

Проблемы и перспективы развития систем кодирования динамических изображений

Продолжение. Начало в №№2,3/2011

Виктор Дворкович, Михаил Чобану

В первых двух частях статьи рассматривались основные тенденции развития систем сжатия видеoinформации и основные этапы стандартизации видеобработки.

Стандарты и рекомендации кодирования видеoinформации

H.120 (ITU-T Rec. H.120) – это первый стандарт цифрового кодирования видео, разработанный в 1980 году Паневропейским Сотрудничеством по Науке и технике (Pan-European Cooperation in Science and Technology – COST), проект 211. В нем использовалась дифференциальная импульсно-кодовая модуляция (ДИКМ), скалярное квантование и методы кодирования переменной длины, ратифицирован МККТТ как стандарт H.120. Скорость передачи информации составляла 2 Мбит/с для совместимости с европейской иерархией битовой скорости передачи сигналов с импульсно-кодовой модуляцией (ИКМ) и 1,544 Мбит/с для Северной Америки. Хотя стандарт H.120 обеспечивал хорошее пространственное разрешение, реализация временного разрешения была гораздо менее удачной. Стало ясно, что для улучшения качества изображения, не превышая целевую скорость передачи в 2 Мбит/с, необходимо применить групповое кодирование (например, в виде блоков 8×8 пикселей) с тем, чтобы число используемых бит на пиксел было нецелым числом. Это привело к проекту так называемых блочных кодеков. Более явно, при потоке 2 Мбит/с и частоте 30 кадр/с, максимальное число бит на кадр составляло приблизительно 66,67 Кбит. При кодировании черно-белого изображения с разрешением QCIF (176×144), на один пиксел пришлось максимум 2 бита.

Стандарт **H.261** [17], опубликованный ITU-T в 1990 году, был первой стандартизированной гибридной схемой кодирования для интерактивной

видеосвязи по сетям ISDN. Поддерживаемая скорость передачи была $p \times 64$ Кбит/с ($p=1 \dots 31$) в зависимости от числа используемых каналов ISDN. H.261 обеспечивал кодирование видеформатов QCIF или CIF визуальной телефонии. Низкая сложность была ключевым фактором для успеха H.261, но вскоре он был заменен более эффективным H.263, который еще используется по настоящее время. В H.261 применяется цветовой формат 4:2:0, анализу и компенсации движения подвергаются макроблоки размером 16×16 пикселей с компенсацией движения, используется ДКП блоков 8×8-, скалярное квантование, сканирование зигзагом и энтропийное кодирование Хаффмана.

Стандарт **H.263** [20], разработанный для низкоскоростной передачи видео по аналоговым телефонным линиям и через Интернет, был эволюционным улучшением стандарта H.261. Начальный стандарт был закончен в 1995 году. Два расширения, которые называются H.263+ и H.263++, были включены в стандарт как 21 дополнение в 1997 и 2000 годах соответственно.

Отличие базового варианта H.263 от H.261 состоит в использовании полупиксельного предсказания векторов движения (MCP), кодировании коэффициентов преобразования, и т.д. Кроме того, H.263 поддерживает значительное количество видеформатов: sub-QCIF, QCIF, CIF, 4CIF и 16CIF.

Motion JPEG кодирует видеоданные как последовательность независимых изображений, закодированных JPEG, который был стандартизован в 1992 году. Поскольку видеокadres кодируются индивидуально, потоки видео Motion JPEG могут быть отредактированы без декодирования и повторного сжатия, что значительно ускоряет процесс редактирования и позволяет реализовать такие функции, как покaдровое обратное воспроизведение и др.

Стандарт видеокodирования **Digital Video (DV)** [21], разработанный IEC и стандартизованный в 1994 году, реализуется, прежде всего, в видеокамерах, хранящих видеоданные в виде потока бит на ленте. В DV используется независимое кодирование последовательности кадров с фиксированной скоростью 25 Мбит/с. Объединение с аудиоданными, технологией обнаружения ошибок и таблицей поправок приводит к очень высокой скорости, равной 36 Мбит/с. Стандарт также обеспечивает средства для эффективной быстрой прокрутки вперед или быстрого обратного воспроизведения ленты.

MPEG-1 Video [22] был разработан с целью сжатия мультимедийного контента, поставляемого на CD-ROM при скорости передачи 1,5 Мбит/с. MPEG-1 позволяет хранить и воспроизводить видео качества VHS, в нем обычно используются форматы CIF или SIF, но есть и поддержка более высоких скорости и разрешения. Ряд функций, включая произвольный доступ, ускоренную перемотку вперед и назад, стали доступны благодаря добавлению понятия «группа изображений (GOP)», которая начинается с I-кадра, сопровождаемого чередуемыми P- и B-кадрами. При этом можно получить доступ к любой GOP, не декодируя предыдущие GOP, выполнить ускоренную перемотку вперед, декодируя только I- или I- и P-кадры, либо осуществлять ускоренную обратную перемотку, декодируя только I-кадры в обратном порядке.

Основным отличием **MPEG-2 Video** [23] от MPEG-1 было эффективное кодирование чересстрочного видео, что являлось ключевым механизмом реализации телевизионного вещания. Два поля кадра с чересстрочной разверткой могут быть закодированы чередуемым способом (frame-mode) или отдельно (field-mode). В MPEG-2 главным образом используются форматы изображений, определенные в ITU-R

BT.601 [24] с цветовым представлением 4:2:0, то есть вещание можно осуществлять при скорости потока 4... 8 Мбит/с, а максимального качества видео добиваться при скорости 10... 15 Мбит/с. Возможна также обработка видео высокой четкости [25] и других цветовых форматов при повышенных скоростях передачи. Как универсальный стандарт кодирования, синтаксис полного MPEG-2 покрывал много функций и параметров, соответствующих широкому спектру скоростей передачи, видеоформатов, уровней качества и функциональности. Однако определенные приложения требовали только подмножества функций и обладали ограниченной вычислительной мощностью. Чтобы уменьшить стоимость реализации и сохранить функциональную совместимость, в MPEG-2 впервые были введены понятия профиля и уровня, так что кодеры и декодеры, совместимые с одним и тем же профилем и уровнем, могли успешно взаимодействовать друг с другом, не поддерживая полный синтаксис. Профиль описывает необходимые функции; уровень указывает возможность обработки, определяя верхние пределы пространственного разрешения, частоты кадров и скорости передачи. Среди семи профилей в MPEG-2, Основной Профиль и Основной Уровень наиболее широко используются для телетрансляции.

RealVideo был разработан RealNetworks – одной из первых коммерчески успешных компаний по продаже средств передачи потокового цифрового аудио и видео по Интернету. В 1997 году была представлена

версия 1 кодака RealVideo. Она была основана на кодеке H.263, но в версиях 8 и выше использовался собственный видеокодек. Версия 10 была представлена в 2004 году и используется до сих пор [26].

MPEG-4 Visual был первой попыткой стандартизировать основанные на контенте методы кодирования. Хотя эффективность кодирования была улучшена, MPEG-4 Visual [27] вышел далеко за рамки схемы гибридного кодирования и обеспечил богатый набор инструментов для кодирования естественных и синтетических объектов. Единицу видеоконтента называют видеообъектом (VO), например, говорящий персонаж без фона. VO берется как последовательность снимков объекта произвольной формы; его временные слои называются видеообъектными плоскостями (VOP). Поскольку поочередные VOP имеют высокую степень корреляции, предсказание с компенсацией движения (MCP) также является эффективным, но понятия I-, P-, и B-кадров здесь расширяются до I-, P-, и B-VOP, соответственно. Если форма VOP является кадром, то есть VO эквивалентен видеопоследовательности, основанная на контенте схема кодирования будет соответствовать стандартному гибриднему кодированию. Простой Профиль MPEG-4 совместим с базовым H.263, но MPEG-4 представляет новые методы для улучшения эффективности кодирования, включая интра-предсказание AC/DC, горизонтальное сканирование, глобальную компенсацию движения (GMC), GMC, основанную на Спрайте, размер блока

8×8 для компенсации движения (MC), и 1/4-пиксельное MCP. На рис. 3 приведены сравнительные характеристики сжатия различных MPEG-кодексов.

DivX/XviD – популярные специализированные стандарты кодирования, форматы файлов DivX основаны на MPEG-4 профиля ASP [29]. Они не связаны с плохо задуманным и коммерчески неудачным прокатом видеодиска DivX. Кодеры и декодеры DivX были запущены, разрабатываются и поддерживаются DivX и проектом XviD.

Кодеры **On2 VPx** созданы компанией On2 Technologies, разрабатывающей собственную технологию видеокодека и лицензирующей ее для своих клиентов. Проекты кодака On2 известны как VP3...VP7 [30]. В 2004 году Macromedia (теперь Adobe) выбрала On2 VP6 для использования в видеокодеке Flash 8. FlashVideo Adobe часто используется в качестве транспорта для того, чтобы представить видео на web-страницах. Популярный YouTube и веб-сайты Google Video используют именно эту технологию. Skype eBay лицензировал видеокодек On2 для организации видеоконференций по IP, и XM лицензировал стандарт кодирования On2 для широкоэвещательных спутниковых сообщений.

WMV9/VC1 – видеокодек Windows Media Video 9, разработанный Microsoft. Он был первоначально закрытым, но позже прошел стандартизацию в SMPTE, которое объявило о формальном выпуске стандарта видеокодека SMPTE 421M в 2006 году [31]. VC1 является неформальным именем стандарта. WMV9/VC1 представляет собой гибридный видеокодек, в котором используются стандартная компенсация движения, преобразование ДКП и энтропийное кодирование методом Хаффмана, подобно тому, как это сделано в H.263 и MPEG-4. Однако в WMV9/VC1 используются пиксельные блоки 4×4, то есть меньше, чем применяемые в предыдущих стандартах блоки 8×8. VC1 позиционируется как альтернатива самому последнему стандарту ITU-T видеокодека MPEG – H.264/MPEG-4 AVC. Однако исследования показали, что в целом VC1 сжимает хуже, чем H.264. Кодек в вычислительном отношении менее требователен, чем H.264, и был принят DVD HD и Дисковой Ассоциацией Blu-ray как обязательный видеостандарт для проигрывателей и как дополни-

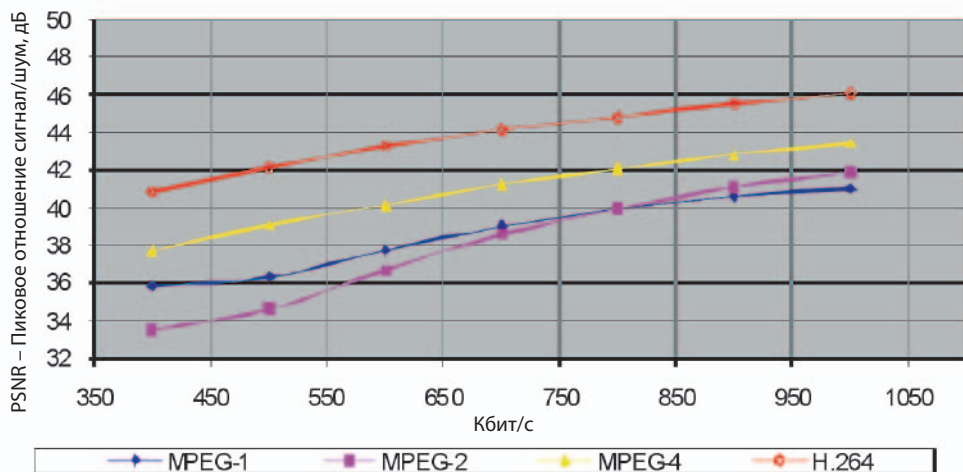


Рис. 3. Характеристики R-D для MPEG-кодексов. Производилось кодирование трейлера фильма «Миссия невыполнима». Исходное ТВЧ-изображение (1080р) было уменьшено до 720×304. Кодеры: TMPGEnc (MPEG-1/2), XviD (MPEG-4), x264 (H.264) [28]

тельный кодек для видеодисков. Кодек также часто используется в Интернете и в игровой приставке Xbox 360. Сегодняшние высокопроизводительные PC могут программно декодировать поток WMV9/VC1 высокой четкости в режиме реального времени.

Dirac и Dirac Pro – новые wavelet-кодеки, стандартизованные в SMPTE под названием VC-1 и VC-2: это SMPTE 2042-1 (название VC2), и SMPTE 2042-2 [31]. Они используются, в том числе, при обработке кинофильмов высокой четкости и для кодирования без потерь. Вместе с кодеком Шредингер, Dirac-кодеки были совместно разработаны компаниями BBC и NHK. Сравнение со стандартами JPEG2000 и AVC/H.264 показывает, что характеристики Dirac Pro могут находиться в том же диапазоне [33]. Последнее время проводились эксперименты с целью определения оптимальных параметров кодирования сигнала для системы ТВ ультравысокой четкости. В итоге решено применять от 4 до 5 уровней wavelet-декомпозиции при размере блока 36×36 пикселей. Система характеризуется следующими параметрами: произвольный размер изображений (включая размеры сигналов ТУВЧ), произвольное число кадров/с, цветовое представление 4:2:0, 4:2:2, 4:4:4, произвольная глубина цвета (до 12 бит на цветовую компоненту на пиксел), произвольный тип развертки.

Audio Video Standard (AVS) – инициативная разработка Китая стандарта видеокодека (2005 г.). Одним из ключевых факторов разработки являлось устранение необходимости для китайских производителей бытовой электроники платить авторские отчисления компаниям, которые имеют патенты на стандартизованные технологии сжатия [34]. Эффективность кодирования AVS сопоставима с H.264, в то время как у него более низкая вычислительная сложность. Стандарт AVS будет, вероятно, использоваться в некоторых приложениях абонентских установок для IPTV и мобильного широкоэмитательного телевидения в пределах материкового Китая. Полупроводниковые компании объявили о поддержке стандарта, но сегодня неясно, преуспеет ли AVS в том, чтобы стать широко используемым стандартом видеокодирования.

Литература

17. T. Wedi and T.K. Tan, AHG report – Coding Efficiency Improvements, VCEG document VCEG-AA06, October 2005.
18. ITU TSB (23 April 2010). Joint Collaborative Team on Video Coding. ITU-T. <http://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com16/jct-vc/>. Retrieved 21 May 2010.
19. Documents of the first meeting of the Joint Collaborative Team on Video Coding (JCT-VC) – Dresden, Germany, 15–23 April 2010. ITU-T. 23.04.2010. http://ftp3.itu.int/av-arch/jctvc-site/2010_04_A_Dresden. Retrieved 21 May 2010.
20. ITU-T Recommendation H.263, Video coding for low bit rate communication (1998).
21. IEC 61834-1. Recording – Helical-scan digital video cassette recording system using 6,35 mm magnetic tape for consumer use (525-60, 625-50, 1125-60 and 1250-50 systems).
22. ISO/IEC IS 11172-2, Information technology – Coding of moving pictures and associated audio for digital storage media at up to about 1.5 Mbit/s – Part 2: Video (1993).
23. ISO/IEC IS 13818-2, Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information: Video (1996).
24. ITU-R Recommendation BT.601-5, Studio encoding parameters of digital television for standard 4:3 and wide-screen 16:9 aspect ratios (1995).
25. ITU-R Recommendation BT.709-5, Basic parameter values for the HDTV standard, for the studio and for international program exchange (2002).
26. <http://www.realtanetworks.com/products-services/helix-client-technology.aspx>.
27. ISO/IEC IS 14496-2, Information technology – Coding of audio-visual objects – Part 2: Visual (1998).
28. G. Diamantopoulos. Video coding: past, present and future. Digital Systems and Vision Processing Group.
29. <http://www.divx.com/>.
30. <http://www.vita.com/vpx.html>.
31. SMPTE 421M. VC-1 Compressed Video Bitstream Format and Decoding Process.
32. Borer T. & Wilson P., Compression and Coding, What is Dirac, 2009 NAB BEC Proceedings
33. Hewage C.T.E.R., Karim H. A., Worrall S., Dogan S., Kondoz A. M., Comparison of Stereo Video Coding Support in MPEG-4 MAC, H.264/AVC and H.264/SVC, University of Surrey, UK, EC VISNET II Network, IST FP6.
34. <http://www.avc.org.cn/en/index.asp>.

Продолжение следует

ExaSAN Compact Solution

Компания Accusys представила новые системы хранения ExaSan Compact Solution, способные обеспечить совместный рабочий процесс для 4...8 клиентов. Система компактна и легко размещается на рабочем столе. Максимальная пропускная способность – 20 Гбит/с, объем хранения – 216 ТБ, что достаточно для многопоточной работы с не-сжатым видео HD или 2K DPX.

ExaSAN Compact Solution позволяет эффективно, в режиме общего доступа, работать над такими проектами, как монтаж SD, HD, 2K (в том числе и в режиме стерео), анимация, цветокоррекция и т.д. Система хранения поддерживает все известные пакеты приложений для монтажа и обработки (Apple, AVID, Adobe и Autodesk), в том числе системы, требующие высокой пропускной способности – DaVinci Resolve, Smoke для Mac OS X и Assimilate Scratch.

Основные характеристики:

- ◆ число клиентов – 4...8;
- ◆ поддержка трех дисковых массивов PCIe 8/12/16/24;
- ◆ максимальная емкость – до 216 ТБ;
- ◆ поддержка Mac, Windows, Linux, Unix и меж-платформенные системы;
- ◆ поддержка файловых систем Xsan2, MetaSAN, StorNext, FibreJet;
- ◆ встроенная функция распределения дискового пространства.

В модельный ряд входят системы SW04-G2 и SW08-G2 на 4 и 8 клиентов соответственно, к которым можно подключить различные дисковые массивы, получив требуемый объем хранения.

Для обмена данными применена технология PCIe. SW04/08-G2 построена по технологии PCIe 2.0×4. Каждая линия PCIe2.0 способна обеспечивать скорость 500 Мбит/с, а ×4 PCIe2.0 дает общую пропускную способность – 20 Гбит для каждого хоста, что значительно выше, чем FC (8 Гбит/с).

SW04-G2 с дисковым массивом A08S-PS – наиболее экономичное решение ExaSAN Compact Solution. Восемь жестких дисков способны обеспечить скорость передачи данных около 750 Мбит/с.

Система SW08-G2 с тремя дисковыми массивами A24S-PA может быть укомплектована 72 жесткими дисками. Используя жесткие диски по 3 ТБ, можно получить 216 ТБ общего дискового пространства.

