
Принципы построения информационно-измерительных систем различного назначения

УДК 004.9

Подход к инструментальной оценке цифрового потока сжатых видеоданных, формируемого видеокодеками

© Авторы, 2019

© ООО «Издательство «Радиотехника», 2019

С.В. Кулешов – д.т.н., гл. науч. сотрудник, зам. директора по научной работе,
Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН

E-mail: kuleshov@iias.spb.su

А.А. Зайцева – к.т.н., ст. науч. сотрудник,
лаборатория автоматизации научных исследований,
Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН
E-mail: cher@iias.spb.su

Аннотация

Постановка проблемы. При оценке и сравнении средств сжатия видеоданных как по объективным, так и по субъективным критериям в основном отсутствует оценка кодеков с точки зрения восприятия человеком, а также с точки зрения экологичности видеинформации. Основная проблема в измерении субъективных параметров – отсутствие инструментария, используя который, можно доказательно оценить такие параметры, как, например, величина экологического риска, который будет определяться уровнем шумов компрессии и параметрами GOP-структуры, от которых зависят характерные частоты возникающих периодических колебаний.

Цель. Предложить подход к инструментальной оценке цифрового потока сжатых видеоданных, формируемого видеокодеками, с целью инструментального измерения субъективных характеристик их работы и оценки экологичности различных кодеков на основе анализа внутренней структуры данных, сформированной кодером при сжатии видео.

Результаты. Предложенный подход визуализации структуры видеопотока на основе временного анализа работы видеокодека позволяет представить в форме структурных блоков содержимое формируемого им битового потока и обеспечивает инструментальную оценку субъективных параметров, связанных с восприятием изображения, подвергшегося сжатию с потерями. В результате проверки кодеков с применением разработанных программных средств показана актуальность проблемы экологической безопасности видеоданных, связанной с появлением в шумах компрессии периодических компонентов на частотах, попадающих в диапазон частот ритмов мозга человека, особенно для кодеков, используемых в цифровом телевизионном вещании.

Практическая значимость. Разработанный инструментарий позволяет оценивать экологичность различных кодеков, а также давать рекомендации по выбору конфигурации и настройке кодеков для конкретных задач.

Ключевые слова

Видео, кодек, кодирование, декодирование, слайс, кадр.

Работа выполнена при частичной поддержке бюджетной темы № 0073-2019-0005.

DOI: 10.18127/j20700814-201905-04

Введение

Необходимость работать с «тяжелыми» видами цифрового мультимедийного контента (в первую очередь, с видеоданными) делает неизбежным применение к таким данным различных алгоритмов сжатия с потерями. Эти алгоритмы, реализованные в виде кодеров-декодеров (кодеков) в программном или аппаратном варианте, отличаются по своим характеристикам друг от друга достаточно сильно. Это делает для разработчиков различного рода ПО особенно актуальным вопрос выбора конкретного кодека для каждого конкретного типа данных, что, в свою очередь, требует оценки их параметров и возможности сравнения кодеков друг с другом.

Существует большой спектр методов оценки и сравнения средств сжатия видеоданных как по обь-

ективным, так и по субъективным критериям. Объективные критерии в большей степени направлены на измерение параметров сжатого видеопотока, таких как коэффициент сжатия, средняя скорость потока данных. Объективные критерии, касающиеся качества «картинки», достаточно ограничены и часто не соответствуют восприятию человека (если изображение предназначено для человека) или целям применения системы технического зрения (в случае, когда изображение подвергается анализу технической системой). Сравнение, более адекватное с точки зрения восприятия человеком, возможно с помощью субъективных критериев оценки. Такими критериями могут быть: отсутствие мешающего влияния дефектов на восприятие визуальной информации человеком; безопасность (экологичность) видеинформации для зрительного анализатора человека [1, 2] и ряд других.

Основная проблема в измерении субъективных параметров – отсутствие инструментария, используя который, можно доказательно оценить такие параметры, как, например, величина экологического риска, который будет определяться уровнем шумов компрессии и параметрами GOP-структур, от которых зависят характерные частоты возникающих периодических колебаний [1].

Существующие стандарты экспертного измерения качества телевизионного изображения [3, 4] могут применяться и для сравнения изображений, восстановленных после работы кодеков, но они не дают возможности оценки всех значимых характеристик, связанных в том числе с экологическими рисками.

Цель работы – предложить подход к инструментальной оценке цифрового потока сжатых видеоданных, формируемого видеокодеками, с целью инструментального измерения субъективных характеристик их работы и оценки экологичности различных кодеков на основе анализа внутренней структуры данных, сформированной кодером при сжатии видео.



Рис. 1. Схема компрессии мультимедийных данных с потерями

Fig. 1. Lossy multimedia compression scheme

на каждом из этапов, но при этом требует согласования параметров отдельных этапов между собой для получения наиболее эффективных показателей работы кодека в целом.

Изменение состава используемых алгоритмов на каждом из этапов приведенной схемы, а также параметров их работы при компрессии данных дает возможность динамического управления способом передачи путем получения требуемых параметров или учета ограничений канала передачи данных.

Одновременно с этим многоэтапность современных алгоритмов создает внутриформатный «стек протоколов» даже для простых случаев сжатия гомогенных данных [6], таких как видеопоток без звука. Это значит, что битовые данные, формируемые собственно видео- или аудиокодеком, инкапсулируются в другие протоколы, обеспечивающие возможность обнаружения ошибок и синхронизации, которые, в свою очередь, инкапсулируются в транспортный поток (Transport Stream), состоящий из пакетов равного размера и обеспечивающий унификацию и функционирование физического уровня передачи аудиовизуальных данных.

Сложность внутреннего устройства алгоритмов кодирования-декодирования и различные варианты их конфигураций затрудняют их конфигурирование с целью оптимизации их работы.

В ряде случаев для контроля и анализа работы кодеров может оказаться полезен подход временного анализа видеопотока, разработанный и предложенный авторами в [7, 8]. Для этого предлагается инструментарий, обрабатывающий анализируемый видеопоток на уровне элементарного потока (ES – elementary stream) [9] с последующей визуализацией структур данных, формируемых алгоритмами сжатия на временной шкале.

В статье не будут рассматриваться особенности пакетирования элементарного потока (PES), формирования медиаконтейнера (или транспортного потока), а также вопросы синхронизации во времени отдельных потоков между собой.

Как было показано в [5], большинство существующих и перспективных схем сжатия цифровых мультимедийных данных можно свести к общей схеме, приведенной на рис. 1. Многоэтапность обработки данных при кодировании способствует возможности независимого выбора алгоритмов

Временной анализ кодеков и визуализация результатов

Идея предложенного в [8] подхода, предназначенного для анализа пространственной области, основана на анализе временных сечений (tempоральных кривых) пространственно-временного видеокуба, полученных путем совмещения последовательных кадров в пространственную структуру. В этом случае визуализации подлежит сечение по временной оси, соответствующее единичным последовательным слайсам [8].

Реализация разработанного авторами инструментария – это модификация программного средства FFmpeg [10] на базе библиотек LibAV [11], которое представляет собой кроссплатформенную библиотеку для обработки аудио- и видеофайлов с открытым исходным кодом и является на данный момент наиболее полным собранием реализаций различных кодеков и форматов кодирования. Инструмент FFmpeg обладает функциями экспорта метаданных о сжатых потоках аудиовизуальных данных, а также самих этих данных (кадров, субтитров, метаданных и параметров кадра), но при этом не предоставляет доступа к внутренним структурам кодеков.

В предложенной модификации добавлена функция, позволяющая экспортить данные о ключевых структурах кодека и их параметрах в промежуточный формат, который далее анализируется средством графического анализа, разработанным для этой цели.

Существующий класс коммерческих решений предлагает инструментарий для углубленного исследования структур видеоданных [12], но они являются полностью закрытыми продуктами и не позволяют вмешиваться в методику проводимых экспериментов. Кроме того, такие решения предназначены для исследования какой-то одной группы кодеков, например, H.264 или MPEG-2, что не позволяет производить межклассовые сравнения кодеков по единой методике.

Предлагаемый подход дает возможность производить извлечение и расшифровку следующих структур данных кодека H.264: 1) элементов транспортного потока верхнего уровня – NAL (network abstraction layer); 2) слайсов или, иначе, срезов [13] (структурных элементов, содержащих макроблоки); 3) макроблоков (структурных элементов кадра фиксированного размера $N \times N$ пикселов) [9, 14–16].

Разработанное программное средство «визуализатор» формирует хромограммы – характеристические изображения исследуемых параметров. Их вид, а также динамика изменения их структуры во времени характеризуют особенности применения различных алгоритмов и структур данных для хранения обработанных видеоданных для каждого анализируемого кодека (рис. 2).



Рис. 2. Схема метода временного анализа кодека

Fig. 2. Codec temporary analysis method diagram

Каждый слайс изображается на области кадра с привязкой к координатам его физического расположения в области кадра.

В области каждого слайса отображаются макроблоки, причем каждому типу макроблока присваивается отдельный цвет.

Пример применения подхода для анализа особенностей популярных H.264-кодеков

С помощью разработанных программных средств, реализующих предлагаемый подход, проведено сравнение актуальных на текущий момент вариантов реализации (программных и аппаратных) кодеков семейства H.264 как наиболее распространенного на данный момент. Данное исследование проведено с целью сопоставления особенностей различных реализаций исследуемого кодека для дальнейшей его оптимизации.

В таблице приведены сводные данные по проанализированным устройствам, использующим вариации кодеков семейства H.264.

На рис. 3–10 приведена визуализация структур отдельных кодеков, рассмотренных в таблице. Каждый рисунок содержит последовательность характеристических изображений, соответствующих последовательности слайсов. На каждом рисунке различным цветом обозначены прямоугольные области, со-

Таблица. Перечень протестированных устройств, использующих кодеки семейства H.264

Устройство (платформа)	Метаданные для видеопотока	Отличительные особенности
Телевизионный H.264 кодек, используемый в наземном DVB-T2 на территории РФ	h264 (Main) ([27][0][0][0] / 0x001B), yuv420p(tv, bt470bg), 720×576 [SAR 12:11 DAR 15:11], 50 fps	Ориентирован на SD-телевидение. Точный состав кодирующего оборудования может значительно варьироваться
Камера GOPRO 4	h264 (Main) (avc1 / 0x31637661), yuv420p(tv, bt709), 1920×1080 [SAR 1:1 DAR 16:9], 14994 kb/s, 29,97 fps Encoder name: «GoPro AVC encoder»	Аппаратный кодек, ориентированный на динамичный видеоконтент в hd-качестве
Устройство на платформе iOS	h264 (High) (avc1 / 0x31637661), yuv420p(tv, bt709), 1920×1080, 12242 kb/s, 29,98 fps Encoder name: «H.264»	В реализации кодека задействованы аппаратные возможности чипсета смартфона
Смартфон Sony на платформе Android	h264 (Constrained Baseline) (avc1 / 0x31637661), yuv420p, 1280×720 [SAR 1:1 DAR 16:9], 6011 kb/s, 29,68 fps	В реализации кодека задействованы аппаратные возможности чипсета смартфона
Сервис YouTube	h264 (High) (avc1 / 0x31637661), yuv420p, 1280×720 [SAR 1:1 DAR 16:9], 2588 kb/s, 30 fps	Кодек, используемый видео-хостингом для онлайн-просмотра
Программный кодек Main-Concept AVC	h264 (Main) (avc1 / 0x31637661), yuv420p(tv), 854×480 [SAR 1:1 DAR 427:240], 1145 kb/s, 29,97 fps Encoder name: «AVC Coding»	Программный кодек, предлагаемый в виде плагина к ПО видеообработки
Аппаратный кодек Electra	h264 (Main) ([27][0][0][0] / 0x001B), yuv420p(tv, bt470bg), 720×576 [SAR 12:11 DAR 15:11], 25 fps	Аппаратный кодек, используемый в системах профессионального видеомонитажа

ответствующие различным типам макроблоков (рис. 3). Черным цветом отмечены участки изображения, не подлежащие кодированию (то есть не имеющие соответствующего макроблока). Цвета для каждого типа макроблоков автоматически синтезируются в соответствии с битовым полем, обозначающим тип макроблока в соответствии со стандартом H.264 [11].

Путем визуального сравнительного анализа полученных хромограмм удалось выявить следующие характерные особенности отдельных кодеков.

В кодеках, ориентированных на потоковую трансляцию контента, блоки параметров кодирования PPS (picture parameter sets – наборы параметров изображения) и SPS (sequence parameter sets – наборы параметров последовательности) размещаются в потоке с некоторой периодичностью [8].

В кодеках, разработанных для сохранения потока видеоданных на носитель (видеокамеры, смартфоны), блоки параметров PPS и SPS размещаются только в начале потока, сохраняемого в файл, а параметры кодирования (пара PPS-SPS) передаются каждые 56 слайсов (28 кадров), после чего следует I-кадр.

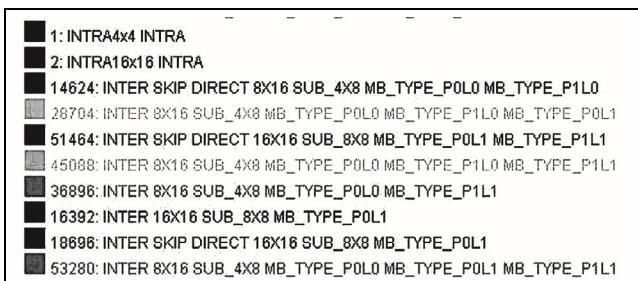


Рис. 3. Цветовое обозначение некоторых основных типов макроблоков на характеристических изображениях

Fig. 3. Color designation of some basic types of macroblocks on characteristic images

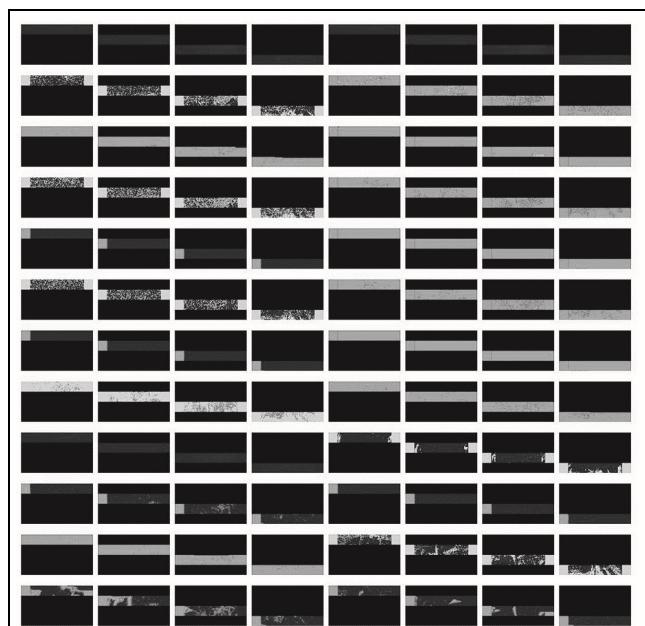


Рис. 4. Визуализация структуры программного кодека MainConcept AVC

Fig. 4. MainConcept AVC software codec structure visualization

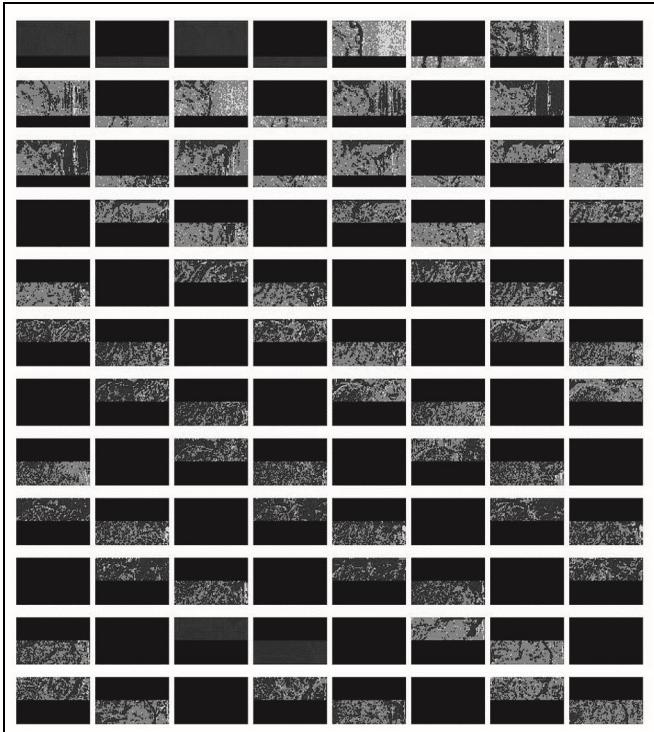


Рис. 5. Визуализация структуры кодека устройства на платформе iOS

Fig. 5. Visualization of iOS device codec structure

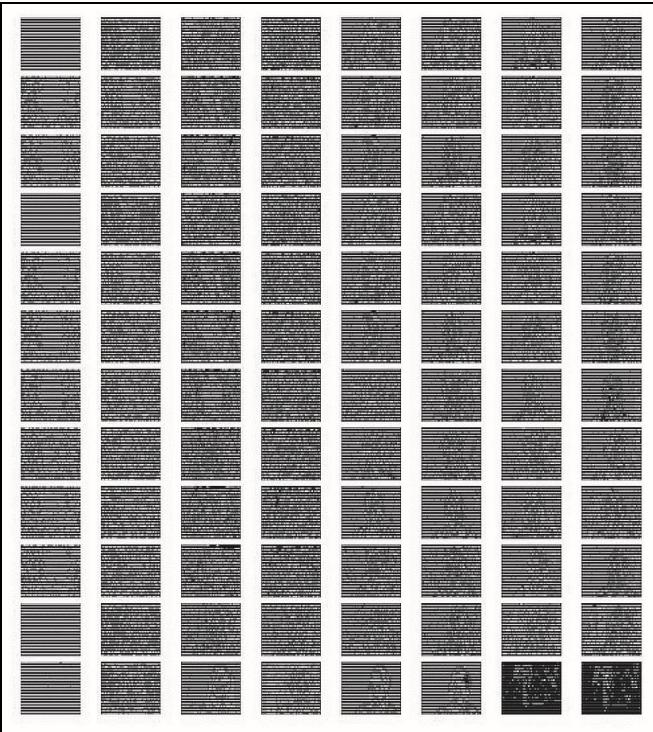


Рис. 6. Визуализация структуры телевизионного кодека, используемого в наземном DVB-T2 вещании

Fig. 6. Visualization of the structure of a television codec used in terrestrial DVB-T2 broadcasting

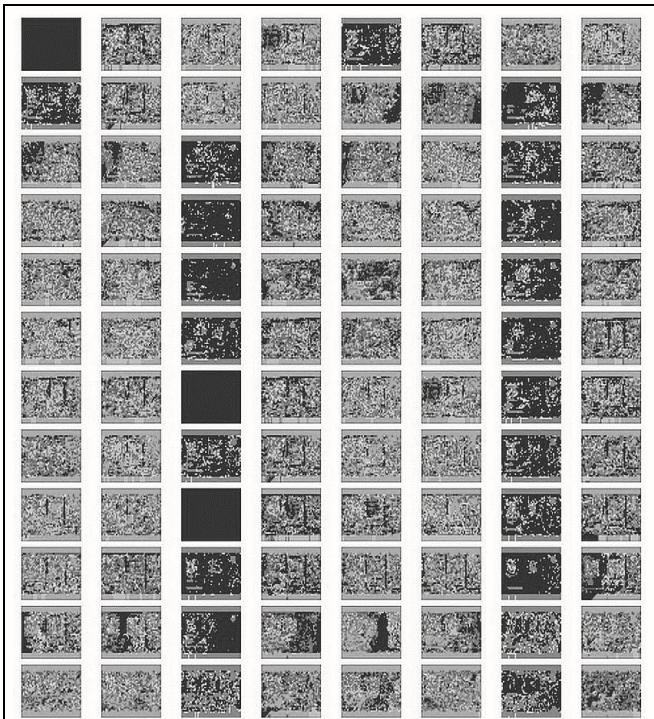


Рис. 7. Визуализация структуры аппаратного кодека Electra

Fig. 7. Visualization of the Electra hardware codec structure

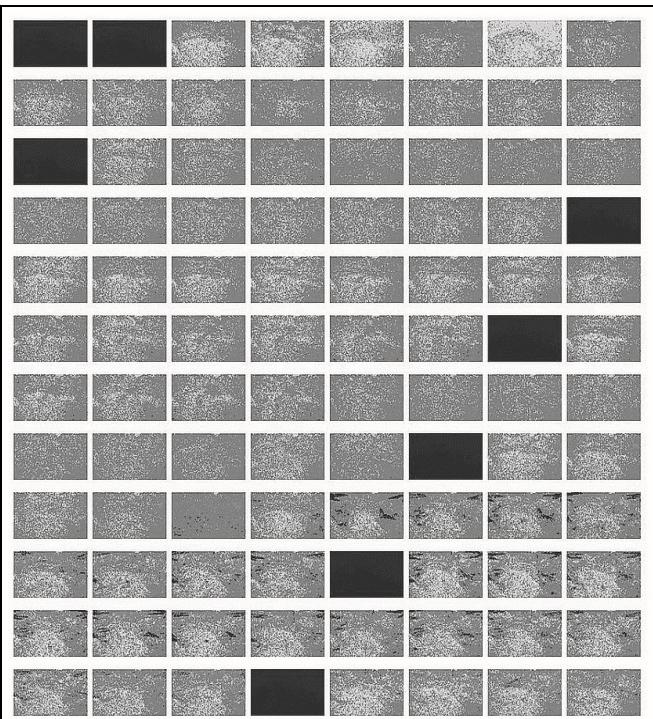


Рис. 8. Визуализация структуры кодека камеры GOPRO

Fig. 8. Visualization of the GOPRO Camera Codec Structure

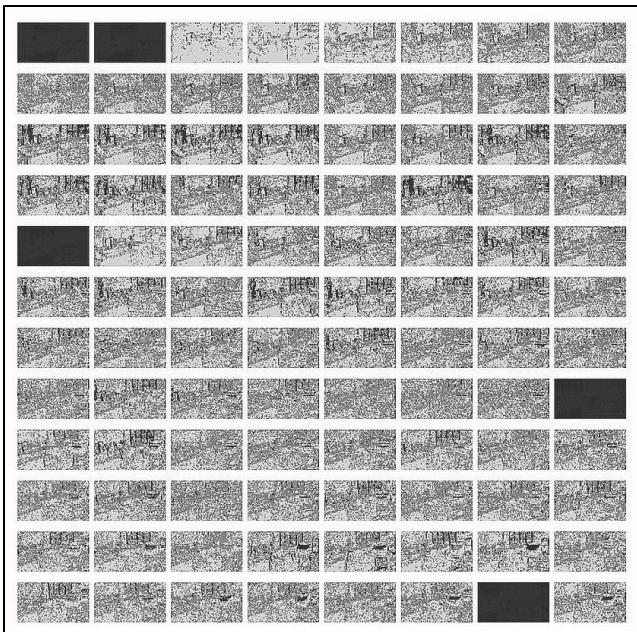


Рис. 9. Визуализация структуры кодека смартфона Sony на платформе Android

Fig. 9. Visualization of the codec structure of a Sony smartphone on an Android platform

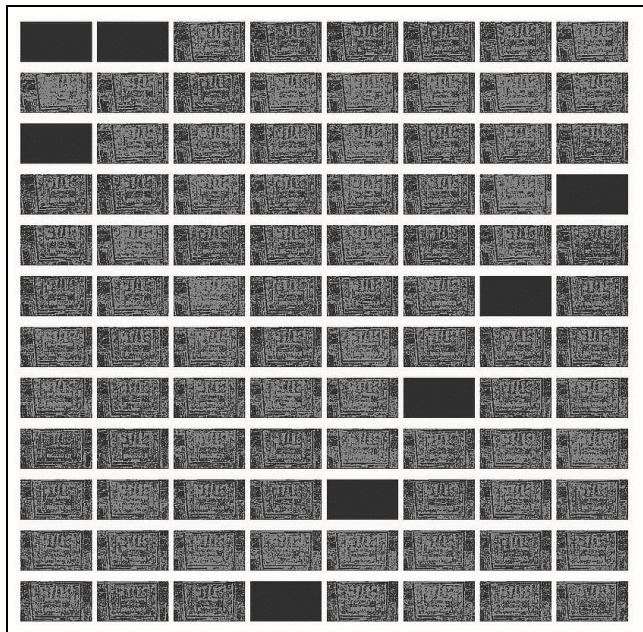


Рис. 10. Визуализация структуры кодека фотокамеры Canon EOS

Fig. 10. Visualization of the Canon EOS Codec Camera Structure

Результаты инструментальной оценки цифровых потоков сжатых видеоданных

Программные кодеки обладают наиболее обширным набором используемых технологий кодирования, что приводит к большому числу (нескольким десяткам) различных типов макроблоков, одновременно используемых в одном потоке (рис. 4). Это, с одной стороны, повышает качество сжатия, а с другой стороны, делает процесс декодирования такого потока более ресурсоемким [8].

В ряде аппаратных (рис. 5) и программных (рис. 4) реализаций каждый кадр разбивается на несколько слайсов (в представленных примерах по четыре на каждый кадр), что дает возможность распараллеливания процесса кодирования, а также повышает устойчивость к ошибкам в потоке.

Профессиональные реализации аппаратных телевизионных кодеков, используемые в цифровом вещании, формируют значительное число различных типов макроблоков в рамках одного потока видеоданных, что повышает качественные и количественные характеристики сжатия, что характерно в основном для программных кодеков (рис. 6 и 7).

Для кодеков, используемых в телевидении стандартной четкости (SD), при размере изображения 720×576 отмечается использование interlace-режима (рис. 6). При этом в качестве опорного (ключевого, I-тип) слайса используется только одно из полей, а второе является P-слайсом. Типы слайсов определены в соответствии со стандартом H.264 [9].

Результаты экспериментов (рис. 8–10) подтверждают сделанный в [8] вывод о том, что отличительной особенностью аппаратных кодеков в устройствах массового потребительского сегмента является ограниченный набор поддерживаемых технологий кодирования (SOC), что, с одной стороны упрощает аппаратную реализацию, снижая стоимость разработки устройств, а с другой стороны, не дает реализовать весь потенциал сжатия кодеков H.264.

Анализ кодеков, используемых смартфонами, показывает сходство структур формируемым ими потоков, что наводит на мысль об использовании одинаковых сложно-функциональных (СФ) блоков в составе чипсетов смартфонов (рис. 5, 7, 9).

Визуализация структур в сочетании с исходным набором кадров позволяет экспертизу оценить адекватность выбора макроблоков кодеком при изменении соответствующих областей исходного видеоконтента.

Эффективность сжатия кодека зависит, в том числе, от правильного соотношения типов слайса, выбираемого кодером (так как I-слайс представляется битовым потоком меньшего размера, чем P- и B-слайсы). На рис. 11 показано соотношение использования слайсов I-, B- и P-типов в видеопотоке, генерируемом различными вариантами кодеков семейства H.264. Рис. 11, а иллюстрирует возможности кодека DVB-T2 по использованию B-слайсов, позволяющих эффективно сокращать объем видеопотока (75% слайсов занимают 21% объема сжатого потока).

По сравнению с реализациями кодека в смартфонах, частое и регулярное использование I-слайсов в кодеках камер GOPRO приводит к увеличению их относительного объема и снижению эффективности сжатия (рис. 11, а и б). Такой режим, вероятно, был выбран разработчиками в связи с предназначением камер GOPRO для съемки высокодинамичных сюжетов. Также из рис. 11, а и б видно, что во многих аппаратных реализациях кодека H.264 для массового сегмента мобильных устройств слайсы B-типа не используются.

Методика визуализации структур, формируемых кодеками, разработанная на основе предложенного в [8] подхода, позволяет проводить оптимизацию параметров кодирования в кодеках, разрешающих ручное управление параметрами, например, изменение частоты использования ключевых слайсов, включение/исключение элементов SOC, управление числовыми параметрами компонентов кодека, изменение параметров квантования, управление типом энтропийного сжатия, типом и величиной битрейта и т.д.

С точки зрения экологичности вещания, которая, по мнению автора публикаций [1, 2], связана с появлением в шумах компрессии периодических компонентов, частота повторения которых может совпадать с частотами ритмов головного мозга человека, необходимо отметить, что ряд реализаций кодеков для мобильных устройств имеет постоянный период повторения I-слайса (каждые 15 кадров или 30 кадров), что соответствует частоте структурных мерцаний около 2 Гц или 1 Гц соответственно. В аппаратном кодеке Electra с его расширенными возможностями по анализу межкадровых изменений ключевой слайс не формируется периодически, но при этом периодичность слайсов, в которых доля ключевых макроблоков составляет более 50%, равна 4, что соответствует частоте структурных мерцаний около 6 Гц. Похожая ситуация складывается и с телевизионным кодеком для наземного DVB-T2 вещания. С учетом чересстрочной развертки частота структурных мерцаний также оказывается близкой к 6 Гц. Такие частоты, согласно исследованиям психофизиологов [17], близки к частотам собственных ритмов головного мозга человека, что делает предлагаемый инструментарий достаточно актуальным для ряда междисциплинарных исследований.

Развитие предложенной методологии визуализации структур, формируемых кодеками, позволяет провести оценку влияния доступных для изменения параметров кодирования, например, изменения частоты использования ключевых слайсов, управления числовыми параметрами компонентов кодека, изменения параметров квантования, управления типом энтропийного сжатия и т.д.

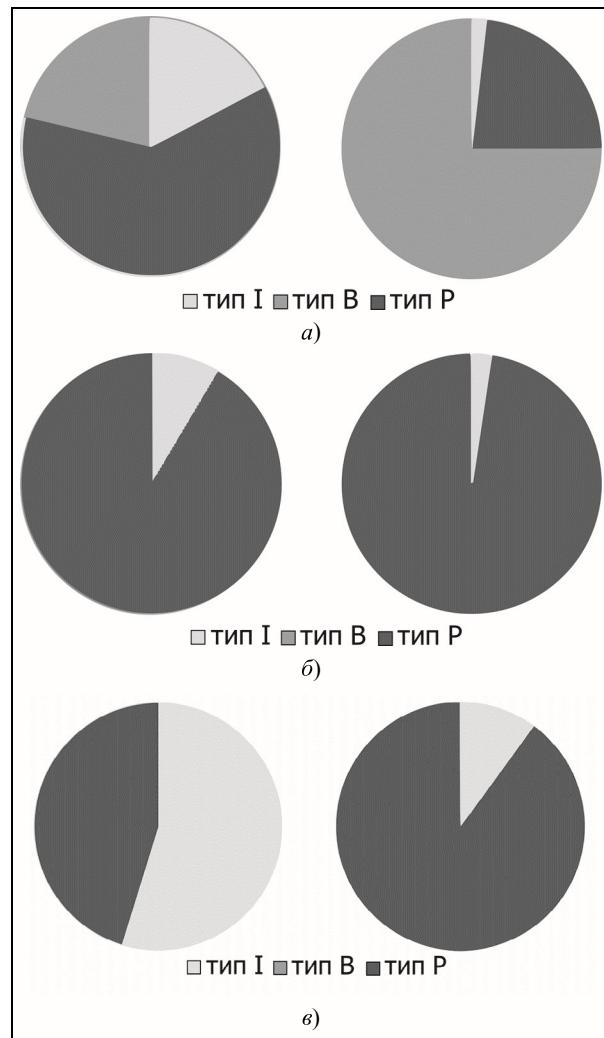


Рис. 11. Диаграмма распределения размера (слева) и числа (справа) слайсов в видеопотоке по их типам для телевизионного кодека, используемого в наземном DVB-T2 вещании (а), для кодека смартфона Sony на платформе Android (б), для кодека камеры GOPRO (в)

Fig. 11. Diagram of the distribution of the size (left) and the number (right) of slices in the video stream by type for the television codec used in terrestrial DVB-T2 broadcasting (a), for the Sony smartphone codec on the Android platform (b), for the GOPRO camera codec (c)

Заключение

Предложенный в статье подход к визуализации структуры видеопотока на основе временного анализа работы видеокодека позволяет представить в форме структурных блоков содержимое формируемого им битового потока, что дает возможность инструментальной оценки некоторых субъективных параметров, связанных с восприятием изображения, подвергшегося сжатию с потерями, а также возможность составления рекомендаций по выбору конфигурации и настройке кодека для конкретных задач.

В качестве примера в статье проанализирован ряд распространенных программных и аппаратных реализаций кодека семейства H.264 для оценки экологического риска, который будет определяться структурой и периодичностью шумов компрессии и параметрами GOP-структуры, от которых зависят характерные частоты возникающих периодических колебаний. Анализ показал, что кроме ограничений на использование вариантов реализации алгоритмов, определяемых типом профайла (Baseline, Main, Extended, High), каждый кодек имеет свои характерные, заданные разработчиком элементы SOC, влияющие на эффективность его работы.

В результате проверки с применением разработанных программных средств показана актуальность проблемы экологической безопасности видеоданных, связанной с появлением в шумах компрессии периодических компонентов на частотах, попадающих в диапазон частот ритмов мозга человека, особенно для кодеков, используемых в цифровом телевизионном вещании.

Полный набор функций сжатия данных, определенных стандартом, используют только программные реализации. Аппаратные кодеки используют, как правило, ограниченный набор типов макроблоков, типов предсказания и способов обхода, не выходя за требования уровня стандарта, но ограничивая себя в его рамках.

Литература

1. Цветков О.В. Методы и модели энтропийной оптимизации систем обработки, хранения и передачи видеоданных. Дис. докт. техн. наук. 05.13.01. СПб.: СПИИРАН. 2011. 294 с.
2. Цветков О.В. Энтропийный анализ данных в физике, биологии и технике. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2015. 202 с.
3. ITU-T Tutorial: Objective perceptual assessment of video quality: Full reference television. 2004.
4. ITU-T Rec. P.910: Subjective video quality assessment methods for multimedia applications. 2008.
5. Кулешов С.В. Гибридные кодеки и их применение в цифровых программируемых каналах передачи данных // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2012. Т. 10. № 5. С. 41–45.
6. Alexandrov V.V., Kuleshov S.V., Zaytseva A.A. Active Data in Digital Software Defined Systems Based on SEMS Structures / Ed. by A.E. Gorode茨kiy // Smart Electromechanical Systems: Studies in Systems, Decision and Control. 2016. V. 49. P. 61–69.
7. Кулешов С.В. Временной анализ активности видео потока // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2011. Т. 9. № 4. С. 48–51.
8. Кулешов С.В., Зайцева А.А. Временной анализ кодеков H.264 // Известия ВУЗов. Сер. Приборостроение. 2017. Т. 60. № 11. С. 1092–1095.
9. Wiegand T., Sullivan G., Bjontegaard G. and Luthra A. Overview of the H.264 // AVC Video Coding Standard. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology. 2003.
10. FFmpeg – A complete, cross-platform solution to record, convert and stream audio and video [Электронный ресурс]. URL = <http://ffmpeg.org/> (дата обращения 10.06.2016).
11. Libav – Open source audio and video processing tools [Электронный ресурс]. URL = <http://libav.org/> (дата обращения 10.06.2016).
12. Elecard StreamEye [Электронный ресурс]. URL = <http://www.elecard.com/ru/products/professional/analysis/streameye.html> (дата обращения 11.07.2016).
13. Калягин В.Л. Цифровое телевидение: учебное пособие для вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: СОЛООН-ПРЕСС. 2013. 448 с.
14. Iain E., Richardson G. H.264 and MPEG-4 Video Compression: Video Coding for Next-generation Multimedia. John Wiley & Sons, Ltd. 2003.
15. Schwarz H., Marpe D., Wiegand T. CABAC and slices // JVT document JVT-D020. Klagenfurt, Austria. July 2002.
16. ISO/IEC 14496-10 and ITU-T Rec. H.264. Advanced Video Coding. 2003.
17. Saadati M., Nelson J., Ayaz H. Convolutional neural network for hybrid fNIRS-EEG mental workload classification // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2020. V. 953. P. 221–232.

Поступила 18 июля 2019 г.

UDC 004.9

The approach to instrumental estimation of the digital compressed video data stream, formed with the video codecs

© Authors, 2019
© Radiotekhnika, 2019

S.V. Kuleshov – Dr.Sc.(Eng.), Main Research Scientist, Deputy Director for Research,
St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of RAS

E-mail: kuleshov@iias.spb.su

A.A. Zaytseva – Ph.D.(Eng.), Senior Research Scientist,
St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of RAS
E-mail: cher@iias.spb.su

Abstract

When evaluating and comparing video compression tools by objective or subjective criteria, there is basically no assessment of codecs in terms of human perception, as well as environmental friendliness of video information. The main problem in measuring subjective parameters is the lack of tools that can be used to evaluate parameters such as the amount of environmental risk. The level of compression noise and the parameters of the GOP structure, on which the characteristic frequencies of the occurring periodic oscillations depend, will determine this risk.

The paper proposes an approach to the instrumental assessment of the digital stream of compressed video data generated by video codecs in order to instrumental measure the subjective characteristics of their work and assess the environmental friendliness of various codecs.

The proposed approach to visualizing the structure of a video stream based on a temporary analysis of the video codec's operation allows the content of the bit stream to be presented in the form of structural blocks and provides an instrumental assessment of subjective parameters related to the perception of an image subjected to loss compression. Because of checking the codecs using the developed software, the urgency of the problem of environmental safety of video data related to the appearance in the noise of compression of periodic components at frequencies falling into the frequency range of the rhythms of the human brain is shown.

The full set of data compression functions defined by the standard are used only by software implementations. Hardware codecs use, as a rule, a limited set of macroblock types, prediction types and bypass methods, without going beyond the requirements of the standard level, but limiting themselves within it.

The developed toolkit allows you to evaluate the environmental friendliness of various codecs, as well as give recommendations on choosing a configuration and setting up codecs for specific tasks. The development of the proposed methodology for visualizing the structures formed by the codecs allows us to assess the impact of the encoding parameters available for changing, for example, changing the frequency of use of key slices, managing the numerical parameters of the components of the codec, changing the quantization parameters, controlling the type of entropy compression, etc.

Keywords

Video, codec, coding, decoding, slice, frame.

This work was partially supported by budget topic № 0073-2019-0005.

DOI: 10.18127/j20700814-201905-04

References

1. Tsvetkov O.V. Metody i modeli entropiinoi optimizatsii sistem obrabotki, khraneniya i peredachi videodannykh. Dis. ... dokt. tekhn. nauk. 05.13.01. SPb.: SPIIRAN. 2011. 294 s. (In Russian).
2. Tsvetkov O.V. Entropiyny analiz dannykh v fizike, biologii i tekhnike. SPb.: Izd-vo SPbGETU «LETI». 2015. 202 s. (In Russian).
3. ITU-T Tutorial: Objective perceptual assessment of video quality: Full reference television. 2004.
4. ITU-T Rec. P.910: Subjective video quality assessment methods for multimedia applications. 2008.
5. Kuleshov S.V. Gibridnye kodeki i ikh primenenie v tsifrovyykh programmiruemых kanalakh peredachi dannykh. Informatsionno-izmeritelnye i upravlyayushchie sistemy. 2012. T. 10. № 5. S. 41–45. (In Russian).
6. Alexandrov V.V., Kuleshov S.V., Zaytseva A.A. Active Data in Digital Software Defined Systems Based on SEMS Structures. Ed. by A.E. Gorodetskiy. Smart Electromechanical Systems: Studies in Systems, Decision and Control. 2016. V. 49. P. 61–69.
7. Kuleshov S.V. Vremennoi analiz aktivnosti video potoka. Informatsionno-izmeritelnye i upravlyayushchie sistemy. 2011. T. 9. № 4. S. 48–51. (In Russian).
8. Kuleshov S.V., Zaytseva A.A. Vremennoi analiz kodekov H.264. Izvestiya VUZov. Ser. Priborostroenie. 2017. T. 60. № 11. S. 1092–1095. (In Russian).
9. Wiegand T., Sullivan G., Bjontegaard G. and Luthra A. Overview of the H.264. AVC Video Coding Standard. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology. 2003.
10. FFmpeg – A complete, cross-platform solution to record, convert and stream audio and video [Elektronnyi resurs]. URL = <http://ffmpeg.org/> (data obrashcheniya 10.06.2016).
11. Libav – Open source audio and video processing tools [Elektronnyi resurs]. URL = <http://libav.org/> (data obrashcheniya 10.06.2016).
12. Elecard StreamEye [Elektronnyi resurs]. URL = <http://www.elecard.com/ru/products/professional/analysis/streameye.html> (data obrashcheniya 11.07.2016).
13. Karyakin V.L. Tsifrovoe televidenie: uchebnoe posobie dlya vuzov. Izd. 2-e, pererab. i dop. M.: SOLON-PRESS. 2013. 448 s. (In Russian).
14. Iain E., Richardson G. H.264 and MPEG-4 Video Compression: Video Coding for Next-generation Multimedia. John Wiley & Sons, Ltd. 2003.
15. Schwarz H., Marpe D., Wiegand T. CABAC and slices. JVT document JVT-D020. Klagenfurt, Austria. July 2002.
16. ISO/IEC 14496-10 and ITU-T Rec. H.264. Advanced Video Coding. 2003.
17. Saadati M., Nelson J., Ayaz H. Convolutional neural network for hybrid fNIRS-EEG mental workload classification. Advances in Intelligent Systems and Computing. 2020. V. 953. P. 221–232.