

# JPEG XS – новый алгоритм mezzanine-компрессии

Александр Серов

**Ч**то такое mezzanine? Словарь Вебстера определяет его как промежуточный этап между двумя основными этапами. Таким образом, кодек mezzanine можно в первом приближении считать промежуточным кодеком. Промежуточный между чем и чем? Между сигналом для обработки и сигналом для вещания, поскольку кодек mezzanine – это прежде всего кодек для обработки контента на стадии его подготовки к вещанию, то есть для всех операций с аудиовизуальным материалом, которые выполняются внутри телекомпании.

Основные требования для такого кодека:

- ♦ поддержка разрядности минимум 10 бит;
- ♦ цветовые схемы 4:2:0/4:2:2/4:4:4;
- ♦ внутрикадровое кодирование для обеспечения минимальной задержки;
- ♦ невысокая степень компрессии;
- ♦ минимальная деградация при рекомпрессии;
- ♦ поддержка форматов высокого разрешения.

К текущему моменту создано несколько вариантов mezzanine-кодексов, самым распространенным из которых является JPEG2000, разработанный Evertz. В последние годы получил распространение NDI от Newtek. Два других кодека этого класса – TICO от IntoPix и LLVC от Sony – распространены меньше.

Зачем же понадобился еще один кодек? Во-первых, все упомянутые кодеки являются фирменными – принадлежат разработавшим их компаниям. Во-вторых, они не полностью удовлетворяют современным требованиям.

К таким требованиям, например, относится низкая сложность алгоритмов компрессии, а также их высокое быстродействие, что позволило бы реализовать алгоритм на процессорах различного типа: ПЛИС, специализированных ИС, процессорах общего назначения разных архитектур (Intel, ARM), графических ускорителях. При этом алгоритм должен быть адаптирован для параллельных вычислений с использованием многоядерных процессоров.

Еще одно требование, которому не в полной мере отвечают имеющиеся

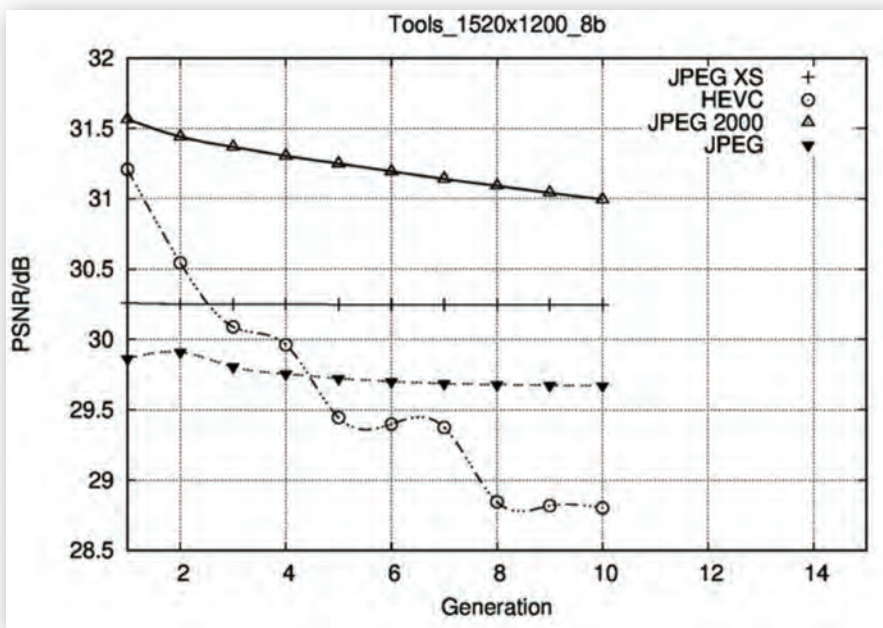


Рис. Деградация качества при последовательном перекодировании

кодеки, – это малая деградация при последовательной рекомпрессии. Журнал IEEE Broadcast Technology №1/2019 приводит интересные данные оценки деградации для JPEG2000, HEVC и нового JPEG XS, рассматриваемого в этой статье (см. рис).

По оси X отложено количество перекодирований (generation), по оси Y – значения метрики PSNR, выраженное в децибелах. PSNR – это пиковое отношение

сигнал/шум. К сожалению, на данном рисунке не представлены исследования TICO, NDI и LLVC.

Видно, что HEVC не может выполнять функции mezzanine-кодека из-за значительной деградации от перекомпрессии. JPEG2000 выглядит намного лучше, показывая деградацию на 0,5 дБ за 10 перекомпрессий. Надо сказать, это очень хороший результат. Некоторые авторы указывают, что деградация для TICO

## Возможности интерфейсов в зависимости от формата изображения и степени сжатия (по материалам IEEE BTS и JPEG)

Формат и скорость потока	Число потоков × степень сжатия					
	12G-SDI	3G-SDI	HD-SDI	40 GbE	10 GbE	1GbE
HD 2K 60p 4:2:2 10 бит 2,7 Гбит/с	1×1:1	1×1:1	1×2:1 2×4:1	14×1:1	3×1:1	1×3:1 2×6:1
HD 2K 60p 4:4:4 12 бит 4,8 Гбит/с	1×1:1	1×2:1 2×4:1	1×3,5:1	7×1:1	2×1:1	1×6,1:1
UHD 4K 60p 4:2:2 10 бит 10,8 Гбит/с	1×1:1	1×4:1	1×8:1	3×1:1	1×1:1 3× 4:1	1×12:1
UHD 4K 60p 4:4:4 12 бит 19 Гбит/с	1×2:1 2×4:1	1×7:1	–	2×1:1	1×2:1 2×4:1	–
UHD 8K 120p 4:2:2 10 бит 85 Гбит/с	1×8:1	–	–	1×2,5:1 2×5:1	1× 10:1	–

Примечание. Степень сжатия 1:1 – без компрессии. «–» – интерфейс неприменим

составляет еще меньше – 0,1 дБ на 10 перекомпрессий. Как видно, новый алгоритм JPEG XS не показывает никакой деградации вообще.

В требованиях к кодекам mezzanine указывается на необходимость небольшой степени компрессии. Однако, какой именно степени? Это должно определяться, с одной стороны, форматом видеоизображения, а с другой – пропускной способностью внутростудийных интерфейсов. Информация о возможностях использования разных форматов изображения с разными интерфейсами приведена в таблице.

Из таблицы видно, что компрессии 12:1 достаточно, чтобы передать видеоизображение какого-либо формата хотя бы по одному из основных интерфейсов, а компрессии 6:1 – для того, чтобы передавать этот сигнал через наиболее распространенные типы высокоскоростных интерфейсов.

Перейдем теперь к основным требованиям и целевым показателям, которые были выбраны для нового кодека JPEG XS. XS в названии кодека – это аббревиатура от eXtra Speed. То есть подразумевается, что работа кодека будет очень быстрой. Также эту аббревиатуру можно расшифровать как eXtra Small – очень маленький, не требующий существенных ресурсов.

Есть ряд основных особенностей, которые заявляет группа JPEG для своего кодека. Во-первых, это компрессирование визуально без потерь. Например, переключение между компрессированным и некомпрессированным видеоизображением будет незаметно. Типичная степень компрессии составляет 10:1 для цветовых схем 4:4:4 и 4:2:2. Разрядность квантования – до 12 бит, но может быть и больше в зависимости от того, какое изображение обрабатывается.

Вторая особенность – отсутствие деградации изображения: до 10 циклов декодирования-кодирования (как показано на рисунке выше).

Далее, планируется многоплатформенная совместимость, поскольку задачи, для решения которых создается JPEG XS, требуют реализации алгоритма для работы в реальном масштабе времени на различных платформах (как указывалось выше). Каждая из этих платформ используется наилучшим образом, когда специфический для платформы способ обеспечения параллельных вычислений уже имплементирован в коде алгоритма (для

CPU и FPGA эффективными являются разные способы). Важно, что многопоточное декодирование видеoinформации JPEG XS не должно зависеть от способа, который использовался при многопоточном кодировании. При обеспечении такой совместимости не должны приноситься в жертву ни низкая сложность, ни высокая скорость работы кодера и декодера.

Четвертая особенность заключается в малой сложности реализации как для программных, так и для аппаратных приложений. Разработчики JPEG XS предполагают, что этот алгоритм со временем позволит полностью отказаться от некомпрессированных сигналов. Например, процессор уровня i7 Intel легко справится с компрессией видео формата UHD 19 Гбит/с. При реализации на FPGA для такого UHD потребуется около 50% мощности DSP уровня Artix7 и 25% – уровня Cyclon5.

И, наконец, предполагается, что алгоритм будет использоваться для приложений, где требуется высокая скорость взаимодействия человека и изображения. Примером могут служить системы виртуальной реальности. Предварительно считается, что задержка будет настраиваемой, не превышающей длительности нескольких линий развертки.

Спецификация JPEG XS пока состоит из трех частей. Часть первая – ISO/IEC 21122-1 – относится к ядру системы кодирования. В этой части объясняются ключевые алгоритмические решения и описывается порядок создания и декодирования потока MPEG XS. Для создания потока используются алгоритмы компрессии типа Wavelet (DWT) и энтропийное кодирование.

Вторая часть – ISO/IEC 21122-2 – описывает профили и модели буфера. Напомню, что профилями кодека называются наборы предварительных настроек для разных типов приложений. В настоящее время предусмотрена реализация четырех профилей.

Основной (Main) профиль применяется по умолчанию, предусматривает одно преобразование DWT, предназначен для работы с обычным контентом (телевизионным и кинематографическим) и графикой, а сфера его применения – это профессиональное видеопроизводство и буферизация.

Упрощенный профиль Light чуть менее сложен, но и чуть менее эффективен, хотя тоже содержит одно преобразование DWT. Его использование

ограничено обычным контентом в таких сферах, как вещание и промышленные камеры.

Еще более упрощенный Light-subline требует меньшего объема буфера, обладает еще более низкой эффективностью, чем обычный Light, преобразование DWT не применяется. Этот профиль планируется использовать для обычного контента там, где требуется экономичное решение.

Ну а профиль High (высокий) – это уже два преобразования DWT, а в остальном он аналогичен профилю Main, но обеспечивает по сравнению с ним более высокое качество обработки.

Следует обратить внимание на использование основного профиля JPEG XS для буферизации. Предполагается, что JPEG XS будет использоваться в устройствах, где можно получить выигрыш от сжатия буферизуемой видеoinформации. Дело в том, что стоимость микросхем памяти довольно высока, и при реализации форматов UHD это становится весьма ощутимым. Поэтому можно сэкономить на объеме памяти (и на электроэнергии!), сжав буферизуемую информацию.

Ну и третья часть спецификации – ISO/IEC 21122-2 – определяет транспорт и контейнеры, которые могут использоваться с JPEG XS. Предполагается использование собственного файлового формата .jxs, а также «классики»: .mp4, MPEG TS, RTP.

Отдельной строкой хотелось бы выделить возможность использования JPEG XS с системой SMPTE 2110, предназначенной для перевода студийного производства на IP.

В будущем будут изданы четвертая и пятая части спецификации, посвященные тестированию соответствия и предоставляющие референсное программное обеспечение. В настоящий момент разработка стандартов находится в финальной стадии. Первая часть опубликована на сайте ISO в мае 2019 года.

Таким образом, JPEG XS разработан для специфического применения в приложениях, где требуется малая задержка и низкая сложность реализации. Также он позволяет экономить аппаратные ресурсы (буферы, полосу пропускания внутростудийных каналов и т.п.). Возможно, в будущем кодек будет использоваться в вещании, но пока речь об этом не идет – он занимает свое собственное важное место в категории mezzanine. 