

УДК 621.39

Б.В. Остроумов, кандидат технических наук,
Р.В. Сафронов

АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ УПРАВЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯМИ КАЧЕСТВА СЖАТИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ВИДЕОКАДРОВ

Розглянуто технологію кодування відеокадрів, визначено особливості етапів обробки відеоінформації. У ході роботи виявлено механізми управління такими характеристиками, як бітова швидкість, час обробки, якість реконструювання зображення з використанням технології кодування на основі квантизації компонент трансформованих зображень.

Ключові слова: сегментація зображення, технологія кодування відеоінформації, стиснення відеоданих, якість реконструювання зображення.

Рассмотрена технология кодирования видеокадров, определены особенности этапов обработки видеoinформации. В ходе работы выявлены механизмы управления такими характеристиками, как битовая скорость, время обработки, качество реконструкции изображения с использованием технологии кодирования на основе квантизации компонент трансформированных изображений.

Ключевые слова: сегментация изображения, технология кодирования видеoinформации, сжатие видеоданных, качество реконструкции изображения.

Technology of video frame encoding is considered; features of video information processing stages are determined. Control mechanisms of such characteristics as bit speed, the processing time are developed. The quality of image reconstruction using the encoding technology based on the quantization component of transformed images is revealed.

Keywords: image segmentation, technology of video information encoding, compression of video data, the quality of image reconstruction.

Динамичное развитие Интернет-инфраструктуры, появление ресурсоемких мультимедиа приложений и социальных сетей резко увеличило долю видеотрафика в телекоммуникационных сетях. По прогнозам экспертов в 2012 году доля “видео по запросу”, IP-телевидения, однорангового видео и интернет-видео в пользовательском IP-трафике составит почти 90 %, наряду с этим возрастают и требования к качеству предоставляемых услуг. Основным показателем здесь является величина битовой скорости.

Из этого следует, что совершенствование технологий и методов обработки видеоданных с целью снижения битовой скорости является актуальной научно-прикладной задачей.

Сложности, связанные с передачей видеоданных в соответствии с требованиями сервисов, проявляются не только в росте объемов видеоданных, но и с возникновением пульсации интенсивности информационных потоков, посту-

пающих в телекоммунікаційну мережу, і її пропускної спроможності. Пульсація пропускної спроможності телекоммунікаційної мережі обумовлена: різною розрешаючою спроможністю відеотрафіка; різною ступенем складності зображень, як складаючих відеотрафіка; наявністю шумів і обривів (пошкоджень), приводящих до блокування окремих трактів мережі передачі даних; кількістю абонентів, підключених до єдиного каналного ресурсу.

Ціль досліджень заключається в виявленні базових механізмів, дозволяючих здійснювати управління такими характеристиками, як бітова швидкість, якість реконструкції зображення в умовах заданої обчислювальної середовища.

В основі відеоданих лежать растрові зображення, більшість пристроїв отримання і відображення відеоінформації використовують растровий спосіб формування зображень. Потік відеоінформації визначається за формулою: $I_t = Wf$, де f – частота кадрової розгортки. Основним недоліком растрових зображень є великий обсяг їх цифрового представлення, що наочно показано в роботі “Структурно-комбінаторне представлення даних в АСУ” [1]. Це є однією з основних причин великих часових затримок в процесі обробки і передачі відеоданих (оцифрованих зображень) в телекоммунікаційних мережах.

Зображення представляє собою масив пікселів розмірністю $M \times N$, а L – кількість рівнів квантування кольорової компоненти зображення. Исходное зображення перед стисненням розбивається на сегменти (рис. 1).

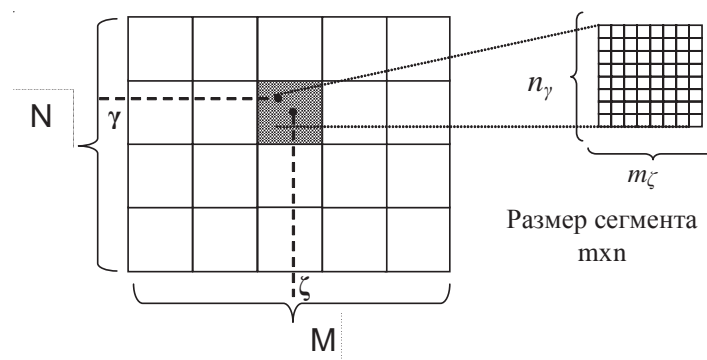


Рис. 1. Представление сегментированного изображения

Под бітовою швидкістю W_t будемо розуміти обсяг тієї відеоінформації, яку необхідно передати за одиницю часу. В випадку стиснення, под бітовою швидкістю $W_{\text{comp}}(t)$ будемо розуміти обсяг компактно представлених відеоданих, які необхідно передати за одиницю часу. Заданою

бітовою швидкістю співвідношенням: $W_{\text{comp}}(t) = \sum_{\varphi=1}^{P_{\text{кадр}}} \sum_{\zeta=1}^M \sum_{\gamma=1}^N w_{\text{comp}}^{(\zeta, \gamma, \varphi)}$, де $w_{\text{comp}}^{(\zeta, \gamma, \varphi)}$ – обсяг компактно представлених (ζ, γ) – сегмент φ -кадру послідовності, довжиною $P_{\text{кадр}}$.

Коефіцієнт стиснення сегмента відеоданих $k_{\text{comp}}^{(\zeta, \gamma, \varphi)}$, визначається як відношення обсягу вихідного сегмента зображення $w^{(\zeta, \gamma, \varphi)}$ до обсягу стисненого

фрагмента відеоданих $w_{\text{comp}}^{(\zeta, \gamma, \varphi)}$: $k_{\text{comp}}^{(\zeta, \gamma, \varphi)} = \frac{w^{(\zeta, \gamma, \varphi)}}{w_{\text{comp}}^{(\zeta, \gamma, \varphi)}}$. Кількість масивів відеоданих

v сегментованного зображення залежить від розмірів вихідного зображення і розміра одного сегмента. Якщо розміри сегментів незмінні (одинакові),

$$v = \frac{NM}{nm}$$

Для оцінки втрат якості зображення зручно використовувати міру, яка називається мірою відношення сигналу до шуму [2]:

$$h = 10 \cdot \lg_{10} \frac{225^2 \cdot M \cdot N}{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (X_{i,j} - X'_{i,j})^2}$$

Для організації стиснення потоку відеоданих широке застосування знайшли методи, реалізовані в форматі JPEG. Він дозволяє представляти зображення в компактному вигляді як без втрати якості, так і з втратою якості. Метод побудований на схемі кодування, базуючійся на дискретних косинус-перетвореннях (ДКП) (рис. 3), кодує з втратами, але забезпечує високу ступінь стиснення при прийнятних втратах даних.

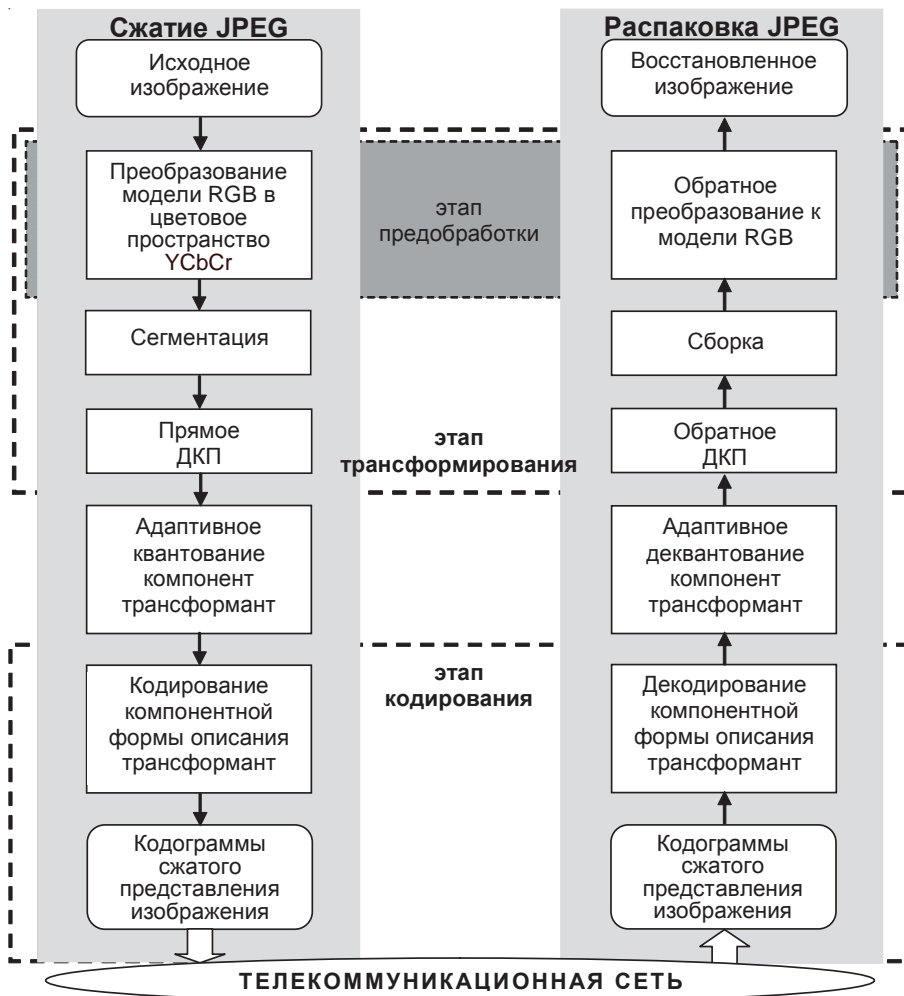


Рис. 2. Структура JPEG-преобразований

Манипуляция качеством реконструкции и временем обработки достигается на следующих этапах:

Этап 1. Преобразование в цветовое пространство. Особенности преобразования: при переходе к цветовому пространству YCbCr составляющие цветности (Cb и Cr), содержащие высокочастотную цветовую информацию (к которой глаз человека менее чувствителен), частично могут быть отброшены, тем самым, уменьшая количество учитываемых пикселей для каналов цветности, что ведет к повышению степени сжатия. В тоже время, отбрасывая часть информации – снижается качество восстановленного изображения.

Этап 2. Сегментация изображения. Сегментация упрощает буферизацию данных для их передачи по каналу связи. Технология кодирования видеок кадров поддерживает три типа сегментации изображений: простую, пирамидальную и комбинированную (рис. 3). В зависимости от типа сегментации может теряться до половины нужной информации, что ведет к значительному сокращению объемов данных, при этом, с уменьшением размера сегмента, повышается скорость обработки, увеличиваются искажения в итоговом изображении.

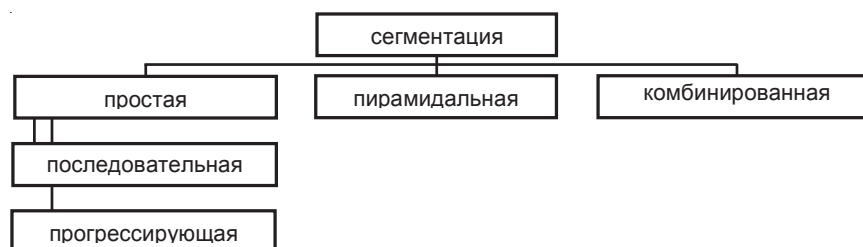


Рис. 3. Типы сегментации изображения

Этап 3. ДКП. Время, необходимое для вычисления каждого элемента матрицы ДКП, сильно зависит от ее размера, поскольку используются два вложенных цикла, время вычислений составляет $N \times N$ – операций. В табл. 1 приведены данные по количеству операций (времени выполнения) ДКП для кадров разного размера, с учетом яркостных компонент, размер блока 8×8 .

Таблица 1

Зависимость количества машинных операций от размера кадра

| Размер кадра | Число арифметических операций для одной трансформанты | Число арифметических операций с учетом всех трансформант |
|--------------|---|--|
| 512x512 | 4194304 | 12582912 |
| 800x600 | 7680000 | 23040000 |
| 1024x768 | 12582912 | 37748736 |

Анализ табл. 1 показывает, что чем меньше размер сегмента изображения, тем меньшее число машинных операций затрачивается на его обработку.

Этап 4. Квантование. Квантование – деление рабочей матрицы на матрицу квантования поэлементно. Особенности, присущие этапу квантования: на этом шаге задается степень сжатия, происходят самые большие потери информации; задавая МК с большими коэффициентами, получим больше нулей (отбрасываем

часть информации), следовательно, задаем большую степень сжатия; в формат JPEG включены рекомендованные МК, построенные опытным путем, матрицы для большего или меньшего коэффициентов сжатия получают путем умножения исходной матрицы на некоторое число γ (фактор качества); при больших значениях коэффициента γ потери в низких частотах могут быть настолько велики, что изображение распадется на квадраты 8×8 ; потери в высоких частотах могут проявиться в “эффekte Гиббса”.

Этап 5. Кодирование. Вследствие применения методов статистического кодирования (алгоритма Хаффмана и арифметического кодирования), проявляются характерные для них недостатки: повышение сложности программной и технической реализации в связи с необходимостью синхронизации и маркировки неравномерных кодовых комбинаций; трудности параллельной реализации статистических кодов; увеличение количества операций на вычисление статистики, построение кодовых таблиц и организацию двойного прохода по обрабатываемым данным; количество операций кодирования может превышать количество операций на выполнение преобразований (для режимов, обеспечивающих высокое качество изображения); при восстановлении весь фрагмент будет восстановлен только после перекодировки всех неравномерных кодовых слов; необходимости хранения кодовых таблиц и разделяющих маркеров, снижающих степень сжатия для кодов Хаффмана; для небольших длин нулевых цепочек характерно равномерное распределение отдельных элементов и поэтому статистическое кодирование не обеспечит дополнительного сжатия трансформанты; низкая помехоустойчивость, как кодов длин серий, так и статистических кодов к ошибкам в каналах связи; увеличение времени обработки, в особенности для средне- и сильнонасыщенных изображений [1].

Рассмотрим механизмы управления качеством базовой технологии кодирования видеокадров.

Механизмы управления степенью сжатия заключаются: в пренебрежении значительной частью малочувствительной для восприятия информацией на этапах преобразования в цветовое пространство и квантования; в изменении степени сжатия за счет изменения размеров сегментов (при увеличении размера сегмента степень сжатия увеличивается) на этапе сегментации; в снижении степени сжатия на этапе кодирования, из-за особенностей организации алгоритма Хаффмана, а именно из-за увеличения размерности кода для хранения кодовых таблиц и разделяющих маркеров.

Управление временем обработки осуществляется: путем изменения размеров сегментов на этапе сегментации изображения, с увеличением размеров сегментов, время обработки растет, и наоборот; выбором способа реализации ДКП через перемножение матриц на этапе выполнения ДКП, поскольку при перемножении матриц снижается время обработки, “цена” вычисления одного элемента результирующей матрицы составляют N умножений и N сложений, при вычислении матрицы дискретного косинусного преобразования – $2 \times N$ соответственно (а не $N \times N$); при отбрасывании несущественной для восприятия информации на этапе квантования, наличие большого количества нулей в МК ведет к снижению временных затрат при обработке; на этапе кодирования, из-за особенностей методов статистического кодирования происходит увеличение времени обработки.

Механізми управління якістю відновлення зображення включаються в те, що: відкидається частина інформації про складові кольори на етапі перетворення в кольоровий простір; зміна розмірів сегментів на етапах сегментації зображення і виконання ДКП, веде до зниження корисної інформації про високочастотні складові зображення; вибирається фактор якості для побудови МК при квантуванні; можливо вибрати оптимальні способи кодування, які враховують структуру зображення на етапі кодування.

Висновки

1. Виявлені механізми управління якістю технології кодування перетворених зображень включаються в управління ступенем стиснення за рахунок ігнорування частини інформації на етапах перетворення в кольоровий простір і квантування, а також за рахунок зміни розмірів сегмента на етапі сегментації і кодування. Час обробки залежить від розміру сегмента (що впливає на швидкість виконання ДКП). Управління якістю відновлення здійснюється на етапах перетворення в кольоровий простір, сегментації, квантування і кодування.

2. Існуючі механізми управління показателями якості технологій кодування перетворених зображень мають ряд недоліків: зниження часових витрат і збільшення ступеня стиснення призводить до неминувального зниження якості; і навпаки, забезпечення високої якості наданого сервісу відбувається за рахунок зниження ступеня стиснення і збільшення часових витрат.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Баранник В.В. Структурно-комбінаторне представлення даних в АСУ / В.В. Баранник, Ю.В. Стасев, Н.А. Королева. – Х. : ХУПС, 2009. – 252 с.
2. Ватолин Д. Методи стиснення даних. Устрій архіваторів, стиснення зображень і відео / Ватолин Д., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В. – М. : "Диалог-МИФИ". – 2003. – С. 381.

Отримано 01.04.2012