

Сравнения кодеков стандарта MPEG-4 AVC/H.264 с использованием объективных метрик

Дмитрий Ватолин, Александр Паршин

Лаборатория Компьютерной Графики и Мультимедиа, каф. АСВК, ВМиК, МГУ, Москва, Россия
{dmitriy, aparshin}@graphics.cs.msu.ru

Аннотация

Появление новых областей использования цифрового видео стимулирует разработку и развитие новых стандартов сжатия видео. Последний из них – MPEG-4 AVC/H.264 – был разработан с целью уменьшить битрейт для передачи видео на 50% относительно предыдущего стандарта MPEG-4 ASP при сохранении того же качества. В этой статье описаны методология и результаты проведённого авторами масштабного сравнения видеокодеков нового стандарта. Использование новых методик визуализации и анализа полученных данных позволило на новом уровне проанализировать сложившуюся среди кодеков ситуацию.

Ключевые слова: MPEG-4 AVC, H.264, тестирование видеокодеков, PSNR, SSIM, VQM.

1. ВВЕДЕНИЕ

В последнее время индустрия цифрового видео развивается крайне активно. Для эффективной передачи и хранения видеоконтента необходимо эффективно сжимать видео. Самый последний из стандартов на сжатие видео MPEG-4 AVC/H.264 [1] был принят совсем недавно – в середине 2003 года. Изначально этот стандарт разрабатывался с расчетом на уменьшение на 50% размера сжатой последовательности по сравнению с его предшественником MPEG-4 ASP при одинаковом качестве, и в нём заложено множество возможностей для улучшения качества сжатия. Однако весьма важно не только потенциальная возможность для улучшения результатов работы, но и существование эффективных реализаций стандарта, продуктивно использующих большинство его возможностей и демонстрирующих действительно достойные результаты. Как показывает практика, проходит некоторое время между принятием нового стандарта и появлением эффективных видеокодеков этого стандарта.

Задача оценки качества работы видеокодека достаточно сложна. С одной стороны, необходимо оценивать вносимые кодеком искажения, для чего требуется с достаточной степенью точности моделировать восприятие искажений человеком. Это задача решается уже много времени, но лишь недавно были получены приемлемые результаты [7][8]. С другой стороны, при сравнении видеокодеков следует учитывать все те ограничения, которые накладываются на них конкретная область использования. В зависимости от условий, в которых планируется использовать кодек, на алгоритм кодирования могут быть наложены множество порой довольно жёстких ограничений.

На данный момент все проводимые тестирования кодеков можно разделить на субъективные и объективные тестирования. Первые непосредственно используют людей

для оценки качества закодированного видеоконтента [3]. Этим решается проблема адекватности замеров качества, но порождает сложности в процессе организации самого тестирования. Дело в том, что для проведения корректного тестирования необходимо привлечение довольно большого количества экспертов, что сильно ограничивает масштабы тестирования (размер тестового набора, количество кодеков и т.д.). Объективные тестирования позволяют автоматизировать замеры, однако вынуждены использовать различные приближения методов восприятия человеком вносимых искажений.

Доступные на данный момент в Интернете тестирования [4][5] нельзя отнести ни к одному, ни к другому классу. Как правило, они выражают всего лишь личное мнение автора, что не позволяет выполнить верификацию результатов, возможность которой является неотъемлемым условием как объективных, так и субъективных тестирований.

Объективные сравнения часто обвиняют в неадекватных результатах, никак не отражающих реальной ситуации из-за недостаточного тестового набора и довольно примитивных методов замеров качества. Мы стараемся рассеять это мнение, проведя уже несколько объективных сравнений современных кодеков стандартов MPEG-4 ASP и MPEG-4 AVC/H.264 [9][10][11]. В последнем сравнении из этой серии мы использовали как новые метрики для оценки качества закодированных последовательностей, так и новые методы для анализа полученных данных. Объём проведённого тестирования позволяет говорить о достаточно подробном анализе протестированных кодеков.

2. МЕТОДИКА ТЕСТИРОВАНИЯ

2.1 Настройки кодеков

В нашем тестировании использовались семь кодеков стандарта MPEG-4 AVC/H.264 и один кодек стандарта MPEG-4 ASP для сравнения с предыдущим стандартом. В качестве этого кодека был выбран кодек DivX 6.0, который является одним из лидеров своего стандарта по качеству кодирования. Среди кодеков стандарта MPEG-4 AVC/H.264 были протестированы кодеки ArcSoft H.264, Atome H.264, ATI H.264, Elecard H.264, Fraunhofer IIS H.264, x264. Последний из них является проектом с открытыми исходными текстами, все остальные кодеки были предоставлены компаниями специально для тестирования.

Как правило, современные кодеки имеют довольно много параметров. Выбор их значений для получения оптимальных результатов является весьма сложной задачей, которую надо решить для каждого кодека в отдельности. Поэтому мы просили выбрать оптимальные параметры самих разработчиков кодеков. Единственным исключением стал кодек DivX 6.0. С разработчиками этого кодека нам связаться

не удалось, поэтому были использованы реализованные в кодеке стандартные наборы параметров.

Мы накладывали два ограничения для повышения корректности сравнения кодеков. Первое – это однопроходный режим работы кодека. Основная причина этого ограничения – уравнивание кодеков для более эффективного анализа их результатов. Однопроходный и двухпроходный режимы различаются слишком сильно как по полученным результатам, так и по сфере применения, чтобы объединять их в одном сравнении. Второе ограничение – это использование только “Main Profile” стандарта. Это ограничение было вызвано тем, что значительная часть кодеков ещё не реализовала “High Profile”, а сравнение разных профилей стандарта между собой не очень обосновано.

2.2 Тестовые последовательности

Мы использовали довольно большой набор последовательностей, чтобы исследовать работу кодеков в разных ситуациях. Всего нами использовалось семь последовательностей, которые перечислены в Таблице 1. Первые три из них (Foreman, Susi и BBC) являются стандартными последовательностями в прогрессивном формате, довольно часто используемыми для тестирования видеокодеков. Следующие две (Battle и Matrix) – представителями фильмов с DVD, сжатыми в формате MPEG-2 с чересстрочной развёрткой. Для их преобразования в прогрессивный формат использовались простые алгоритмы, аналогичные встроенным в устройства потребительского уровня. Эти последовательности должны были показать поведение кодеков при пережатии фильмов с DVD (большинство обычных пользователей именно для этого используют современные кодеки). Последовательность “Simpsons” представляет собой классический пример мультипликационного фильма. Мультфильмы довольно сильно отличаются от естественного видео по своим характеристикам, что в идеале требует от кодека некоторой модификации алгоритмов обработки видеопотока. Последняя последовательность “Concert” является отрывком из HDTV трансляции. И хотя фильмы с таким разрешением пока не очень распространены среди рядовых пользователей, в ближайшем будущем будет доминировать видео именно этого формата.

Таблица 1. Тестовый набор последовательностей

Последовательность	Число кадров	Частота кадров	Разрешение
Foreman	300	30	352x288
Susi	374	25	704x576
BBC	374	25	704x576
Battle	1599	24	704x288
Matrix	239	25	720x416
Simpsons	365	24	720x480
Concert	390	25	1664x1088

Все последовательности были преобразованы в формат YV12 (YUV 4:2:0). Все тестируемые кодеки могли работать с файлами в этом формате. В стандарте используется именно это цветовое пространство, так что кодекам не надо было

преобразовывать последовательность перед началом обработки.

2.3 Метрики

Для вычисления объективных метрик качества видео мы использовали консольную версию программы “MSU Video Quality Measurement Tool” [14]. Кроме замеров общепринятой метрики PSNR по различным цветовым компонентам, эта программа позволила нам измерить и более современные метрики, такие как VQM [7] и SSIM [8]. Более того, проводились замеры разрабатываемых в нашей лаборатории метрик эффектов «блочности» и «размытия». Эти метрики позволяют понять, какого характера артефакты доминируют при работе кодека, и насколько активно используются механизмы подавления эффекта блочности при декодировании.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕСТИРОВАНИЯ

3.1 Методы получения усреднённых результатов

Основное достоинство объективного тестирования – это возможность получить достаточно быстро большой объём данных без значительных затрат ресурсов. Однако в этом случае возникает проблема эффективного анализа полученных результатов. Она может быть решена при помощи удачного использования как двух так и трёхмерных графиков и соответствующей предобработки результатов. При проведении последнего из наших тестирований нами было построено 3796 различных графиков, которые, на наш взгляд, достаточно объективно отражают реальную ситуацию среди протестированных кодеков.

Основными графиками в нашем сравнении были графики битрейт/PSNR, усреднённые по всем кадрам последовательности (метрику PSNR замерялась отдельно по трём плоскостям цветового пространства YUV). Получали мы эти графики следующим образом. Каждый кодек запускался 10 раз каждый раз с разными битрейтами. Значения битрейтов мы выбирали таким образом, чтобы покрыть как очень низкие, так и достаточно высокие битрейты: 100, 225, 340, 460, 700, 938, 1140, 1340, 1840 и 2340 Кбит/сек. После этого для каждого фильма мы считали средние значения метрики по всем кадрам (при этом для метрики PSNR мы усредняли значение квадратичного отклонения по всем кадрам, для остальных метрик усредняли просто значения метрики). Так же считался реальный битрейт для получившегося после кодирования файлов. Таким образом, для каждого закодированного файла мы получали точку в координатах (Битрейт, Метрика). Для выбранного кодека и фильма получалось десять точек, соответствующие десяти различным битрейтам. Эти значения могут быть использованы для аппроксимации RD (Rate - Distortion) кривой кодека для данного фильма.

Однако обилие полученных данных затрудняет анализ ситуации в целом по тестовому набору. Для решения этой проблемы мы использовали следующую методику усреднения.

Рассмотрим два кодека на одной из последовательностей. Для каждого из них мы использовали линейную интерполяцию вычисленных значений для получения RD-кривой. При этом мы рассматривали только интервал, ограниченный

вычисленными значениями, так как вне этого интервала линейная экстраполяция имеет слишком большую погрешность. После этого для любого фиксированного значения метрики, попадающего внутрь интервалов обоих кодеков, можно вычислить отношение битрейтов этих кодеков $D_{1,2}=R_1/R_2$. Заметим, что если мы поменяем кодеки местами, то значение отношения битрейтов $D_{2,1}$ будет обратно к $D_{1,2}$. Это свойство довольно важно, так как оно характеризует симметричность величины $D_{1,2}$ относительно выбранных кодеков.

Следующим шагом является усреднение значения отношения битрейтов при одинаковом значении качества в нескольких точках. Однако для этого следует использовать не среднее арифметическое, а среднее геометрическое, так как только второй способ усреднения сохраняет симметричность наших вычислений относительно кодеков. Среднее значение на интервале $[a,b]$ можно вычислить следующим образом:

$$D_{1,2}^{[a,b]} = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\prod_{i=0}^n \frac{R_1\left(a + \frac{i}{n}(b-a)\right)}{R_2\left(a + \frac{i}{n}(b-a)\right)} \right)^{1/n}$$

Преобразуем это выражение следующим образом:

$$D_{1,2}^{[a,b]} = \exp \left\{ \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n \ln \left(\frac{R_1\left(a + \frac{i}{n}(b-a)\right)}{R_2\left(a + \frac{i}{n}(b-a)\right)} \right) \right\} = \exp \left\{ \frac{1}{b-a} \int_a^b \ln \left(\frac{R_1(x)}{R_2(x)} \right) dx \right\}$$

Функции R_i в нашем случае являются кусочно-линейными, поэтому интеграл в последнем выражении может быть вычислен аналитически, так как

$$\int_a^b \ln \left(\frac{A_1x + B_1}{A_2x + B_2} \right) dx = \frac{B_1}{A_1} \ln \left(\frac{A_1a + B_1}{A_1b + B_1} \right) + \frac{B_2}{A_2} \ln \left(\frac{A_2b + B_2}{A_2a + B_2} \right) + a \cdot \ln \left(\frac{A_1a + B_1}{A_2a + B_2} \right) + b \cdot \ln \left(\frac{A_2b + B_2}{A_1b + B_1} \right)$$

Описанный метод позволяет получить для интервала определения функций $R_1(x)$ и $R_2(x)$ среднее значение отношения битрейтов данных кодеков $D_{1,2}^{[a,b]}$. Причём, если кодеки поменять местами, получится величина, обратная к $D_{1,2}^{[a,b]}$, т.е.

$$D_{1,2}^{[a,b]} \cdot D_{2,1}^{[a,b]} = 1$$

Далее, для выбранной последовательности мы можем построить таблицу M , характеризующую усреднённые результаты кодеков на данной последовательности. Столбцы и строки соответствуют кодам, а в ячейках находятся отношение битрейта кода для данной строки к битрейту кода из данного столбца. При этом $M_{i,j} \cdot M_{j,i} = 1$, в частности, на главной диагонали располагаются единицы. Таблица 2 является примером таких построений для последовательности Susi. Значения в столбце выбранного

кодека показывают отношение его битрейта к битрейтам всех остальных кодеков. То есть, чем больше значения для данного кода в его столбце, тем хуже он работает по отношению к другим кодам. В соответствующей строке этой таблицы располагаются обратные величины (отношения битрейтов других кодеков к битрейту данного). Аналогичные таблицы для остальных последовательностей из нашего тестового набора можно найти в Приложении.

Таблица 2. Среднее отношение битрейтов кодеков на последовательности Susi

	DivX	x264	ArcSoft	VSS	Elecard	Ateme	Fraunh.
DivX	1	0.868	1.38	1.168	0.992	0.758	1.12
x264	1.152	1	1.617	1.296	1.163	0.928	1.394
ArcSoft	0.724	0.618	1	0.793	0.727	0.614	0.891
VSS	0.856	0.771	1.261	1	0.909	0.729	1.098
Elecard	1.008	0.86	1.375	1.101	1	0.831	1.226
Ateme	1.319	1.077	1.63	1.371	1.204	1	1.465
Fraunh.	0.893	0.717	1.122	0.911	0.816	0.683	1

Ниже мы привели соответствующие цифры для кодеков DivX и x264 для всех последовательностей. Последний кодек был выбран нами как один из лидеров стандарта H.264. Последовательность “Concert” кодек DivX не смог закодировать, так что данных на этой последовательности собрать не удалось.

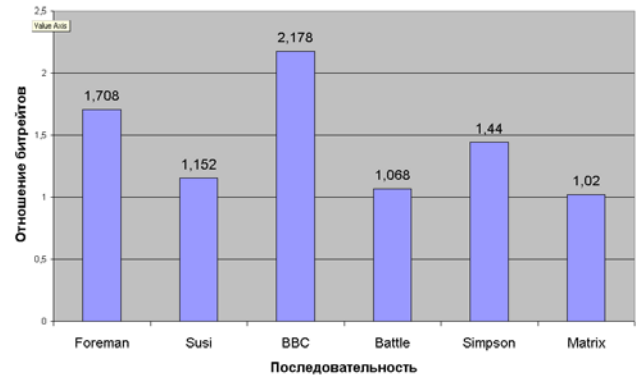


Рис. 1. Усреднённые отношения битрейтов кода DivX 6.0 и x264 для всех последовательностей.

Как видно из этого графика, преимущество кода x264 над кодом DivX очень сильно зависит от последовательности – на BBC x264 сжимает в 2 раза лучше, чем DivX, а на Matrix и Battle – почти с таким же качеством. Однако из этих результатов всё же нельзя сказать, что кодек x264 стабильно работает лучше, чем кодек DivX.

3.2 Метод визуализации поккадровых значений метрик

Кроме значения метрик в среднем по последовательности, мы замеряли и поккадровые значения метрик. Основная задача

анализа качества отдельных кадров – выявить особенности работы кодека на отдельных частях последовательностей. Однако для эффективного анализа мы использовали специальный метод визуализации этих данных. Ось абсцисс соответствует временной оси видео последовательности (отдельным кадрам), по оси ординат отложены битрейты, с которыми кодировалась видео последовательность. Значение метрики на данном кадре визуализируется при помощи цвета – красный цвет соответствует худшему качеству, синий – лучшему (см. Рис. 2). Такое представление информации позволяет проще выявлять такие особенности кодеков как снижение качества после смены сцены, стратегию использования ключевых кадров, ошибки алгоритмов управления битрейтом и т.д.

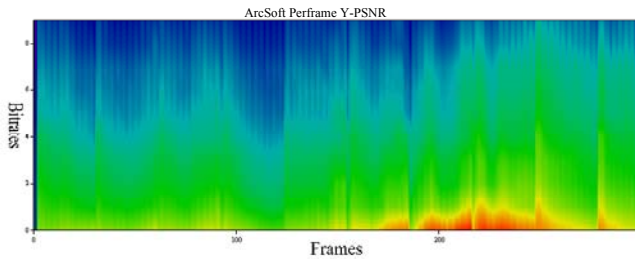


Рис. 2. Визуализация пок кадровых значений метрики. Кодек ArcSoft H.264, видеопоследовательность “Foreman CIF”.

3.3 Анализ выдерживания заданного битрейта

Часто бывает довольно критично то, насколько точно кодек выдерживает заявленный битрейт. Например, при сохранении на носитель это может вызвать проблему невозможности записи из-за слишком большого размера получившегося файла. Для отслеживания таких ситуаций мы использовали графики удержания битрейта. Эти графики строились следующим способом. На оси абсцисс откладывались десять точек, соответствующим десяти заданным битрейтам. По оси ординат откладывались отношение реально полученного после кодирования и заданного битрейтов. Таким образом, значения больше единицы соответствуют превышению заданного битрейта, значения меньше единицы – занижению. Пример такого графика показан на Рис. 3.

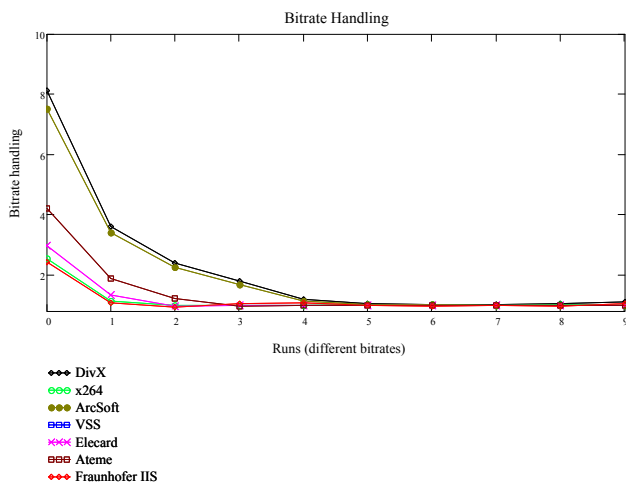


Рис. 3. График удержания битрейта. Последовательность “BBC”.

Для анализа ситуации в целом по тестовому набору мы решили отдельно рассмотреть ситуации, когда кодек занижает битрейт, и ситуации, в которых кодек его завышает. Например, занижение битрейта при сохранении фильма на носитель совершенно не критично, но может быть нежелательно при передаче по сетям с постоянной пропускной способностью.

Для каждого битрейта мы посчитали относительную погрешность данного кодека по формуле

$$\Delta R = \frac{|R_{REAL} - R_{TARGET}|}{R_{TARGET}}$$

где R_{REAL} – реальный битрейт кодека, R_{TARGET} – заданный битрейт. Далее отдельно усреднялись все относительные погрешности для точек, на которых кодек завышал битрейт и отдельно для тех точек, где битрейт был занижен. Полученные результаты приведены в Таблицах 3 и 4.

Таблица 3. Усреднённое относительное занижение битрейта, %.

	Foreman	Susi	BBC	Battle	Simpson	Matrix	Concert.
DivX	0	2.31	0	0.69	0	5.04	—
x264	0	4.61	0.24	0.28	0.24	17.19	4.30
ArcSoft	1.75	1.29	0.44	2.09	0.40	3.98	0.70
VSS	—	0.37	0.02	0.01	3.56	0.93	0
Elecard	2.70	3.53	1.42	1.91	1.17	9.60	2.07
Ateme	4.68	7.87	0.71	1.58	3.28	5.35	1.20
Fraunh.	2.35	11.55	2.05	2.89	5.81	16.23	3.00

Таблица 4. Усреднённое относительное завышение битрейта, %.

	Foreman	Susi	BBC	Battle	Simpson	Matrix	Concert
DivX	34.45	11.34	123.10	61.87	88.53	27.35	—
x264	4.24	0.33	16.63	0.62	5.29	0	18.6
ArcSoft	0	0.03	110.08	7.21	22.71	0	20.6
VSS	—	0.52	28.52	8.79	10.31	1.10	54.86
Elecard	0	0	23.03	9.03	13.92	3.14	196.94
Ateme	0	0	42.96	4.76	18.27	1.22	32.41
Fraunh.	2.87	0	16.78	0.08	0.70	0	11.93

Значения для кодека DivX на последовательности Concert и кодека VSS на последовательности Foreman отсутствуют, так как эти кодеки не смогли закодировать данные последовательности.

Как видно из этих таблиц, больше всего в среднем завышает битрейт кодек DivX. Это связано, прежде всего, с тем, что этот кодек не сжимает последовательности с битрейтом ниже 700 Кбит/сек. Судя по всему DivX вообще не был рассчитан на сжатие с такими низкими битрейтами. Меньше всех

завышали битрейт кодеки x264 и Fraunhofer IIS, однако они имеют явную тенденцию к занижению битрейта.

3.4 Замеры скорости работы кодеков

Очень часто при использовании кодеков бывает критично не только качество, с которым работает данный кодек, но и скорость его работы. Этот фактор особенно критичен в приложениях реального времени, например, при организации телемостов, дистанционного управления аппаратами и т.д. Поэтому при проведении тестирования мы измеряли также и время работы кодеков. Нами использовались компьютеры на базе процессора Pentium4 с частотой 2.8 ГГц и поддержкой технологии HyperTreading™. Для получения более надёжных результатов мы производили несколько запусков (от трёх до пяти) и в качестве результирующего времени работы кодека брали медиану полученных времён. Мы решили использовать именно медиану вместо усреднения значений, так как довольно часто можно было наблюдать однократные сильные замедления работы кодека при первом запуске, связанные, судя по всему, с кэшированием каких-то данных и, возможно, позиционированием головок жёстких дисков. В таких ситуациях использовании медианы даёт более адекватный результат.

Пример зависимости скорости от заданного битрейта для последовательности ВВС показан на Рис. 4.

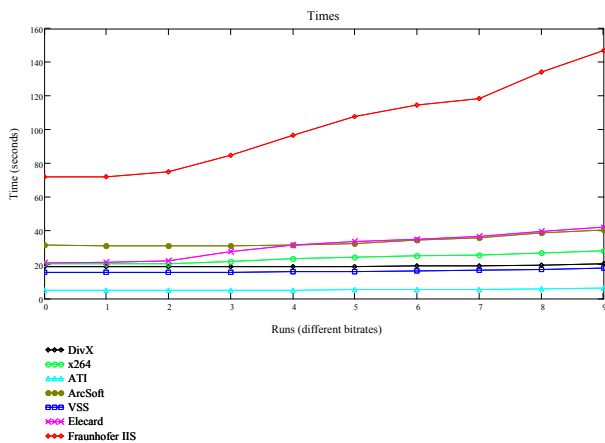


Рис. 4. График зависимости скорости работы кодека от заданного битрейта. Последовательность “ВВС”.

Для получения картины в целом по набору мы использовали нормировку времени работы кодека. В качестве времени кодирования последовательности для выбранного кодека использовалось среднее арифметическое времён кодирования по всем битрейтам. Для каждой из последовательностей выбирался кодек, кодирующий её максимальное время. Времена всех остальных кодеков делились на время выбранного кодека. Таким образом, для каждой из последовательностей времена работы кодеков линейно приводились к интервалу [0,1]. После этого значение времён кодека усреднялось по всем последовательностям. Эти операции можно записать в виде следующей формулы:

$$T_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{t_{i,j}}{\max_k(t_{i,k})},$$

где T_j – среднее нормализованное время кодека; N – количество последовательностей; $t_{i,j}$ – время кодирования j -ым кодеком i -ой последовательности. Полученные результаты представлены на Рис 5.

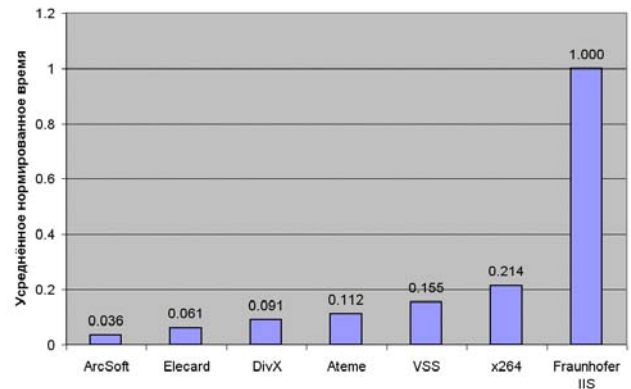


Рис. 5. Усреднённое нормированное время работы кодеков.

Из этого графика видно, что самым медленным из протестированных кодеков является кодек из института Fraunhofer IIS, а самым быстрым – кодек ArcSoft. При этом можно заметить, что кодек DivX вовсе не является лидером по скорости, а располагается где-то в середине списка кодеков. Это означает, что реализации стандарта MPEG-4 AVC/H.264 на данный момент уже не уступают по скорости кодам MPEG-4 ASP, а по качеству превосходят, порой достаточно сильно.

4. ВЫВОДЫ СРАВНЕНИЯ

Приведённое сравнение позволяет сделать определённые выводы относительно существующих реализаций стандарта MPEG-4 AVC/H.264. Прежде всего, проведённые исследования показали, что многие кодеки уже сейчас показывают результаты лучше, чем лидер стандарта MPEG-4 ASP кодек DivX 6.0. Учитывая, что новый стандарт принят совсем недавно, появление уже сегодня столь удачных реализаций выглядит весьма многообещающим. Однако всё ещё остаются ситуации, в которых кодеки двух стандартов показывают похожие результаты. Кодирование на низких битрейтах сейчас реализовано намного лучше в кодах стандарта MPEG-4 AVC/H.264, впрочем, это может быть связано со специализацией алгоритма управления битрейтом кодека DivX. По скорости кодеки нового стандарта уже не уступают, а зачастую и превосходят реализации предыдущего стандарта.

Таким образом, проведённое тестирование позволяет сделать вывод, что кодеки стандарта H.264 значительно улучшили свои характеристики за последнее время (смотрите, например [10]). Особенно чётко просматривается тенденция к ускорению работы кодеков и повышению уровня их надёжности. Однако, судя по полученным результатам, у стандарта ещё есть потенциал для улучшения результатов кодирования.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При проведении авторами объективного тестирования кодеков нового стандарта сжатия видео MPEG-4 AVC/H.264 были использованы новые методы, как визуализации, так и анализа данных. Использование графиков битрейт/PSNR, удержание битрейта и замеров скорости позволило с объективной точки зрения рассмотреть ситуацию среди современных кодеков. Новые методы усреднения результатов более адекватно отражают ситуацию на тестовом наборе в целом. Большой объём полученных данных в сочетании с их эффективной обработкой позволил авторам достаточно полно проанализировать ситуацию среди реализаций нового стандарта MPEG-4 AVC/H.264.

6. БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Thomas Wiegand, Gary J. Sullivan, Gisle Bjontegaard, and Ajay Luthra. *Overview of the H.264 / AVC Video Coding Standard*, IEEE CSVT, 2003.
- [2] Mohammed Ghanbari. *Standard Codecs: Image Compression to Advanced Video Coding*, IEE PUBLISHING, 2003.
- [3] International Telecommunication Union. *Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures (ITU-R BT.500-11)*, 2002.
- [4] Сравнение кодеков на сайте Doom9.org. <http://www.doom9.org/index.html?codecs-104-1.htm>, 2004.
- [5] Jason Cross. *Video Codec Shootout*. Сайт ExtremeTech. <http://www.extremetech.com/article2/0,1697,1544886,00.asp>
- [6] International Telecommunication Union. *Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures (ITU-R BT.500-11)*. 2002.
- [7] Feng Xiao. *DCT-based Video Quality Evaluation. Final Project for EE392J*. 2000.
- [8] Z. Wang, A. C. Bovik, H. R. Sheikh and E. P. Simoncelli. *Image Quality Assessment: From Error Visibility to Structural Similarity*. *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 13, no. 4. 2004.
- [9] Д. Ватолин, Д Куликов, А Паршин. *Сравнение MPEG-4 SP/ASP видеокодеков*. Сайт www.compression.ru. http://compression.ru/video/codec_comparison/mpeg-4.html, 2005.
- [10] Д. Ватолин, Д Куликов, А Паршин. *1-е сравнение MPEG-4 AVC/H.264 видеокодеков*. Сайт www.compression.ru. http://compression.ru/video/codec_comparison/mpeg-4_avc_h264.html, январь 2005.
- [11] Д. Ватолин, Д Куликов, А Паршин. *2-е сравнение MPEG-4 AVC/H.264 видеокодеков*. Сайт www.compression.ru. http://compression.ru/video/codec_comparison/mpeg-4_avc_h264_2005.html, декабрь 2005.
- [12] J. Ronda, M. Eckert, F. Jaureguizar, N. Garcia. *Rate Control and Bit Allocation for MPEG-4.*, IEEE CSVT, 1999.
- [13] S. Mitra, Z. He. *Optimum Bit Allocation and Accurate Rate Control for Video Coding via p-Domain Source Modeling*, IEEE CSVT, 2002.
- [14] Д. Ватолин, А. Москвин. *MSU Video Quality Measurement Tool*. Сайт www.compression.ru.

http://www.compression.ru/video/quality_measure/video_measurement_tool.html.

[15] Peter Lambert, Wesley De Neve, Philippe De Neve, Ingrid Moerman, Piet Demeester, Rik Van de Walle. *Rate-Distortion Performance of H.264/AVC Compared to State-of-the-Art Video Codecs*, IEEE CSVT, 2006.

7. ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 5. Среднее отношение битрейтов кодеков на последовательности Foreman

	DivX	x264	ArcSoft	VSS	Elecard	Ateme	Fraunh.
DivX	1	0.58	0.84	—	0.63	0.59	0.70
x264	1.70	1	1.44	—	1.08	1.01	1.20
ArcSoft	1.18	0.69	1	—	0.75	0.70	0.83
VSS	—	—	—	—	—	—	—
Elecard	1.59	0.92	1.33	—	1	0.93	1.10
Ateme	1.70	0.99	1.43	—	1.07	1	1.19
Fraunh.	1.42	0.83	1.20	—	0.90	0.84	1

Таблица 6. Среднее отношение битрейтов кодеков на последовательности BBC

	DivX	x264	ArcSoft	VSS	Elecard	Ateme	Fraunh.
DivX	1	0.46	1.15	0.53	0.54	0.45	0.56
x264	2.18	1	2.66	1.15	1.14	1.08	1.10
ArcSoft	0.87	0.38	1	0.43	0.43	0.42	0.42
VSS	1.87	0.87	2.32	1	1.01	0.90	0.99
Elecard	1.86	0.87	2.34	0.99	1	0.95	0.96
Ateme	2.20	0.93	2.38	1.12	1.06	1	1.02
Fraunh.	1.80	0.91	2.41	1.01	1.04	0.98	1

Таблица 7. Среднее отношение битрейтов кодеков на последовательности Battle

	DivX	x264	ArcSoft	VSS	Elecard	Ateme	Fraunh.
DivX	1	0.94	1.21	1.26	1	0.87	0.96
x264	1.07	1	1.37	1.30	1.12	0.99	1.01
ArcSoft	0.83	0.73	1	0.95	0.82	0.73	0.74
VSS	0.79	0.77	1.05	1	0.86	0.76	0.80
Elecard	1	0.89	1.21	1.17	1	0.88	0.91
Ateme	1.15	1.01	1.38	1.32	1.14	1	1.03
Fraunh.	1.04	0.99	1.35	1.26	1.1	0.97	1

Таблица 8. Среднее отношение битрейтов кодеков на последовательности Simson

	DivX	x264	ArcSoft	VSS	Elecard	Ateme	Fraunh.
DivX	1	0.70	1.23	0.84	0.79	0.75	0.91
x264	1.44	1	1.86	1.17	1.23	1.21	1.21
ArcSoft	0.81	0.540	1	0.61	0.67	0.67	0.67
VSS	1.19	0.86	1.65	1	1.02	1.02	1.11
Elecard	1.27	0.82	1.50	0.98	1	1.01	0.99
Ateme	1.33	0.83	1.48	0.98	0.99	1	1.02
Fraunh.	1.10	0.83	1.49	0.90	1.01	0.98	1

Таблица 9. Среднее отношение битрейтов кодеков на последовательности Matrix

	DivX	x264	ArcSoft	VSS	Elecard	Ateme	Fraunh.
DivX	1	0.98	1.26	1.24	1.11	0.87	1.08
x264	1.02	1	1.24	1.16	1.09	0.94	1.02
ArcSoft	0.79	0.81	1	0.92	0.86	0.75	0.81
VSS	0.81	0.86	1.09	1	0.94	0.79	0.89
Elecard	0.9	0.92	1.16	1.07	1	0.85	0.94
Ateme	1.15	1.07	1.34	1.26	1.17	1	1.08
Fraunh.	0.93	0.98	1.24	1.12	1.05	0.92	1

Таблица 10. Среднее отношение битрейтов кодеков на последовательности Concert

	DivX	x264	ArcSoft	VSS	Elecard	Ateme	Fraunh.
DivX	—	—	—	—	—	—	—
x264	—	1	1.28	0.98	1.43	1.06	1.13
ArcSoft	—	0.78	1	0.71	1.11	0.82	0.89
VSS	—	1.02	1.40	1	1.20	1.03	1.37
Elecard	—	0.70	0.89	0.83	1	0.74	0.80
Ateme	—	0.93	1.22	0.96	1.34	1	1.1
Fraunh.	—	0.88	1.12	0.72	1.24	0.91	1

Об авторах

Дмитрий Сергеевич Ватолин специалист в области сжатия изображений и видео с двенадцатилетним стажем. К.ф.-м.н., IEEE Member, старший научный сотрудник лаборатории компьютерной графики ВМиК МГУ, руководитель ВидеоГруппы. Автор книг "Методы сжатия изображений" (Д. Ватолин) и "Методы сжатия данных" (Д. Ватолин, А. Ратушняк, М. Смирнов, В. Юкин). Основатель серверов «Все о сжатии» <http://compression.ru/> и "Compression Links" <http://www.compression-links.info/>

Адрес: Москва, 119899, Воробьевы горы, МГУ, 2-й учебный корпус, факультет ВМиК, кафедра автоматизации систем вычислительных комплексов.

E-mail: dmitriy@graphics.cs.msu.ru

Александр Евгеньевич Паршин – аспирант факультета вычислительной математики и кибернетики Московского Государственного Университета им. М.В. Ломоносова

Адрес: Москва, 119899, Воробьевы горы, МГУ, 2-й учебный корпус, факультет ВМиК, кафедра автоматизации систем вычислительных комплексов.

E-mail: aparshin@graphics.cs.msu.ru

Comparison of MPEG-4-AVC/H.264 videocodecs using objective quality metrics

Abstract

New areas of digital video appearing stimulate development of new video compression standards. The latest standard, MPEG-4 AVC/H.264, has been developed for the purpose of target bitrate decreasing up to 50% without any quality degradation. The methodology and results of performed comparison are describing in this article. New visualization techniques and analysis methods of received results lead to new level of analysis of codecs performance.

Keywords: MPEG-4 AVC, H.264, video codec testing, PSNR, SSIM, VQM.

About the author(s)

Dmitriy Vatin is an expert in image, video and data compression with more than 12 years experience. Ph.D. in graphics compression, IEEE Member. Books: "Image compression algorithms" (D.Vatolin), "Data compression methods" (D.Vatolin, A.Ratushniak, M.Smirnov, V.Yukin). Senior researcher at the Laboratory of Computer Graphics and Multimedia at Moscow State University, Department of Computational Mathematics and Cybernetics. Head of VideoGroup. Founder of "The Compression Project" <http://compression.ru/> and "Compression Links" <http://www.compression-links.info/>

His e-mail is dmitriy@graphics.cs.msu.ru

Alexander Parshin – Ph.D. student at the Laboratory of Computer Graphics and Multimedia at Moscow State University, Department of Computational Mathematics and Cybernetics.

His e-mail is: aparshin@graphics.cs.msu.ru