

Хабаровский государственный технический университет
680035, г.Хабаровск, ул.Тихоокеанская,136
Тел.: (84212) 35 83 13, Факс: (84212) 72 06 84 E-mail: sai@evm.khstu.ru

В докладе рассматриваются особенности стандарта JPEG, влияющие на ухудшение четкости декодированного цветного изображения. Предлагается критерий оценки четкости в равноконтрастной системе координат позволяющий учитывать особенности зрительного восприятия мелких деталей изображения. Приводятся результаты экспериментальных оценок четкости восстановленных тестовых изображений в зависимости от выбранных параметров матрицы квантования коэффициентов ДКП.

Введение

При проектировании телевизионной или компьютерной видеосистемы с цифровой компрессией возникает следующая основная задача. С одной стороны необходимо обеспечить высокую эффективность сжатия, с другой — сохранить качество изображения с минимальными искажениями. В настоящее время стандарт JPEG считается одним из наиболее эффективных методов кодирования статических изображений и выполняется на основе следующих этапов [1]: 1. Преобразование **RGB** сигналов в **YUV** с последующей фильтрацией и субдискретизацией цветоразностных компонент; 2. Разбиение изображения на блоки (8 на 8 элементов) и выполнение дискретного косинусного преобразования (ДКП); 3. Квантование коэффициентов преобразования; 4. Статистическое кодирование коэффициентов ДКП.

Ухудшение качества декодированного изображения обусловлено искажениями, возникающими при выполнении 1-го и 3-го этапов. Субдискретизация цветоразностных компонент в соотношении 4:2:2 обеспечивает сжатие исходного объема видеоданных на 50% и приводит к незначительным искажениям резкости цветовых переходов и точности цветопередачи мелких деталей, которые практически незаметны получателем. Основные искажения возникают на этапе квантования коэффициентов ДКП, которые можно классифицировать [2] следующим образом: 1) Блокинг-эффект; 2) Мозаичный эффект; 3) Размытие изображения; 4) Окантовки на границах; 5) Размытие цветов; 6) Искажения типа «ступеньки»; 7) Искажения, имеющие вид базисных функций ДКП. Выбор параметров матрицы квантования позволяет уменьшить данные искажения до допустимых значений, однако, при этом снижается коэффициент сжатия. Традиционным способом настройки видеосистемы на требуемое качество является метод субъективных оценок, который имеет определенные недостатки и недостаточно эффективен при решении задач синтеза и оптимизации параметров кодера.

Оценка четкости изображения в равноконтрастной системе координат

Четкость изображения обычно оценивается числом различимых линий штриховой миры с различной пространственной ориентацией — вертикальной, наклонной и горизонтальной. При этом критерий разрешения определен в следующем виде [3]:

$$L \geq P \text{ (СЦП)}, \quad (1)$$

где левая часть представляет цветовой контраст L штрихов и определяется числом средних цветовых порогов (СЦП) получателя:

$$L = 0,3\sqrt{(\Delta W^*)^2 + (\Delta U^*)^2 + (\Delta V^*)^2}, \quad (2)$$

$\Delta W^* = W^*[i, j] - W^*[m, n]$, $\Delta U^* = U^*[i, j] - U^*[m, n]$, $\Delta V^* = V^*[i, j] - V^*[m, n]$; P — пороговое значение; $U^*V^*W^*$ — координаты цвета в равноконтрастной системе координат Вышецки; i, j — пространственные координаты штриховой линии (объекта); m, n — пространственные координаты фона.

Координаты цвета $U^*V^*W^*$ определяются из следующих выражений [4]:

$$W^* = 25 Y^{1/3} - 17; U^* = 13 W^*(u - u_o); V^* = 13 W^*(v - v_o),$$

где $1 \leq Y \leq 100$, W^* — светлота (индекс яркости); U^* и V^* — координаты цветности (индексы цветности); u и v — координаты цветности, полученные в диаграмме цветностей Мак-Адама; u_o и v_o — координаты цветности опорного белого цвета. Переход от **RGB** сигналов основных цветов приемника к равноконтрастным координатам осуществляется с помощью известных [4] стандартных преобразований. В предельном случае, когда толщина линий стремится к минимальному значению, задавая исходный контраст и, вычисляя его значение на выходе кодера, по критерию (1) можно оценить потенциальную четкость восстановленного цветного изображения.

При анализе искажений четкости изображения на выходе кодера JPEG учитываем следующие обстоятельства: 1) Этап субдискретизации цветоразностных компонент U и V приводит к тому, что с уменьшением контраста и размеров объектов, значения разностных координат цветности ΔU^* и ΔV^* в выражение (2) уменьшаются в большей степени, чем разностная координата светлоты ΔW^* ; 2) Зрительное восприятие контраста и цветности мелких деталей снижается с уменьшением их размера, что обусловлено

спадом ПЧХ зрения в области верхних пространственных частот. При этом, с определенными ограничениями, значение цветового контраста (2) преобразуется к следующему виду:

$$L = 7,5 V(\delta) \left| (Y^*[i, j])^{1/3} - (Y^*[m, n])^{1/3} \right|, \quad (3)$$

где Y^* — координата яркости на выходе кодека; $V(\delta)$ — коэффициент спада контраста зрительного восприятия штриховой миры; δ — размер штриха, определяемый числом элементов разложения. Таким образом, выражение (3) позволяет производить оценку потенциальной четкости изображения по яркостной составляющей с учетом особенностей зрительного восприятия контраста мелких деталей и погрешностей алгоритма кодирования.

Результаты экспериментальных оценок

Для получения численных оценок искажений четкости изображения в стандарте JPEG воспользуемся следующей методикой. На первом этапе задаем минимальное значение контраста штрихов эталонного тестового изображения в формате BMP, при котором они различаются на входе кодека. На втором этапе выполняется преобразование тестового изображения согласно стандарта JPEG, и оцениваются искажения контраста L на выходе кодека в зависимости от параметра матрицы квантования. На последнем этапе оптимизируется выбор параметра матрицы квантования, при котором искажения четкости изображения на выходе кодека не превышают допустимых пределов.

На рис.1 показана зависимость увеличения контраста (3) штрихов от параметра q матрицы квантования, где сжатие методом JPEG осуществлено в программе Adobe Photoshop 5,0 и использованы следующие исходные данные: $L = 1$ (СЦП); $V(\delta) = 0,52$; $\delta = 1$; фон - серый. Значение $L_{\text{вых}}$ оценивалось по минимальному контрасту штриховых линий вертикальной, горизонтальной и наклонной ориентации с минимальной шириной штрихов. На рис.2 показан фрагмент (256 на 192 элементов) эталонных тестовых изображений для разных значений q , после декодирования.

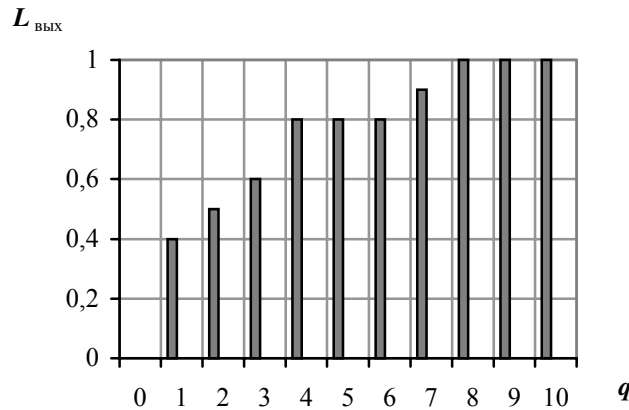


Рис. 1. Зависимость увеличения контраста (3) штрихов от параметра q



Рис. 2. Декодированные тестовые изображения: а) $q=1$, сжатие - 19,5; б) $q=8$, сжатие - 13,8.

Полученные численные оценки позволяют сделать вывод о том, что при использовании метода JPEG в программе Adobe Photoshop 5,0 и обеспечения высокой четкости изображения значение q должно быть не менее 8.

Заключение

Рассмотренные критерий оценки четкости в равноконтрастной системе координат и методика численных оценок позволяют пользователям стандарта JPEG обоснованно выбирать параметр качества с целью обеспечения требуемой четкости восстановленного изображения. Также результаты настоящей работы могут быть использованы разработчиками алгоритмов с цифровой компрессией и ТВ аппаратуры при настройке и оптимизации параметров кодека на высокую четкость изображения.

Литература

1. А.В. Дворкович, В.П. Дворкович, Ю.Б. Зубарев, Г.Н. Мохин, В.В. Неченаев, Н.Б. Новицкий Цифровая обработка телевизионных и компьютерных изображений. Москва, НАТ, 1997.
2. А.В. Дворкович, В.П. Дворкович, Д.Г. Макаров, Н.Б. Новинский, А.Ю. Соколов Испытательные таблицы для измерения качества цифрового и аналогового телевизионного вещания // М: "625", № 8, 1999, С.36-42.
3. С.В. Сай Четкость цветного изображения в системах со сжатием визуальных данных. Хабаровск: Изд-во Хабар. гос. техн. ун-та, 1999.
4. С.В. Новаковский Цвет в цветном телевидении. М.: Радио и связь, 1988.



ESTIMATION OF DEFINITION IN STANDARD JPEG

Sai S.V.

Chairs Head of Computing Machinery
Khabarovsk State Technical University
Khabarovsk, Tikhookeanskaya, st., 136
Tel.: (84212) 35 83 13, Fax: (84212) 72 06 84, E-mail: sai@evm.khstu.ru

The particularities of standard JPEG, influencing on deterioration of color image definition are reported. Estimation criteria of definition is proposed in $U^*V^*W^*$ equal contrast system of the coordinates. The results of experimental estimations of definition reestablished test images depending on chosen matrix parameters of slicing factors DCT are reported.

Introduction

When designing digital television system with appears the following primary task. On the one hand necessary to provide high efficiency of compression, with other — to provide the high quality image. At present standard JPEG is considered one of the most efficient methods to coding steady-state images and is executed on base of following stages [1]: 1)The transformation RGB signals in YUV with the following filtration and subdiscreet of chroma components; 2)Partition the image on blocks (8 on 8 elements) and execution discrete cosine-transformation (DCT); 3)The Slicing of transformation factors; 4) Statistical coding the factors DCT.

The deterioration of quality decoded image is depended on distortion, when performing 1 and 3 stages. Subdiscreet of chroma components in correlation 4:2:2 provides the compression of source volume video date on 50% and brings about small distortions the sharpness' of color transition and accuracy chrominance distortion small details, which practically imperceptible by recipient. Main distortion appear in step of slicing of factors DCT, which possible classify [2] as follows: 1) Blocking effect; 2) Mosaic pattern; 3) Blurring; 4) Ringing; 5) Colour bleeding; 6) Staircase effect 7) DCT Basis image blocks. The choice of matrix parameters of slicing allows to reduce the distortions, however, herewith falls the factor of compression. The traditional method at tuning TV system for required quality is a method of subjective estimations, which has defects and not enough efficient at decision of problems of syntheses and optimization of codec parameters.

Estimation of definition in equal contrast system of the coordinates

The definition is usually valued the number of discernible stroke lines with different spatial orientation — vertical, tilted and horizontal. At criteria of definition is determined in following type [3]:

$$L \geq P \text{ (MCT)}, \tag{1}$$

where left part presents the color contrast L lines and is defined the number of middle chromatic thresholds (MCT):

$$L = 0,3 \sqrt{(\Delta W^*)^2 + (\Delta U^*)^2 + (\Delta V^*)^2}, \tag{2}$$

$$\Delta W^* = W^*[i, j] - W^*[m, n], \Delta U^* = U^*[i, j] - U^*[m, n], \Delta V^* = V^*[i, j] - V^*[m, n];$$

P — the threshold importance; $U^*V^*W^*$ — the coordinates of color in a coordinate system Wyszecki; i, j — the spatial coordinates of stroke line (the object); m, n — the spatial coordinates of background; the coordinates of color $U^*V^*W^*$ they are defined from the following expressions [4]:

$$W^* = 25 Y^{1/3} - 17; U^* = 13 W^* (u - u_o); V^* = 13 W^* (v - v_o),$$

where $1 \leq Y \leq 100$, W^* — the index of brightness; U^* and V^* — the indexes of chrominance; u and v — the coordinates of chrominance in diagram MacAdam; u_o и v_o — the coordinates of chrominance supporting white color. The transition $RGB \rightarrow U^*V^*W^*$ is processed by means of the known [4] standard transformations. In limiting case, when thickness of lines strives to minimum importance, assigning source contrast and, calculating its importance on codec output, the criterion (1) is define estimation of potential definition.

At analysis of distortion to definition on output JPEG codec take into account circumstances: 1) The stage an subdiviscret of chroma components U and V brings about that with reduction of contrast and sizes of objects, importance's of ΔU^* and ΔV^* in expression (2) decrease in greater than ΔW^* ; 2). The visual perception of contrast and chrominance small details reduce with reduction of their size. Herewith, with curtained restrictions, importance of color contrast (2) is converted to the following type:

$$L = 7,5 V(\delta) \left| (Y^*[i, j])^{1/3} - (Y^*[m, n])^{1/3} \right|, \quad (3)$$

where Y^* — coordinate of brightness on codec output; $V(\delta)$ — the factor of decline of contrast visual perception stroke worlds; δ — defined by number of elements. Expression (3) allows to produce the estimation of potential definition on brightness with provision for particularities of visual perception of contrast of small details and inaccuracy of coding.

Results of experimental estimations

The author used this method for estimation of definition distortions in standard JPEG. On first stage we will assign minimum importance of contrast an lines of test image in format BMP, under which they differ. The transformation of test image is executed on the second stage according to standard JPEG and are valued distortions the contrast L on codec output depending on matrix parameters of slicing. On the last stage is optimized the choice of matrix parameters of slicing, under which definition distortions to on output do not exceed the possible limits. On Fig.1 is shown dependency of increase the contrast (3) from parameter q matrixes of slicing, where compression by method JPEG is realized in program Adobe PhotoShop 5,0 and are used following raw data: $L = 1$ (MCT); $V(\delta) = 0,52$; $\delta = 1$. Importance L_{out} was valued on minimum contrast of stroke lines vertical, horizontal and tilted orientation with minimum width.

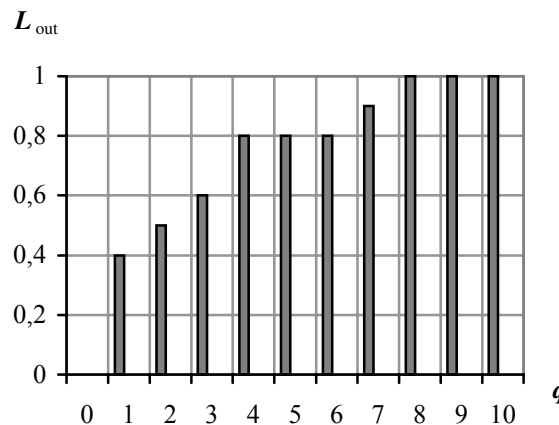


Fig. 1. Dependency of increase the contrast (3) from parameter q

Got counted estimations allow to draw a conclusion about that that when use JPEG in program Adobe PhotoShop 5,0 and provision to high definition the importance q must be not less 8.

Conclusion

Considered estimation criteria of definition is proposed in $U^*V^*W^*$ equal contrast system of the coordinates and methods counted estimations allow the users of standard JPEG validly to choose the parameter of quality for the reason provision required definition. Also results this work can be used by developers of algorithms with digital compression and TV equipment's when tuning and optimization of codec with high definition.

Literature

1. A.V. Dvorkovicch, V.P. Dvorkovicch, Yu.B. Zoubbarev, G.N. Mokhin, V.V. Nechepaev, N.B. Novinskii Digital processing television and computer images. Moscow, NAT, 1997.
2. A.V. Dvorkovicch, V.P. Dvorkovicch, D.G. Makarov, N.B. Novinskii, A.Yu. Sokolov Test tables for quality measurement digital and analog television // M: "625", №8, 1999, P. 36-42
3. S.V. Sai The Definition of color image in systems with compression visual data. The Khabarovsk: Publishers Khabarovsk State Technical University, 1999.
4. S.V. Novacovskii The Color in color television. M.: Radio and relationship, 1988.