аппроксимируемых элементах $a(\tau)_{\xi, \gamma}^{(a)}$ межкадровой апертюры будет формироваться по ее базовым элементам. Восстановление аппроксимируемых элементов осуществляется на основе информации о базовых элементах на краях участка интерполяции и межкадрового приращения $\delta_{\xi, \gamma}$. Для v -го участка интерполяции в условиях выбранного режима позиции $\tau(v)_0, \tau(v)_{r_{a+1}}$ краевых базовых элементов определяются по выражению $\tau = \phi + v + (v - 1)r_a$. Откуда получим:

$$\begin{aligned} \tau(v)_0 &= v + (v - 1)r_a, \quad \text{для } \phi = 1; \\ \tau(v)_{r_{a+1}} &= r_a + v + (v - 1)r_a + 1 = v(r_a + 1) + 1, \quad \text{для } \phi = r_a. \end{aligned}$$

Здесь $\tau(v)_0, \tau(v)_{r_{a+1}}$ – позиция базовых элементов в начале и в конце участка интерполяции. Тогда значения аппроксимированных элементов $a(v; \phi)_{\xi, \gamma}^{(a)}$, принадлежащих v -у участку интерполяции, по базовым элементам определяются в соответствии с формулой

$$a(v; \phi)_{\xi, \gamma}^{(a)} = \frac{a(\tau(v)_0)_{\xi, \gamma}^{(b)} + a(\tau(v)_{r_{a+1}})_{\xi, \gamma}^{(b)}}{2}, \quad \phi = \overline{1, r_a}, \quad (1)$$

где $a(\tau(v)_0)_{\xi,\gamma}^{(b)}$, $a(\tau(v)_{r_{a+1}})_{\xi,\gamma}^{(b)}$ – базовые элементы на концах v -го участка интерполяции.

На основе соотношения (1) можно заключить, что реконструкция аппроксимируемых элементов осуществляется в независимости друг от друга. Учитываются только базовые элементы, которые получаются на приемной стороне без ошибок. Отсюда можно утверждать, что накопление ошибки при восстановлении интерполируемых элементов не происходит.

В этом случае может возникнуть ошибка $e(v; \phi)_{\xi,\gamma}$, определяемая как разность между исходным и реконструируемым значением интерполируемого элемента, т.е. $e(v; \phi)_{\xi,\gamma} = |a(v; \phi)'_{\xi,\gamma} - a(v; \phi)_{\xi,\gamma}^{(a)}|$. Здесь $a(v; \phi)_{\xi,\gamma}^{(a)}$, $a(v; \phi)'_{\xi,\gamma} - a(v; \phi)_{\xi,\gamma}^{(a)}$ – аппроксимируемые элементы на ϕ -й позиции v -го участка интерполяции для $(\xi; \gamma)$ -й соответственно исходной и реконструированной межкадровой апертуры. Данная ошибка называется ошибкой аппроксимации. Максимальное значение ошибки аппроксимации будет ограничено сверху величиной $2\delta_{\xi,\gamma}$:

$$e(v; \phi)_{\xi,\gamma} \leq 2\delta_{\xi,\gamma} = \lambda(\tau)_{\xi,\gamma} - 1, \quad \tau = \overline{1, r_{\xi,\gamma}},$$

где $\lambda(\tau)_{\xi,\gamma}$ – динамический диапазон элемента $a(\tau)_{\xi,\gamma}$ относительно предыдущего элемента межкадровой апертуры.

Такое неравенство образуется из условия того, что значения элементов $a(\tau)_{\xi,\gamma}$ межкадровой апертуры, для $\tau = \overline{1, r_{\xi,\gamma}}$, изменяются в пределах:

$$a(\tau)_{\xi,\gamma} - \delta_{\xi,\gamma} \leq a(\tau+1)_{\xi,\gamma} \leq a(\tau)_{\xi,\gamma} + \delta_{\xi,\gamma}.$$

Откуда для абсолютного значения разности исходного и реконструированного элементов аппроксимированной составляющей будет выполняться неравенство $0 < |a(v; \phi)'_{\xi,\gamma} - a(v; \phi)_{\xi,\gamma}^{(a)}| < 2\delta_{\xi,\gamma} + 1$. Тогда величина среднеквадратического показателя погрешности σ_a и его максимального значения $\sigma_a^{(\max)}$ с учетом всех интерполируемых элементов межкадровой апертуры определяются соответственно по следующим выражениям:

$$\sigma_a = \sqrt{\sum_{v=1}^{v_a} \sum_{\phi=1}^{r_a} (e(v; \phi)_{\xi,\gamma})^2 / r_{\xi,\gamma}}; \quad \sigma_a^{(\max)} = 2\delta_{\xi,\gamma} \sqrt{v_a / r_{\xi,\gamma}}.$$

Расчеты максимального значения $\sigma_a^{(\max)}$ среднеквадратического показателя погрешности апертурной аппроксимации представлены в виде диаграмм на рис. 3. Оценка проводилась в зависимости от количества v_a интерполируемых элементов и фиксированного значения межкадрового приращения $\delta_{\xi,\gamma}$.

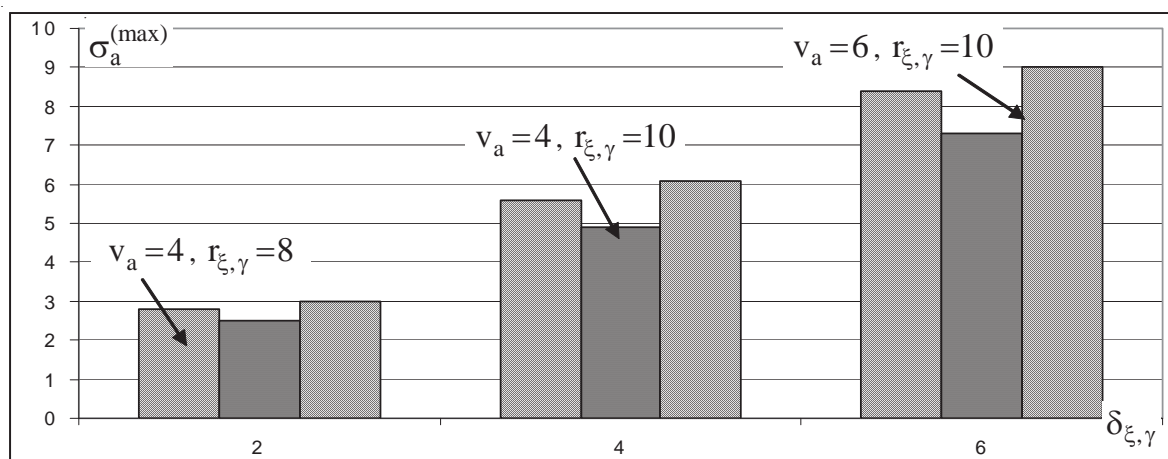


Рис. 3. Диаграммы зависимости величины $\sigma_a^{(max)}$ от v_a и $\delta_{\xi, \gamma}$

Анализ полученных выражений позволяет заключить, что: величина среднеквадратического показателя погрешности обеспечивает ПОСШ на уровне не ниже 30 дБ. Это соответствует достаточно хорошему качеству воспроизведения изображений; величина среднеквадратического показателя погрешности резко снижается при уменьшении значения межкадрового приращения и количества аппроксимируемых элементов, а именно: в среднем в 1,75 раза при уменьшении межкадрового приращения в 2 раза; в среднем в 1,25 раза при уменьшении количества аппроксимируемых элементов на 30 %.

Поэтому можно сделать вывод относительно того, что в условиях заданного количества аппроксимируемых элементов для снижения уровня искажений апертурной интерполяции необходимо создать механизм уменьшения значения межкадрового приращения.

Выводы

1. Создана технология апертурной аппроксимации. Суть апертурной аппроксимации заключается в том, что элементы межкадровой апертюры разделяются на два типа, а именно базовые и аппроксимируемые.

2. Разработан режим апертурной аппроксимации, заключающийся в том, что участки интерполирования являются равномерными, с одним базовым элементом между ними; восстановление аппроксимируемых элементов осуществляется на основе усреднения базовых элементов, между которыми они расположены в апертюре. В результате обеспечивается:

- сокращение количества разрядов на представление межкадровой апертюры;

- величина среднеквадратического показателя погрешности обеспечивает ПОСШ на уровне не ниже 30 дБ. Это соответствует достаточно хорошему качеству воспроизведения изображений, и достигается за счет того, что реконструкция аппроксимируемых элементов осуществляется в независимости друг от друга. Учитываются только базовые элементы, которые получают на приемной стороне без ошибок. Следовательно, накопление ошибки при восстановлении интерполируемых элементов не происходит.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео / Д. Ватолин, А. Ратушняк, М.Смирнов, В. Юкин. – М. : Диалог-Мифи, 2003. – 381 с.
2. *Ричардсон Ян*. Видеокодирование. H.264 и MPEG-4 – стандарты нового поколения / Ян Ричардсон. – М. : Техносфера, 2005. – 368 с.
3. *Баранник В.В.* Кодирование трансформированных изображений в инфокоммуникационных системах / В.В. Баранник, В.П. Поляков. – Х. : ХУПС, 2010. – 212 с.
4. *Акимов Р.И.* Технология кодирования пакетов предсказанных кадров в инфокоммуникационных системах / Р.И. Акимов // Сучасна спеціальна техніка. – 2012. – № 4.– С. 17–18.

Отримано 14.02.2013