

УДК 621.327:681.5 А.В.

**А.В. Слободянюк,**

кандидат технических наук

## СОГЛАСОВАННЫЕ МОДЕЛИ ВИДЕОКАДРОВ В ПЛАНИРОВАНИИ ПРОЦЕССОВ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА УСЛУГ QoE/QoS

*Рассмотрены согласованные модели видеокadres в планировании процессов оценки качества услуг QoE/QoS.*

**Ключевые слова:** мультимедийные телекоммуникационные услуги, оценка качества, алгоритм, вычислительная модель планировщика QoE/QoS.

*Розглянуто узгоджені моделі відеокадрів у плануванні процесів оцінки якості послуг QoE/QoS.*

**Ключові слова:** мультимедійні телекомунікаційні послуги, оцінка якості, алгоритм, обчислювальна модель планувальника QoE/QoS.

*The co-ordinated models of a video footage in planning of processes of an assessment of quality of the services QoE/QoS are considered.*

**Keywords:** multimedia telecommunication services, quality assessment, algorithm, computing model of the scheduler of QoE/QoS.

### Вступление

Построение телекоммуникационных сетей следующего поколения (NGN) неразрывно связано с необходимостью обеспечения высококачественных услуг по обеспечению сервиса и производительности по отношению к конечному пользователю. Особенно критично данный аспект проявляется в сфере предоставления мультимедийных телекоммуникационных услуг и, в частности, услуг видеofонии.

Приведем показатели объемов видеопотоков наиболее распространенных форматов:

Формат	Размер видеокadra	Количество кадров/сек (fps)	Объем потока для 10 минутного ролика, Гбит
PAL/SECAM	720x576	25	6,22
NTSC	720x480	29,97	6,21
HDTV (Full HD)	1920x1080	60	77

Нужно еще учесть и то, что к данным объемам добавляется еще аудио и служебная информация. Но даже имея эти числа, можно видеть, что пропускные способности существующих каналов связи не позволяют передавать подобные объемы мультимедийных данных в режиме реального времени. Так, для формата PAL/SECAM требуется цифровой поток порядка  $249 \cdot 10^6$  бит/с. Наиболее эффективным подходом к устранению данного ограничения является использование

сжатого представления видеокладов и сопровождающих их звуковых рядов. Однако при компрессии видео, а также при оцифровке, переводе в ограниченную палитру цветов или в другое цветовое пространство теряется качество. Кроме потери качества в процессе обработки, ухудшение наблюдается и при передаче видеоданных в телекоммуникационных сетях.

Для оценки качества передаваемых видеоданных существует целый ряд методов оценки. Все методы оценки условно разделяются на объективные и субъективные [14]. Первую группу образуют так называемые классические методы оценки, учитывающие статистические информационные характеристики. Недостатком этих методов является то, что они не учитывают особенностей восприятия качества изображений глазным аппаратом человека. Вторая группа методов предполагает проведения групповых экспертиз. Ряд таких методов описаны в стандарте Международного союза электросвязи ITU-R BT.500-11 "Методика оценки качества телевизионного изображения" [2]. В зависимости от изучаемой проблемы, данная рекомендация позволяет выбрать подходящий метод субъективной оценки тестирования изображений. Несмотря на то, что работа в данной области алгоритмов проведена уже достаточно значительная, до сих пор еще не выработана общая модель достаточно эффективного определения качества воссоздания изображений. Существует целый ряд подходов к решению этой проблемы. Одним из них является построение эффективной математической модели, описывающей все аспекты сетевого функционирования программных и аппаратных средств на основе задания системы неких ограничений и соотношений между основными показателями качества и производительности сетевых услуг.

### **1. Построение субъективной (согласованной) модели оценки качества передачи мультимедийных данных**

Разработка алгоритма построения вычислительной модели планировщика QoE/QoS позволит эффективнее оценивать обеспечение качества предоставляемых услуг видеофонии типа точка-точка в IP-сетях. Фактически они могут позволить избегать сверхсложного проектирования сетевой структуры, приложений, конечных параметров и качественных показателей для планировщиков QoE/QoS. В отличие от подобных описанных моделей [10], где оценка качества проводится на основе анализа голосовых и видеосигналов, в согласованных моделях проводится оценка использования сетевых ресурсов, приложений и параметров терминальных устройств.

Использование данных моделей ограничивается только лишь процессами планирования показателей QoE/QoS в приложениях видеотелефонии для выделенных видеотерминалов, персональных, планшетных, карманных компьютеров, а также различных мобильных устройств. Голосовая полоса пропускания ограничивается телефонной частотой (300–3400 Гц). Другие приложения, такие, как, например качество измерения производительности и мониторинга, выходят за пределы сферы применения данных моделей.

Структуру согласованной модели условно можно представить схемой, представленной на рисунке 1.

Ее входные параметры – это показатели качества видео и голосовых данных, которые являются исключительно важными в процессах планирования QoE/QoS.

Модель має три функції: визначення якості відео, голосу та інтегральна функція якості мультимедіа. Оскільки погіршення якості залежить головним чином від затримок передачі, то воно розглядається тільки в інтегральній функції мультимедійних даних. Вихідними параметрами є якість мультимедійних даних  $MM_k$ , якість відеоданих з урахуванням голосових  $B_k(\Gamma_k)$  та якість голосових даних з урахуванням відео  $\Gamma_k(B_k)$ .



Рис. 1. Структура мультимедійної телекомунікаційної системи в моделі оцінки якості

Следует также заметить, что влияние алгоритмов сжатия (кодексов) на субъективный уровень качества зависит от их реализаций. Иными словами, оценка качества видеоданных не может просто основываться на информации об алгоритме сжатия (например MPEG-4).

Перед тем, как приступить к более детальному рассмотрению параметров и функций модели, следует ввести систему ограничений для программных сред и аппаратных платформ, а также условий ее применения и реализации.

## 2. Ограничения при передаче голоса

Телефонная трубка рассматривается как интерфейс для голосового пути. Следует учесть то, что определенная часть телефонных аппаратов комплектуются беспроводной гарнитурой (hands-free). Это означает, что нужно быть осторожным в оценке мобильных терминалов, которые обычно имеют функцию беспроводной гарнитуры, и следует дополнительно учитывать положения рекомендации [4]. Также следует учитывать возможность появления обтекающего шума – шума Хота порядка 35 dB(A). Хотя и не исключается вероятность появления шумов другого рода. Последнее особенно часто встречается в мобильных приложениях.

### 3. Ограничения при передаче видео

Предполагающаяся оценка качества видеоданных проводится непосредственно при воспроизведении изображения на экране монитора. Спецификации дисплеев, используемых в большинстве планшетных и мобильных устройств, представлены в таблице 1. Однако теоретические показатели часто более чувствительные чем реальные пользовательские оценки. Таблица 3 предлагает номинальные значения, которые предполагаются моделью, для использования в процессе планирования QoE/QoS.

Таблица 1

Параметр видеомонитора	Значение
Длина по диагонали	2-10 дюймов
Точечная высота	< 0,30
Цветовая температура	6500 К
Разрядная глубина	8 бит/цвет
Частота обновления	> 60 Гц
Яркость	100–300/м <sup>2</sup>

Номинальное значение освещения фона должно быть порядка 500 люкс.

### 4. Входные параметры модели

*Задержки голоса* ( $Z_r$  [ms]) – это задержки передачи голосовых сообщений в каналах типа “точка-точка”. Рассматривать задержку в терминалах как, например, обработку задержки и буферную задержку для флуктуации критически важно. Входное значение  $Z_r$  должно составить менее чем 1000 мс.

*Голосовые искажения кодирования* ( $IeS$ ) – голосовые искажения, возникающие в процессе кодирования, определены количеством  $IeS$ . Величина  $IeS$  определяется стандартом [5].

*Помехоустойчивость пакетных потерь в голосовых сообщениях* ( $BpIS$ ) определяется значением количества  $BpIS$ , которое определено в рекомендации [5].

*Нормализованные пакетные потери голосовых сообщений* ( $PpIS$  [%]) определяется нормой потерь пакетов в IP сетях. Рассмотрение потери пакета в буфере флуктуации терминала и потере пакета в сетях критически важно. Значение должно составить менее чем 20 [%].

*Оценка громкости эха разговора* ( $TELr$ ) – это сумма  $SLR$ ,  $RLR$ , и  $ERL$  при передаче голосовых сообщений.  $SLR$  и  $RLR$  определяются в [7], и  $ERL$  определяется в [6].

### 5. Параметры качества видео

*Задержка видео* ( $Z_b$  [ms]) определяется линейной задержкой передачи видео. Рассматривать задержки в терминалах, как, например, задержки обработки и буферные задержки, критически важно. Входное значение  $Z_b$  должно составить менее чем 1000 мс.

*Характеристики відеокодерів.* Еталонні коефіцієнти для кодування і значення искажень при пакетних потерях определяються експериментально.

*Тип кодера і його реалізація.* Эта інформація використовується, чтобы ідентифікувати специфічну реалізацію кодера при оцінці таким образом, что модель використовує коефіцієнти, присутніе этой реалізації.

*Пространственная разрешающая способность* ссылається не только на фактическую (ефективную) пространственную разрешающую способность, показывающую возможности камеры и/или дисплея, но и на теоретическую пространственную разрешающую способность, поддерживаемую кодировщиком. Рекомендация стандарта ITU-T P.800 [8] описывает методологию для измерения эффективной пространственной разрешающей способности. Данная модель рассматривает видео, чей размер находится между QQVGA и VGA.

*Междукадровый интервал* – это интервал времени, в котором видео кодируется исключительно на внутрикадровом уровне. Этот параметр влияет на эффективность видеокодирования (т.е., качество против битовой скорости видео) и помехоустойчивости против искажений при пакетных потерях.

*Величина пакетных потерь видео (PpIV [%])* – это потери пакетов при передаче видео в IP-сетях. Рассмотрение потери пакета в буфере терминала и потере пакета в сетях критически важно. Значение должно составить менее чем 10 [%].

*Частота смены кадров (FrV [fps])* – частота кадров, которая определяется кодером и не отражает повторение фрейма, использованное в декодере, например, в случае потери пакета. Предполагается, что диапазон частоты кадров находится в пределах от 1 до 30 кадров в секунду.

*Битовая скорость передачи видео (B<sub>v</sub> [kbit/s])* определяется параметрами кодера.

## 6. Выходные параметры модели

К выходным параметрам модели относятся качество мультимедийных данных ( $MM_k$ ), разговорное качество, дающее отчет о влиянии видеокачества ( $\Gamma_k(B_k)$ ) и видеокачества, дающего отчет о влиянии разговорного качества ( $B_k(\Gamma_k)$ ).

Функция оценки разговорного качества определяется значением величины  $Q$ , которое выражается следующей зависимостью  $Q=93,193-Idte-Ie-eff$ , где  $Idte$  представляет искажения, вызванные эхом голоса, и определяется, как

$$Idte = \left( (94,8 - Re)/2 + \sqrt{(94,8 - Re)^2/4 + 100 - 1} \right) \times (1 - e^{-3r}), \quad \text{где} \quad Re = 80 + 2,5 \times \\ \times (TERV - 14) \quad \text{и} \quad TERV = TELR - 40 \log \left[ \frac{1 + 3r/10}{1 + 3r/150} \right] + 6e^{-0,3T_s^2}.$$

$Ie-eff$  представляет искажения, вызванные разговорным кодированием и потерями пакетов. Он определяется следующей зависимостью  $Ie-eff = Ie_s + (95 - Ie_s) \times [Ppl_s + Vpl_s]$ .

Разговорное качество  $\Gamma_k$  определяется как функция качественного индекса  $Q$ .

Для  $Q < 0$ :  $S_q = 1$ .

Для  $0 < Q < 100$ :  $\Gamma_k = 1 + 0,035Q + q(q - 60)(100 - Q)7 \times 10^{-6}$ .

Для  $Q > 100$ :  $\Gamma_k = 4,5$ .

Функція оцінки якості відео  $B_k$  визначається наступним чином.

Визначення якості відео  $B_k$  проводиться за допомогою виразу  $B_k = 1 + I_{coding} \exp(-PpIV/D_{pIV})$ , де  $I_{coding}$  – значення якості відео при впливі спотворень в кодуючому з бітшовою швидкістю ( $Br_V$  [kbit/s]) і частотою зміни кадрів ( $Fr_V$  [fps]),  $D_{pIV}$  – фактор стійкості до пакетних втрат, виражається ступенем стійкості якості відео при пакетних втратах,  $PpIV[\%]$  – значення величини пакетних втрат.

Основне відеоякість, на яку впливають спотворення кодуючого  $I_{coding}$ , виражається як  $I_{coding} = I_{Ofr} \exp\left\{-\frac{(\ln(Fr_V) - \ln(O_{fr}))^2}{2D_{FrV}}\right\}$ , де  $O_{fr}$  – оптимальна частота кадрів, яка максимізує відеоякість в кожній бітшовою швидкості ( $Br_V$ ) і виражається як  $O_{fr} = v_1 + v_2 Br_V$ ,  $1 \leq O_{fr} \leq 30$ ,  $v_1$  і  $v_2$  – константи, де  $FrV = O_{fr}$ ,  $I_{coding} = I_{Ofr}$ ,  $I_{Ofr}$  представляє максимальне відеоякість

в кожній бітшовою швидкості ( $Br_V$ ) і виражається, як  $I_{Ofr} = v_3 - \frac{v_3}{1 + \left(\frac{Br_V}{v_4}\right)^{v_5}}$ ,

$1 \leq I_{Ofr} \leq 4$ ,  $v_3$ ,  $v_4$  і  $v_5$  – константи.

$D_{FrV}$  представляє ступінь якості відео стійкості до помилок через частоту зміни кадрів ( $Fr_V$ ) і виражається, як  $D_{FrV} = v_6 + v_7 Br_V$ ,  $0 < D_{FrV}$ ,  $v_6$  і  $v_7$  – константи. Коефіцієнти  $v_1, v_2, \dots, v_3$  залежать від типу кодуючого, відеоформату, інтервалу ключового фрейму, і розміру відеодисплея.

Фактор стійкості до втрати пакету  $D_{pIV}$  представляє ступінь стійкості якості відео при пакетних втратах і виражається, як

$D_{pIV} = v_{10} + v_{11} \exp\left(-\frac{Fr_V}{v_8}\right) + v_{12} \exp\left(-\frac{Br_V}{v_9}\right)$ ,  $0 < D_{pIV}$ , де  $P_{pIV}$  представляє нормоване значення втрачених пакетів. Коефіцієнти  $v_8, v_9, \dots$  і  $v_{12}$  залежать від типу кодуючого, відеоформату, інтервалу ключового кадру, і розміру (таблиця 1.1) відеодисплея.

Таблиця 1.1

### Умови для отримання таблиці коефіцієнтів $v_1, \dots, v_{12}$

Параметр	# 1	# 2
Тип кодуючого	MPEG-4	MPEG-4
Формат відео	QVGA	QQVGA
Інтервал ключового кадру (сек)	1	1
Розмір відео (дисплея) (дюйм)	4,2	2,1

Значення коефіцієнтів  $v_1, \dots, v_{12}$ , подобрані експериментально [12] і представлені в таблиці 1.2.

Таблиця значень коефіцієнтів  $v_1, \dots, v_{12}$  для функції оцінки якості відео

Коефіцієнт	# 1	# 2
$v_1$	1,431	7.160
$v_2$	$2,228 \times 10^{-2}$	$2.215 \times 10^{-2}$
$v_3$	3,759	3.461
$v_4$	184,1	111.9
$v_5$	1,161	2.091
$v_6$	1,446	1.382
$v_7$	$3,881 \times 10^{-4}$	$5.881 \times 10^{-4}$
$v_8$	2,116	0.8401
$v_9$	467,4	113.9
$v_{10}$	2,736	6.047
$v_{11}$	15,28	46.87
$v_{12}$	4.170	10.87

### 7. Интегральная функция оценки качества видео

Вычисление качества мультимедиа ( $MM_k$ ) проводится с использованием разговорного качества  $\Gamma_k$ , качества видео  $B_k$ , разговорной задержки  $Z_\Gamma$  и видеозадержки  $Z_B$ .  $MM_k$  выражается как  $MM_k = m_1 MM_{\Gamma B} + m_2 MM_{\gamma x3} + m_3 MM_{\Gamma B} MM_{\gamma x3} + m_4$ , где  $MM_{\Gamma B}$  представляет аудиовизуальное качество,  $MM_{\gamma x\Gamma}$  представляет аудиовизуальный фактор ухудшения задержки, коэффициенты  $m_1, m_2, \dots$  и  $m_4$  зависят от размера видеодисплея и разговорной задачи.

Аудиовизуальное качество ( $MM_{\gamma x3}$ ) задается выражением  $MM_{\Gamma B} = m_5 \Gamma_k + m_6 B_k + m_7 \Gamma_k B_k + m_8$ . Коэффициенты  $m_5, m_6, \dots$  и  $m_8$  зависят от размера видеодисплея и разговорной задачи.

Аудиовизуальный фактор ухудшения задержки ( $MM_{\gamma x\Gamma}$ ) представляет степень ухудшения аудиовизуального качества деградации из-за аудиовизуальной задержки и синхронизации. Выражается следующим образом:

$$MM_{\gamma x3} = \max\{AD + M_\Gamma, 1\}, \quad AD = m_9 (Z_\Gamma + Z_B) + m_{10},$$

$$M_\Gamma = \min\{m_{11} (Z_B - Z_{\Gamma S}) + m_{12}, 0\}, \quad \text{если } Z_\Gamma \geq Z_B$$

и  $M_\Gamma = \min\{m_{13} (Z_B - Z_\Gamma) + m_{14}, 0\}$ , если  $Z_\Gamma > Z_B$ , где AD заявляет, что абсолютная аудиовизуальная задержка и  $M_\Gamma$  представляет аудиовизуальную медиа-синхронизацию. Коэффициенты  $m_9, m_{10}, \dots$  и  $m_{14}$  зависят от размера видеодисплея и разговорной задачи.

## 8. Заключение

Проведен анализ существующих подходов и оценке качества видеоданных, который показал, что самыми простыми в реализации и наиболее быстродействующими являются методы объективной оценки, однако они не могут в полной мере соответствовать тем критериям определения качества “картинки”, какими пользуется человек в реальности. Субъективный же подход также не всегда может дать желаемый результат, поскольку очень сильно зависит от совокупности наборов экспертных оценок. Исходя из этого, следует сделать вывод, что перспективными направлениями исследований являются разработки комбинированных методов оценки качества видео.

Предложена математическая модель для оценки качества видеоданных, которая предполагает построение общей интегральной функции оценки качества мультимедийных данных, учитывающей показатели качества голосовых и видеоданных, а также корректирующих субъективных коэффициентов.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. BIJL (P.), VALETON (J.M.) : Guidelines for accurate TOD measurement, Proc. SPIE. 3701, pp. 14–25, 1999.
2. ITU-R Recommendation BT.500-11. Methodology for the subjective assessments of the quality of television pictures. International Telecommunication Union, Geneva, Switzerland, 2002.
4. ITU-T Recommendation G.1070. Opinion model for video-telephony applications. International Telecommunication Union, Geneva, Switzerland, 2007.
5. ITU-R Recommendation G. 113. Transmission impairments due to speech processing. International Telecommunication Union, Geneva, Switzerland, 2007.
6. ITU-R Recommendation G. 122. Influence of national systems on stability and talker echo in international connections. International Telecommunication Union, Geneva, Switzerland, 1993.
7. ITU-R Recommendation P.79. Calculation of loudness ratings for telephone sets. International Telecommunication Union, Geneva, Switzerland, 2007.
8. ITU-R Recommendation P.800. Methods for subjective determination of transmission quality. International Telecommunication Union, Geneva, Switzerland, 1996.
9. ITU-R Recommendation P.910. Subjective video quality assessment methods for multimedia applications. International Telecommunication Union, Geneva, Switzerland, 2008.
10. ITU-R Recommendation J. 148. Relative levels and impedances on an international sound-programme connection. International Telecommunication Union, Geneva, Switzerland, 1988.
11. MOLLER (S.) : Assessment and Prediction of Speech Quality in Telecommunications, Kluwer Academic Publishers. Boston, MA, 2000.
12. YAMAGISHI (K.), HAYASHI (T.) : Verification of Video Quality Opinion Model for Videophone Services, 2ndISCA Tutorial & Research Workshop on Perceptual Quality of Systems, pp.143–148, Sept. 2006.
13. YAMAGISHI (K.), HAYASHI (T.) : Opinion Model for Estimating Video Quality of Videophone Services, IEEE GLOBECOM 2006, QRP08-1, Nov. 2006.
14. Winkler S. Video quality measurement standards – current status and trends. Proc. 7th International Conference on Information, Communications and Signal Processing (ICICS), Macau, Dec. 7–10, 2009.

Отримано 21.05.2014