

УДК 621.397

**В. Г. Абакумов**, д-р техн. наук,  
**П. В. Попович**

### СПОСОБ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ВИДЕОКОНТЕНТА ПО КРИТЕРИЮ КАЧЕСТВА РЕЗУЛЬТИРУЮЩЕГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

*Аннотация.* Предложен способ улучшения качества видеоконтента с использованием критериев качества результирующего изображения, измеряемого с помощью объективных показателей. Особое внимание уделено классификации видеоизображений по их содержанию на основании измеренных объективных показателей качества.

*Ключевые слова:* видеоконтент, качество изображения, видеотранскoder, объективный показатель качества, критерий, класс видеопоследовательности, ранжирование, битовая скорость

**V. Abakumov**, ScD.,  
**P. Popovich**

### WAY OF VIDEO CONTENT QUALITY IMPROVEMENT ON CRITERIA OF RESULTING IMAGE QUALITY

*Abstract.* The article exposes a way of video content quality improvement with the use of resulting image quality criteria that is measured with help of objective indexes. Particular attention paid to classify the video images by their content based on measured objective quality indexes.

*Keywords:* video content, image quality, video transcoder, objective quality index, criteria, class of video sequence, ranking, bit rate

**В. Г. Абакумов**, д-р техн. наук,  
**П. В. Попович**

### СПОСІБ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДЕОКОНТЕНТУ ЗА КРИТЕРІЄМ ЯКОСТІ РЕЗУЛЬТУЮЧОГО ЗОБРАЖЕННЯ

*Анотація.* Запропоновано спосіб покращення якості відеоконтенту з використанням критеріїв якості результирующего зображення, вимірюваної за допомогою об'єктивних показників. Особливу увагу приділено класифікації відеозображень за їх вмістом на підставі вимірних об'єктивних показників якості.

*Ключові слова:* відеоконтент, якість зображення, відеотранскoder, об'єктивний показник якості, критерій, клас відеопослідовності, ранжування, бітова швидкість

#### Введение

До недавнего времени улучшением качества видеоизображения, которое воспринимает зритель, занимались только производители телевизионных приемников, применяя для этого ряд технологий. Среди которых оптимизация цветопередачи, повышение разрядности обработки цветов, увеличение количества кадров для устранения дискретности быстрого движения объектов, повышение контрастности изображения, в том числе динамический контраст, очистка от шумов, масштабирование, повышение детализации [1].

С другой стороны, передающие центры формируют видеосигнал, параметры которого соответствуют рекомендациям ITU-R BT.601 [2], но на качество результирующего видеоизображения не влияют. Кроме того,

качество видеоизображения, демонстрируемого конечному зрителю, может зависеть от содержания видеоконтента.

Исходя, из этого предложен способ улучшения качества видеоконтента на этапах подготовки и передачи цифровых телевизионных программ, который может обеспечить телекомпания механизмом управления качеством производимого видеоконтента без особого вмешательства инженерного персонала. Способ основан на применении в технологическом процессе производства телепрограмм системы контроля и управления качеством видеоконтента (рис. 1), использующей устройство, называемое видеотранскoderом [3 – 5], который изменяет битовую скорость видеопотока в соответствии с измеренным качеством формируемого видеоизображения на основании объективных показателей.

© Абакумов В.Г., Попович П.В., 2015



Рис. 1. Технологический процесс производства и передачи видеоконтента

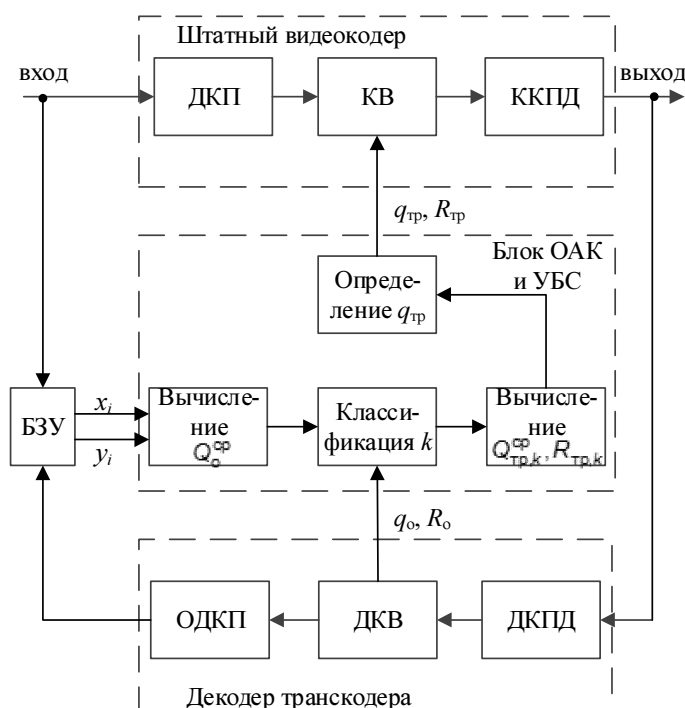


Рис. 2. Видеотранскодер:

ДКПД – декодер кода переменной длины; ККПД – кодер кода переменной длины;  
ДКВ – деквантователь; КВ – квантователь; ДКП – дискретное косинусное преобразование;  
ОДКП – обратное ДКП

### Видеотранскодер по критерию качества видеоизображений.

Видеотранскодер построен по схеме с обратной связью и состоит из трёх частей: декодера, кодера и блока объективного анализа качества и управления битовой скоростью ОАК и УБС (рис. 2). Штатный видеокодер MPEG-2 формирует готовый для передачи в систему канального кодирования

и модуляции сжатый цифровой видеопоток, который характеризуется значениями глобального коэффициента квантования  $q_0$  и битовой скорости  $R_0$ . Для управления качеством сформированного для передачи видеоконтента через линию обратной связи сжатый цифровой видеопоток поступает на декодер видеотранскодера, с выхода которого получается декодированная и искаженная

в результате сжатия кодером MPEG-2 последовательность видеок кадров  $y_i$  (рис. 2), которая подаётся в блок объективного анализа качества (ОАК) и управления битовой скоростью (УБС). На другой его вход через буфер подаётся неискаженная исходная (эталонная) последовательность видеок кадров  $x_i$ . Необходимость применения буфера БЗУ можно объяснить двумя причинами: компенсацией задержки прохождения видеок кадров через кодер и декодер (задержка транскодирования) и необходимостью накопления некоторого количества эталонных и искаженных видеок кадров для усреднения полученного объективного показателя качества.

Блок ОАК и УБС выполняет несколько функций. Сначала в нем вычисляется значение объективного показателя качества  $Q_0^{cp}$  сформированного для передачи видеопотока. В качестве объективного показателя качества предложено использовать метрику MSSSIM (Multi-Scale Structure Similarity Index Measure), которая наиболее соответствует субъективному восприятию человека, поскольку учитывает изменения яркости и контраста изображения [6 – 7].

Затем блок ОАК и УБС осуществляет классификацию последовательностей видеок кадров. В видеотранскодере предложено использовать  $k = 9$  классов видеопоследовательностей (ВП), которые характеризуются некоторыми типичными признаками (табл.1) – насыщенностью цвета, изменением масштаба, панорамированием, наличием движения, и, соответственно, определенными значениями показателя качества [8].

Остановимся подробнее на процедуре классификации ВП. В работе [8] показано, что для каждого класса  $k$  ВП характерно определенное значение показателя качества при заданном значении битовой скорости видеопотока. Поэтому в качестве классификационных признаков предложено использовать измеренный объективный показатель качества  $Q_0^{cp}$  и значение битовой скорости  $R_0$ . Используя алгоритм классификации по минимуму расстояния [9], блок ОАК и УБС относит последовательность кадров видеопотока, для которых был определен объективный показатель качества, к одному из де-

вяти классов. Затем ей присваивается управляющая функция, которая была получена путем аппроксимации экспериментальных оценок качества тестовых ВП с помощью логарифмической функции [8]:

$$Q_k^{cp} = a \cdot \ln(R_k) + b, \quad (1)$$

где  $Q_k^{cp}$  – усредненный объективный показатель качества видеоизображения в соответствии с метрикой MSSSIM для определенного класса  $k$  ВП;  $R_k$  – битовая скорость видеопотока;  $a$  и  $b$  – параметры, определяемые классом ВП (табл. 2) [8].

### 1. Классы ВП

Класс ВП $k$	Типичные признаки класса	Тестовая ВП
1	Критична для Betacam, цвет, движущийся текст, тонкие буквы, искусственная природа изображения	Подвижная графика
2	Текст с горизонтальным движением	Движущийся текст
3	Киноплёнка, цвета кожи, быстрое панорамирование	В кафе
4	Насыщенный цвет, изменение масштаба изображения, светлые участки, тонкие детали	Арфа
5	Насыщенный цвет и эффект маскировки	Барселона
6	Быстрое движение, насыщенные цвета, изменение плана	Болид Ф1
7	Движение воды, движение в противоположном направлении, многие детали	Каноз
8	Движение и цвета, мелкие детали	Календарь
9	Движение и цвета на зелёном фоне	Регби

На рис. 3 приведены результаты измерения качества тестовых ВП различных классов, описанных в табл. 1, с помощью метода MSSSIM для значений скорости видеопотока 2; 4; 6 и 8 Мбит/с, а также результаты аппроксимации полученных оценок качества с помощью функции (1).

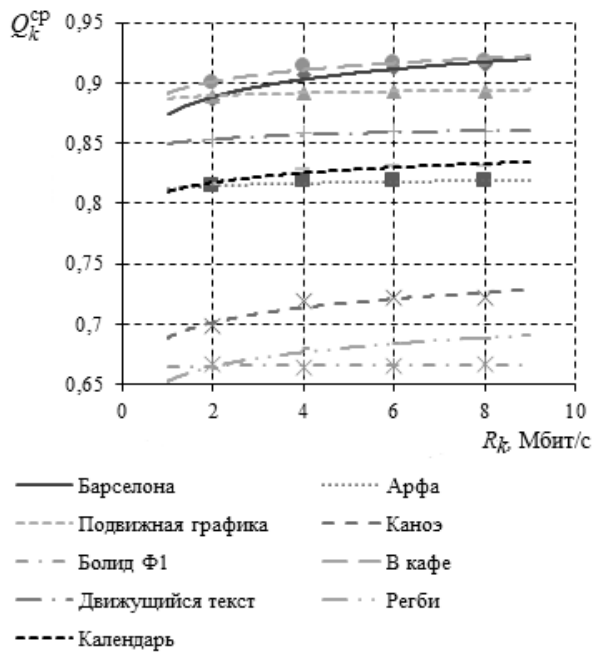


Рис. 3. Зависимость показателя качества MSSSIM для различных классов ВП от скорости видеопотока

2. Параметры  $a$  и  $b$ , точность аппроксимации  $R^2$

Класс ВП, $k$	$a$	$b$	$R^2$
1	0,0033	0,887	0,948
2	0,0052	0,8496	0,8982
3	0,0139	0,8913	0,9135
4	0,0031	0,8123	0,7147
5	0,0021	0,8736	0,9452
6	0,0006	0,6648	0,0855
7	0,018	0,6887	0,8502
8	0,0113	0,8095	0,9235
9	0,0173	0,6527	0,9632

### Управление качеством видеоконтента

Изменение битовой скорости видеопотока и, соответственно, качества видеоконтента осуществляется путем изменения значения коэффициента квантования  $q_{тр}$ , который подается по линии обратной связи на штатный видеокодер MPEG и связан со значением коэффициента квантования исходного видеопотока  $q_0$  выражением [10]:

$$q_{тр} = m \cdot q_0, \quad (2)$$

где  $m$  – коэффициент, определяющий изменение битовой скорости потока.

С другой стороны, отношение требуемой скорости  $R_{тр}$  к исходной скорости  $R_0$  видеопотока связано линейной зависимостью с отношением между значениями коэффициента квантования исходного  $q_0$  и транскодированного  $q_{тр}$  видеопотока [10]:

$$\frac{R_{тр}}{R_0} = c \left( \frac{q_0}{q_{тр}} \right) + d, \quad (3)$$

где  $c$  и  $d$  – параметры модели [10].

Таким образом, используя выражение (1) и связав требуемую скорость видеопотока  $R_{тр}$  с объективным показателем качества  $Q^{cp}$ , на основании выражений (2) и (3) можно определить необходимый коэффициент квантования  $q_{тр}$  (рис. 2) для изменения битовой скорости ВП класса  $k$ , что приведет к соответствующему изменению качества передаваемого видеоизображения:

$$q_{тр,k} = \frac{c}{\exp\left(\frac{Q_{тр,k}^{cp} - Q_{0,k}^{cp}}{b}\right) - d} \cdot q_{0,k}, \quad (4)$$

где  $Q_{0,k}^{cp}$  – измеренный объективный показатель качества для исходной последовательности видеок кадров класса  $k$ ;  $Q_{тр,k}^{cp}$  – требуемый объективный показатель качества для транскодированной последовательности видеок кадров класса  $k$ .

### Заключение

Таким образом, предложенный способ улучшения качества видеоконтента по критерию качества результирующего изображения даёт возможность управлять качеством производимых телевизионных программ без вмешательства инженерного персонала телекомпании, что может привести к улучшению качества предоставляемых услуг телекомпаниями и провайдерами эфирного, спутникового или кабельного телевидения.

### Список использованной литературы

1. Верига А. Д. Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки: Матеріали IV-ої міжнародної науково-практичної конференції [Текст] / А. Д. Верига

га, В. В. Лесінський, А. П. Саміла, С. Д. Галюк, О. В. Круліковський. – Чернівці : «Місто», 2014. – 211 с.

2. Rec. ITU-R BT.601-7, (2011), Studio Encoding Parameters of Digital Television for Standard 4:3 and Wide-screen 16:9 Aspect Ratios, [Electronic resource], available at: [http://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/bt/R-REC-BT.601-7-201103-I!!PDF-E.pdf](http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bt/R-REC-BT.601-7-201103-I!!PDF-E.pdf) (accessed: March, 2011).

3. Ричардсон Я. Видеокодирование. H.264 и MPEG-4 - стандарты нового поколения [Текст] / Ян Ричардсон. – М. : Техносфера, 2005. – 368 с.

4. Li Z., Gao W., et al. (2003), Adaptive Rate Control with HRD Consideration, *ISO/IEC-JTC1/SC29/WGU and ITU-T SG16. Q.6 Document JVT-H014*, May 2003.

5. Saw Y.-S., (1998), Rate-Quality Optimized Video Coding. *Kluwer Academic Publishers*, November.

6. Wang Z., Bovik A., Sheikh H.R., and Simoncelli P., (2004), Image Quality Assessment: From Error Visibility to Structural Similarity, *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 13, No. 4, April 2004.

7. Wang Z., Simoncelli P., and Bovik A., (2003), Multi-Scale Structural Similarity for Image Quality Assessment, *Proceedings of the 37th IEEE Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers*, Pacific Grove, CA, Nov. 9 – 12,

8. Попович П. В. О подходе к управлению скоростью транспортного потока по критерию качества видеоизображений [Текст] / П. В. Попович // *Электротехнические и компьютерные системы*. – К. : – 2011. – № 4 (80). – С. 185 – 189.

9. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений [Текст] / Р. Гонсалес, Р. Вудс – М. : Техносфера, 2005. – 1072 с.

10. Abakumov V.G., Adam T., Formanek B., Kane A., and Popovych P.V., (2010), Rate Control in Open-Loop Video Transcoder [Текст], *Elektronika i Svyaz'*, Kiev, Ukraine, No. 6, Vol. 2, pp. 172 – 177.

## References

1. Veryga A.D., Lesins'kyj V.V., Samila A.P., Galjuk S.D., and Krulikovs'kyj O.V. Fyzyko-tehnologichni problemy radiotekhnichnyh prystroi'v, zasobiv telekomunikacij, nano- ta mikroelektroniky: Materialy IV-oi' mizhnarodnoi' naukovo-praktychnoi' konferencii' [Physical and Technological Problems of Radio Engineering Devices, Telecommunications, Nano- and Microelectronics], (2014), *Materials of IV-th International Scientific Conference, Misto Publ.*, Chernivci, Ukraine, 211 p. (In Ukrainian).

2. Rec. ITU-R BT.601-7, (2011), Studio Encoding Parameters of Digital Television for Standard 4:3 and Wide-screen 16:9 Aspect Ratios, [Electronic resource], available at: [http://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/bt/R-REC-BT.601-7-201103-I!!PDF-E.pdf](http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bt/R-REC-BT.601-7-201103-I!!PDF-E.pdf) (accessed: March, 2011).

3. Richardson Ya. Videokodirovanie. H.264 i MPEG-4 – standarty novogo pokoleniya [Video Coding. H.264 and MPEG-4 – new Generation Standards], (2005), *Tekhnosfera Publ.*, Moscow, Russian Federation, 386 p. (In Russian).

4. Li Z., Gao W., et al., (2003), Adaptive Rate Control with HRD Consideration, *ISO/IEC-JTC1/SC29/WGU and ITU-T SG16. Q.6 Document JVT-H014*, May 2003 (In English).

5. Saw Y.-S., (1998), Rate-Quality Optimized Video Coding. *Kluwer Academic Publishers*, November 1998 (In English).

6. Wang Z., Bovik A., Sheikh H.R., and Simoncelli P., (2004), Image Quality Assessment: From Error Visibility to Structural Similarity, *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 13, No. 4, April 2004 (In English).

7. Wang Z., Simoncelli P., and Bovik A., (2003), Multi-Scale Structural Similarity for Image Quality Assessment, *Proceedings of the 37th IEEE Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers*, Pacific Grove, CA, Nov. 9 – 12, 2003 (In English).

8. Popovich P.V. O podhode k upravleniju skorost'ju transportnogo potoka po kriteriju kachestva video-izobrazhenij [About Approach to Transport Stream Bitrates Control

Получено 05.07.2014

by Video Picture Quality Criteria], (2011), *Jelektrotehniczeskie i Komp'juternye Sistemy Publ.*, Kiev, Ukraine, Vol. 4, pp. 185 – 189 (In Russian).

9. Gonsales R., and Vuds R. Tsifrovaya obrabotka izobrazhenii [Digital Image Processing], (2005), *Tekhnosfera Publ.*, Moscow, Russian Federation, 1072 p. (In Russian).

10. Abakumov V.G., Adam T., Formanek B., Kane A., and Popovych P.V., (2010), Rate Control in Open-Loop Video Transcoder, Kiev, Ukraine, *Elektronika i Svyaz' Publ.*, Vol. 6, Iss.2, pp. 172 – 177 (In English).



Абакумов  
Валентин Георгиевич,  
д-р техн. наук, профессор  
каф. звукотехники и реги-  
страции информации Нац.  
технического ун-та Укра-  
ины «Киевский политех-  
нический институт»,  
E-mail:  
abakumov38@mail.ru



Попович  
Павел Васильевич,  
ассистент каф. звукотех-  
ники и регистрации ин-  
формации Нац. техниче-  
ского ун-та Украины «Ки-  
евский политехнический  
институт»,  
E-mail: ppv\_ua@rambler.ru