



Сравнение видеокодеков стандарта MPEG-4 AVC/H.264

Сокращённый вариант отчёта

*Руководитель проекта: Дмитрий Ватолин
Измерения, обработка: Дмитрий Куликов,
Александр Паршин*

*Перевод: Артём Титаренко
Проверка: Максим Смирнов*

Кодеки:

DivX 6.2.5 (MPEG4 ASP codec)

MainConcept H.264

Intel H.264

VSS H.264

x264

Apple H.264 (partially tested)

Sorenson H.264 (partially tested)

Ноябрь 2006

CS MSU Graphics&Media Lab

Video Group

<http://www.compression.ru/video/>
videocodec-testing@graphics.cs.msu.ru

Содержание

Благодарности	4
Overview	5
Последовательности	5
Кодеки	5
Задачи и правила тестирования	7
Задачи тестирования кодеков семейства H.264	7
Правила тестирования	7
Полная версия отчёта	8
Используемые метрики	8
Интерпретация графиков	9
Результаты тестирования 2006 года	11
Видеоконференции	11
Результаты	11
Выводы	16
Кинофильмы	17
Результаты	17
Выводы	23
Телевидение высокой точности (HDTV)	24
Результаты	24
Выводы	27
Общие выводы по результатам 2006 года	28
Сравнение кодеков разных лет	31
Общие выводы к сравнению кодеков прошлых лет	33
Приложение 1. Измерения для кодеков Apple и Sorenson	34
Выводы	37
Приложение 2. Тестовые видео последовательности	38
Видеоконференции (VideoConference)	38
Foreman	38
Akiyo	39
Carphone	40
Кинофильмы (Movie)	41
Battle	41
Rancho	42
Futurama	43
Matrix	44
Видео высокой четкости (HDTV)	45
Concert	45
Приложение 3. Протестированные кодеки	46
DivX 6.2.5	46
VSS H.264 Codec Pro 3.0	47
MainConcept H.264/AVC encoder	47
Intel H.264 encoder	48
x264 encoder	48
Apple H.264	49

Sorenson H.264.....	49
Приложение 4. Описание методов усреднения.....	50
Отношение битрейтов при одинаковом качестве.....	50
Вычисление относительного времени работы кодеков.....	51

Благодарности

Мы выражаем благодарность за предоставленные для сравнения кодеки и их настройки следующим компаниям:

- Intel, Corp.
- MainConcept, Inc
- Vanguard Software Solutions, Inc.
- Коллективу разработчиков x264
- Sorenson Media Corp.

Так же хотелось бы поблагодарить вышеперечисленные компании за техническую поддержку и помощь при проведении тестирования.

Отдельная благодарность Charles Wiltgen за неоценимую помощь в проведении сравнения кодека от компании Apple. Только благодаря ему удалось побороть многочисленные технические трудности и хотя бы частично включить этот кодек в наше сравнение.

Overview

Последовательности

Таблица 1. Сводная таблица последовательностей

Последовательность	Число кадров	Частота кадров	Разрешение и цветное пространство
1. foreman	300	30	352x288(YV12)
2. akiyo	300	25	352x288(YV12)
3. carphone	382	25	176x144(YV12)
4. battle	1599	24	704x288(YV12)
5. rancho	1237	24	704x288(YV12)
6. matrix	239	25	720x416(YV12)
7. futurama	292	25	720x576(YV12)
8. concert	390	25	1664x1088(YV12)

Краткое описание используемых для тестирования последовательностей приведено в Таблица 1.

Более детальное описание всех последовательностей можно найти в разделе «Приложение 2. Тестовые видео последовательности».

Кодеки

Таблица 2. Сводная таблица кодеков

Кодек	Производитель	Версия
1. DivX	DivXNetworks, Inc	6.2.5
2. VSS H.264 Codec Pro 3.0	Vanguard Software Solutions, Inc	3.0.7.5
3. MainConcept H.264/AVC encoder	MainConcept AG	2.1.5217
4. Intel H.264 Encoder	Intel, Corp.	Версия от 10.08.2006
5. x264	Группа разработчиков x264	version 544
6. Apple	Apple Computers Inc.	QuickTime 7.1.3 for Windows
7. Sorenson	Sorenson Media, Inc	Build 2.00.106.00

Краткое описание кодеков, принявших участие приведено в Таблица 2.

Более детальное описание всех кодеков можно найти в разделе «Приложение 3. Протестированные кодеки».

Кроме того, в этот отчёт включены данные кодеков от компаний Apple и Sorenson, замеренные лишь частично. В сравнении кодеков прошлых лет приняло участие 8 кодеков.

Таблица 3. Кол-во кодеков в тестировании этого года

Раздел тестирования	Кол-во кодеков
Сравнение 2006 года	5
Дополнительное сравнение 2006 года	2
Сравнение кодеков прошлых лет	8
Всего	15

Задачи и правила тестирования

Задачи тестирования кодеков семейства H.264

Основной задачей ставилась сравнительная оценка качества кодеков нового стандарта H.264 с использованием объективных метрик. Сравнение проводилось с использованием настроек, присланных разработчиками кодеков.

Правила тестирования

- Весь тестовый набор был разделен на три области применения. Области применения отличаются разрешением, битрейтами и требованиями по скорости кодирования:
 - Видеоконференции (битрейты 30-300 Kbps)
 - Кинофильмы (битрейты 500-2000 Kbps)
 - Видео высокой четкости (HDTV; битрейты 1-10 Mbps)
- Для каждой области применения были свои пресеты и ограничения по скорости:
 - Видеоконференции (требования по скорости для 200 кбит/сек для CIF последовательности):
 - Минимум 70 fps для пресета "High Speed"
 - Минимум 30 fps для пресета "High Quality"
 - Кинофильмы (требования по скорости для 750 кбит/сек для 4CIF последовательности):
 - Минимум 10 fps для пресета "High Speed"
 - Минимум 4 fps для пресета "High Quality"
 - Минимум 1 fps для пресета "2-pass High Quality"
 - HDTV (требования по скорости для 3 мбит/сек для 1920x1080 последовательности):
 - Минимум 0.4 fps
- Производители каждого кодека (кроме DivX) предоставили нам по несколько наборов опций – для каждой области применения.
- Каждый кодек запускался по 3 раза с отдельными измерениями скорости. После этого в качестве итогового времени измерений выбиралась медиана полученных времён (для обеспечения устойчивости измерений скорости).
- В процессе тестирования использовались 2 вида последовательностей:
 - Исходные последовательности *.yuv в формате YV12.
 - Последовательности *.avi в формате YV12. Эти последовательности использовались для кодека DivX

6.2.5 и отличались от последовательностей *.yuv только заголовками файла.

- Для измерения всех метрик использовался PRO вариант программы MSU Video Quality Measure (http://www.compression.ru/video/quality_measure/video_measurement_tool.html).
- Для тестирования использовались два компьютера со следующей конфигурацией:

OS Name	Microsoft Windows XP Professional
Version	5.1.2600 Service Pack 2 Build 2600
Processor	x86 Family 15 Model 4 Stepping 10 AuthenticAMD ~2009 Mhz
BIOS Version/Date	Phoenix Technologies, LTD 6.00 PG, 01.07.2005
Total Physical Memory	1 024.00 MB
Total Virtual Memory	2.00 GB
Video Adapter Type	NVidia GeForce 6600

Полная версия отчёта

Данный документ является сильно сокращённой версией полного отчёта. Тут содержатся лишь примеры графиков и лишь небольшая часть проведённого анализа.

В полном отчёте содержится следующая информация:

- SSIM RD кривые отдельно для каждой из протестированных последовательностей
- Настройки всех кодеков
- Различия между результатами PSNR и SSIM
- Графики Скорость/Качество для каждой из тестовых последовательностей
- Покадровые графики поведения кодеков
- Более детальный анализ усреднённых данных кодеков
- Анализ удержания кодеками битрейтов
- Покадровые графика качества и дисперсии качества
- Более детальные данные по кодеку DivX 6.2.5 (данные почти по всем пресетам кодека)

Заказать полную версию сравнения можно на странице http://compression.graphicon.ru/video/codec_comparison/mpeg-4_avc_h264_2006.html.

Используемые метрики

При проведении тестирования измерялись следующие метрики:

- PSNR (Y, U, V компоненты)
- SSIM (Y компонента)
- VQM (Y компонента)
- MSU Brightness Independent PSNR¹ (Y компонента)

Однако в отчёт вошли данные только с использованием метрики SSIM как одной из самых адекватных человеческому восприятию.

¹ Только для исследования кодека от Apple

Интересно заметить, что некоторые результаты для других метрик отличаются от результатов с использованием SSIM.

Подробнее об этих метриках можно прочитать здесь:

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

Интерпретация графиков

В короткой версии отчёта присутствуют всего 2 типа графиков: графики Битрейт/Качество (так называемые Rate-Distortion Curves, RD кривые) и графики Относительный битрейт/Относительное время.

RD кривые. Эти графики показывают, как изменяется качество кодеков в зависимости от размера файла (или, что то же самое, от битрейта). Чем выше проходит кривая кодека на таких графиках, тем лучшее качество он показывает с точки зрения используемой метрики.

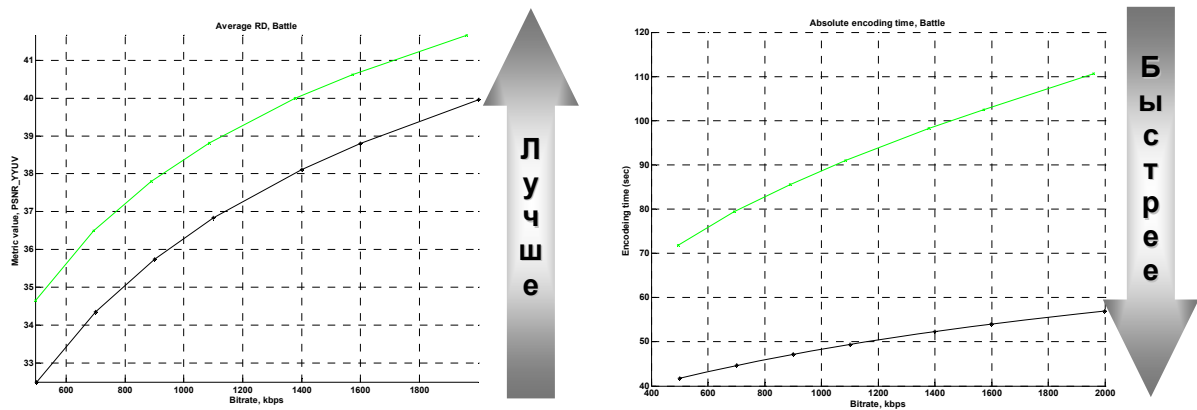
Относительный битрейт/Относительное время. Эти графики показывают, как зависит средний битрейт при одинаковом качестве от относительного времени кодирования. По оси Y отложено отношение битрейтов данного и эталонного кодеков при одинаковом качестве. Чем меньше (чем выше лежит на графике) данное значение для отдельно взятого кодека, тем лучше. Например, значение 0.7 означает, что данный кодек может закодировать данную последовательность в файл на 30% меньше, чем эталонный кодек.

По оси X отложено относительное время кодирования для данного кодека. Чем оно больше, тем дольше работает кодек. Например, значение 2.5 означает, что данный кодек работает в среднем в два с половиной раза дольше, чем эталонный.

Пример использования графиков. Рисунок 1 показывает пример, когда использование таких графиков может быть полезно. Как видно, на верхнем левом графике, «Зелёный» кодек кодирует со значительно лучшим качеством по сравнению с «чёрным» кодеком. Однако если посмотреть на график абсолютного времени кодирования (верхний правый), становится понятным, что «зелёный» кодек несколько медленней. Как раз для анализа таких ситуаций и нужно использовать графики Относительный битрейт/Относительное время: на нижнем графике хорошо видно, что один из кодеков медленней и лучше по визуальному качеству, а второй быстрее, но уступает по качеству кодирования.

Более подробно о построении графиков Относительный битрейт/Относительное время можно прочитать в разделе «Приложение 4. Описание методов усреднения».

Заметим, что для большинства графиков использовалась метрика SSIM. Ось Y отмечена "SSIM_YYUV" – это означает, что метрика SSIM измерялась в цветовом пространстве YUV, но для графика использовалась только компонента Y.



RD кривая. «Зелёный» кодек лучше!

Время кодирования (в секундах).
«Зелёный» кодек медленней!

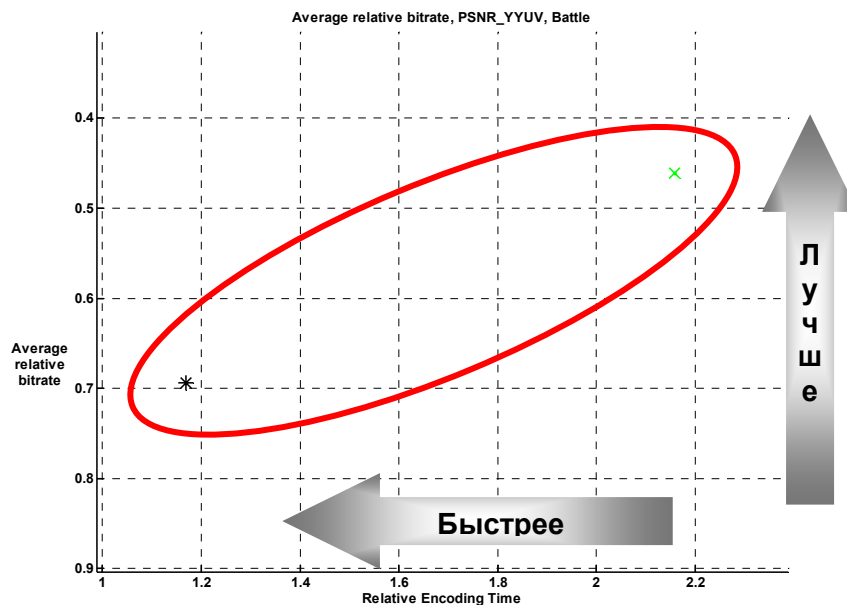


Рисунок 1. График показывает полную ситуацию с кодеками. По данному графику лучше видна объективная ситуация

Таким образом, в этом документе довольно часто используются аналогичные графики Относительный битрейт/Относительное время, так как они помогают лучше понять ситуацию на тестовом наборе, особенно при наличии большого числа кодеков.

Результаты тестирования 2006 года

Видеоконференции

В этом разделе рассмотрено поведение кодеков для кодирования видеоконференций. Использовались последовательности с относительно простым движением и маленьким разрешением. Выбранные битрейты (30, 50, 100, 200, 300 Кбит/сек) рассчитаны на передачу видеосигнала в узких каналах (низкоскоростные ISDN и xDSL каналы, мобильные сети, и т.д.).

В этом разделе рассматриваются следующие кодеки:

- DivX 6.2.1 (2 пресета)
- Intel H.264 (1 пресет)
- VSS (2 пресета)
- MainConcept (2 пресета)
- X264 (2 пресета)

Результаты

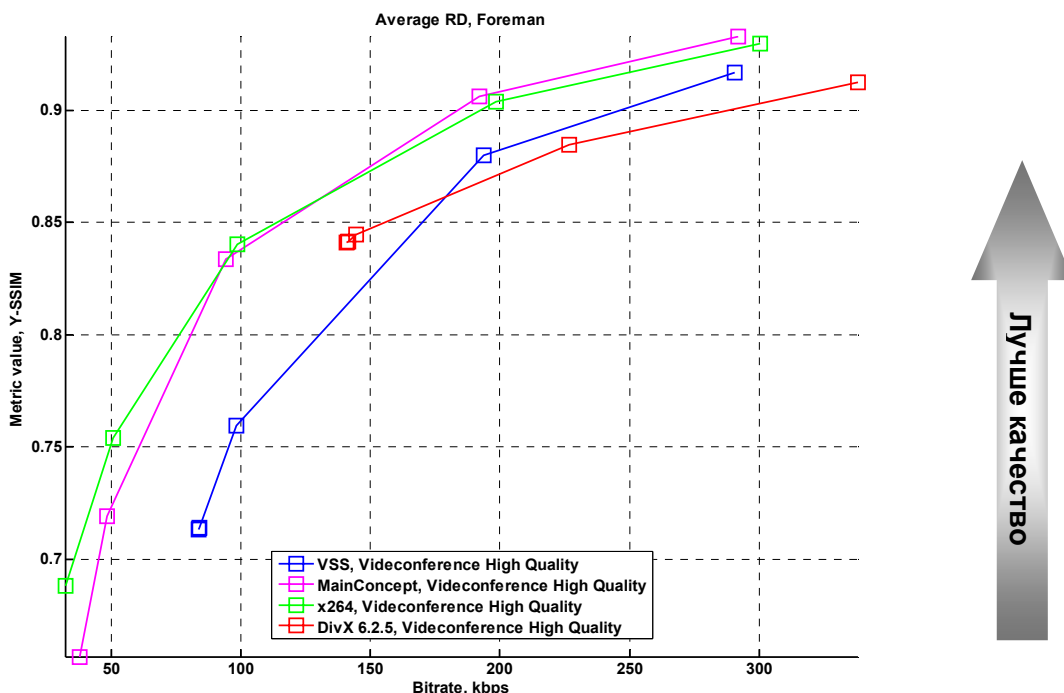


Рисунок 2. График Битрейт/Качество. Область применения «Видеоконференции», последовательность Foreman, пресет «High Quality».

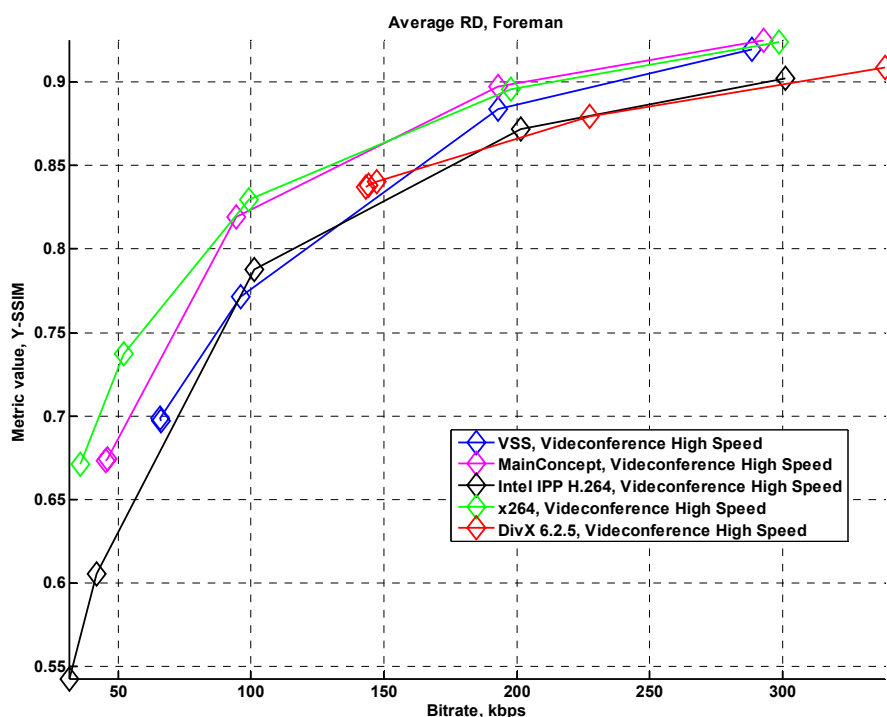


Рисунок 3. График Битрейт/Качество. Область применения «Видеоконференции», последовательность Foreman, пресет «High Speed»

По данным графикам видно, что для пресета «High Quality» кодеки от MainConcept и кодек x264 обеспечивают сходное качество за небольшим преимуществом x264 и показывают лучший результат среди остальных кодеков. Для пресета «High Speed» эти кодеки также показывают сходное качество и являются лидерами. Кодеки от компаний VSS и Intel, обеспечивая также схожее качество, являются отстающими по качеству, что объясняется большим запасом по скорости. Также видно, что кодек DivX не может сжимать видеопоследовательности с очень низкими битрейтами, что часто является важной задачей для видеоконференций.

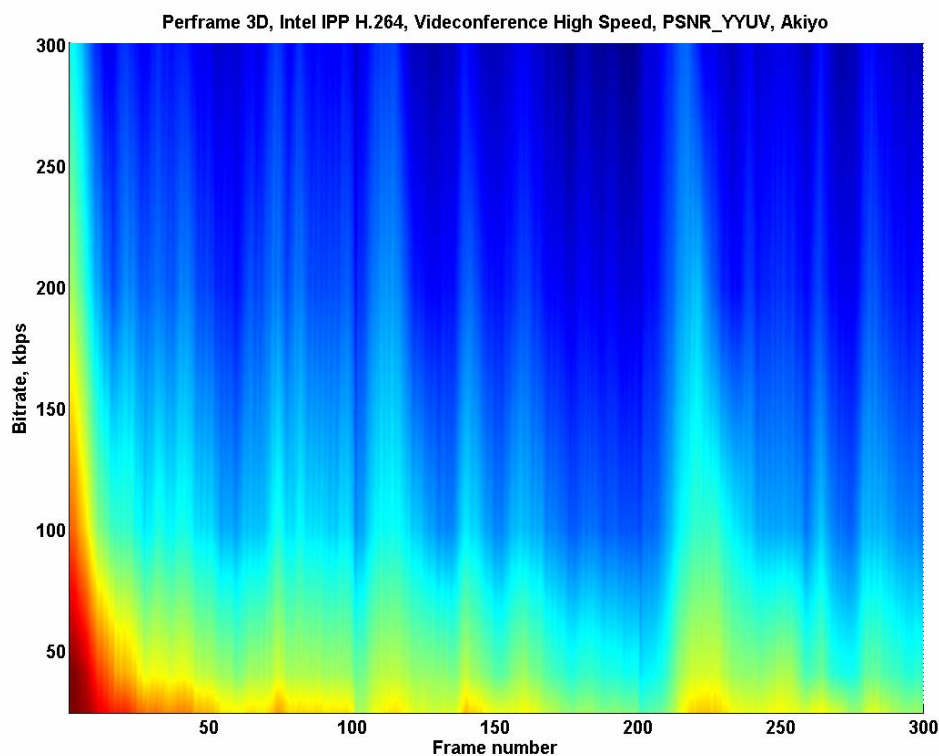


Рисунок 4. Покадровые значения метрики Y-PSNR. Область применения “Видеоконференции”, последовательность “Akiyo”, Intel IPP H.264, пресет “High Speed”

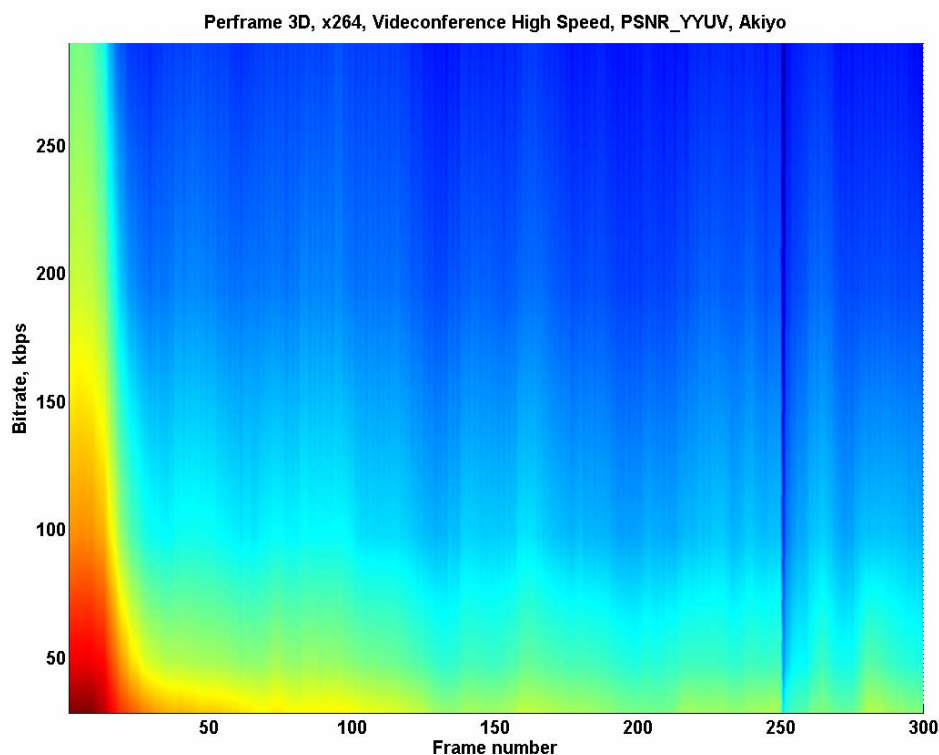


Рисунок 5. Покадровые значения метрики Y-PSNR. Область применения “Видеоконференции”, последовательность “Akiyo”, x264, пресет “High Speed”

Рисунок 4 и Рисунок 5 показывают покadresные значения метрики Y-PSNR для кодеков Intel и x264. Ясно видно различные стратегии управления битрейтом для этих кодеков.

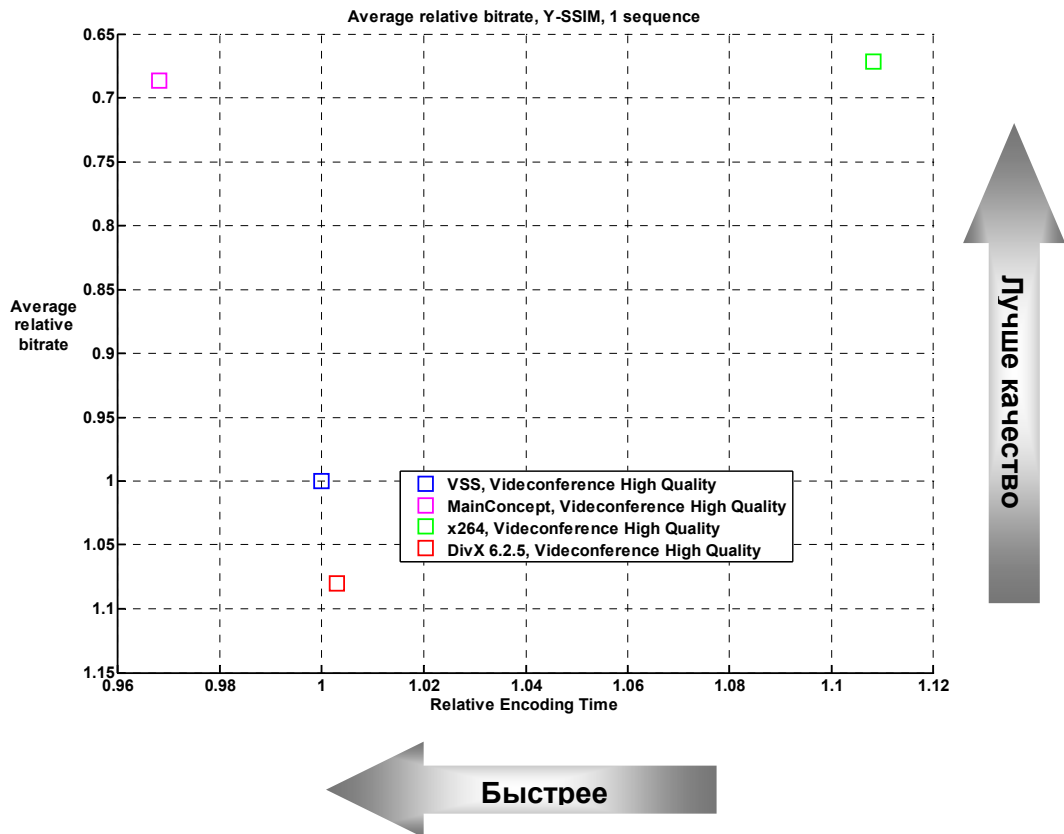


Рисунок 6. График Относительный битрейт/Относительное время. Область применения «Видеоконференции», последовательность Foreman, пресет «High Quality».

На данном графике видно, что кодек от MainConcept, показывая очень большую скорость сжатия, обеспечивает и очень высокое качество, в то время как кодек x264 показывает чуть более высокое качество за счет заметного падения скорости. Кодек от MainConcept обеспечивает лучше качество, чем кодек от VSS и DivX, при более высокой скорости сжатия.

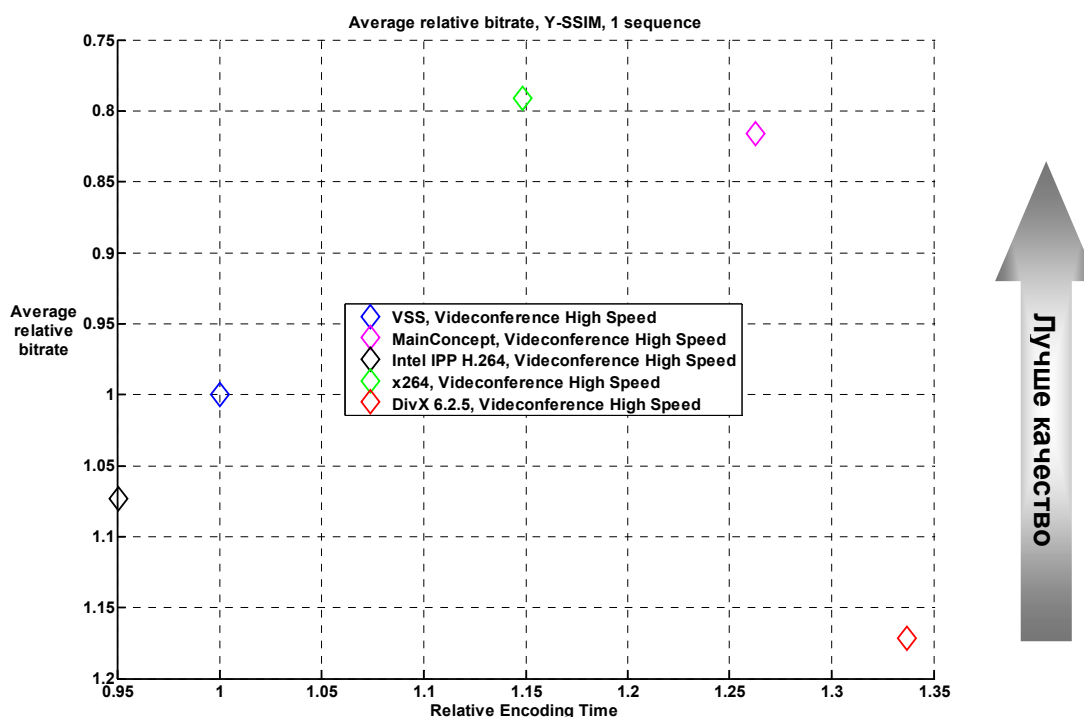


Рисунок 7. График Относительный битрейт/Относительное время. Область применения «Видеоконференции», последовательность Foreman, пресет «High Speed»

По данному графику важно отметить высокую скорость работы кодека от Intel. Также по этому графику видно, что кодек x264 обеспечивает более высокое качество, чем кодек от MainConcept при большей скорости кодирования.

Выводы к Рисунок 2, Рисунок 3, Рисунок 6, Рисунок 7 верны только для последовательности «Foreman», на других последовательностях результаты несколько отличаются.

Все результаты можно увидеть в полной версии отчёта.

Таблица 4 и Таблица 5 содержат усреднённые значения битрейтов при одинаковом качестве для всех кодеков. Усреднение производилось по всем последовательностям данной области применения (Foreman, Akiyo и Carphone).

**Таблица 4. Средний размер видео при том же качестве.
Область применения «Видеоконференции». Пресет «High Quality».
Битрейты 100-300 Кбит/сек.**

	DivX	VSS	MainConcept	Intel H.264	x264
Среднее отношение размера видео для каждого кодека относительно кодека DivX	100%	78.67%	52.7%	n/a	62.58%

**Таблица 5. Средний размер видео при том же качестве.
Область применения «Видеоконференции». Пресет «High Speed».
Битрейты 100-300 Кбит/сек.**

	DivX	VSS	MainConcept	Intel H.264	x264
Среднее отношение размера видео для каждого кодека относительно кодека DivX	100%	75.59%	58.4%	90.86%	62.37%

Примечание: Таблицы сверху посчитаны с использованием всего тестового набора. Поэтому возможны некоторые отличия между средними значениями и графиками, приведенными выше.

Выводы

На основе проведенного исследования можно сделать расставить протестированные кодеки по местам следующим образом:

1. MainConcept
2. x264 (с небольшим отрывом)
3. VSS
4. Intel H.264
5. DivX (MPEG-4 ASP)

Важно отметить, что в области применения «Видеоконференции» кодек стандарта MPEG-4 ASP оказался хуже всех протестированных реализаций нового стандарта MPEG-4 AVC.

Кинофильмы

В этом разделе рассмотрено поведение кодеков для кодирования кинофильмов стандартного разрешения (SDTV). Использовались разные по сложности кодирования последовательности, в том числе и пример мультипликационного фильма. Выбранные битрейты (500, 700, 900, 1100, 1400, 1600, 2000 Кбит/сек) являются характерными для кодирования видео на CD-ROM, кабельного телевидения и цифрового спутникового вещания.

В этом разделе рассматриваются следующие кодеки:

- DivX 6.2.1 (2 пресета)
- Intel H.264 (1 пресет)
- VSS (2 пресета)
- MainConcept (3 пресета)
- x264 (3 пресета)

Ниже приведены графики зависимости качества от битрейта и графики соотношения качества/скорости для последовательности «rancho» для двух пресетов: «High Speed» и «High Quality».

Результаты

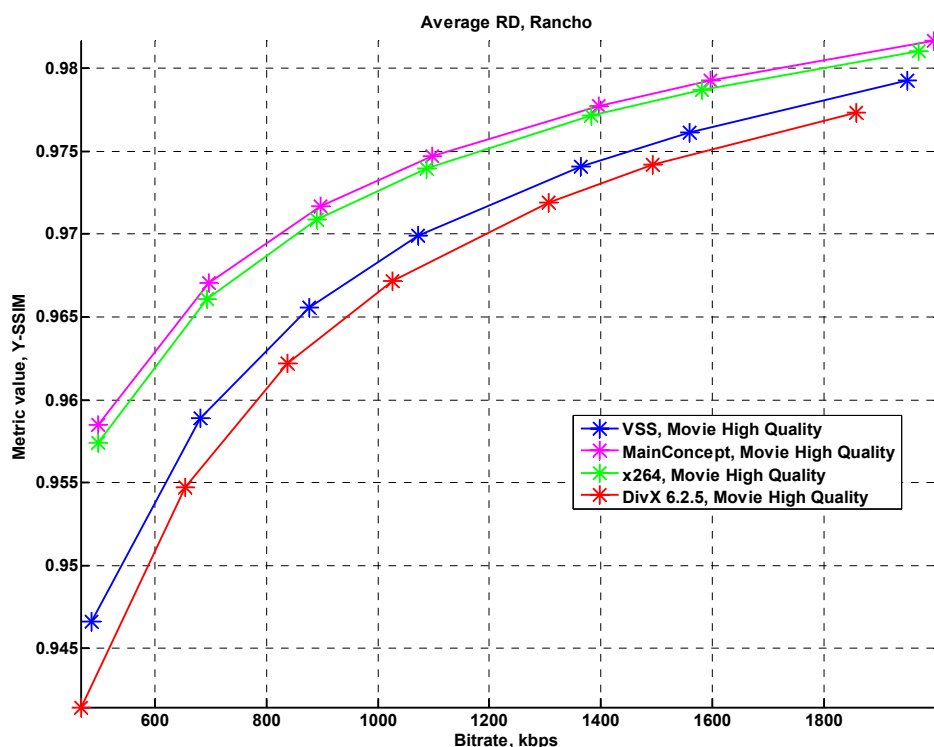


Рисунок 8. График Битрейт/Качество. Область применения «Кинофильмы». Последовательность «rancho». Пресет «High Quality»

По данному графику хорошо видно, что все кодеки стандарта H.264 показали более высокое качество по сравнению с кодеком стандарта MPEG-4 ASP (DivX) для последовательности «rancho», но данная ситуация не является типичной для всех последовательностей

тестового набора данной области применения. Более полную информацию можно найти в полном отчёте по тестированию.

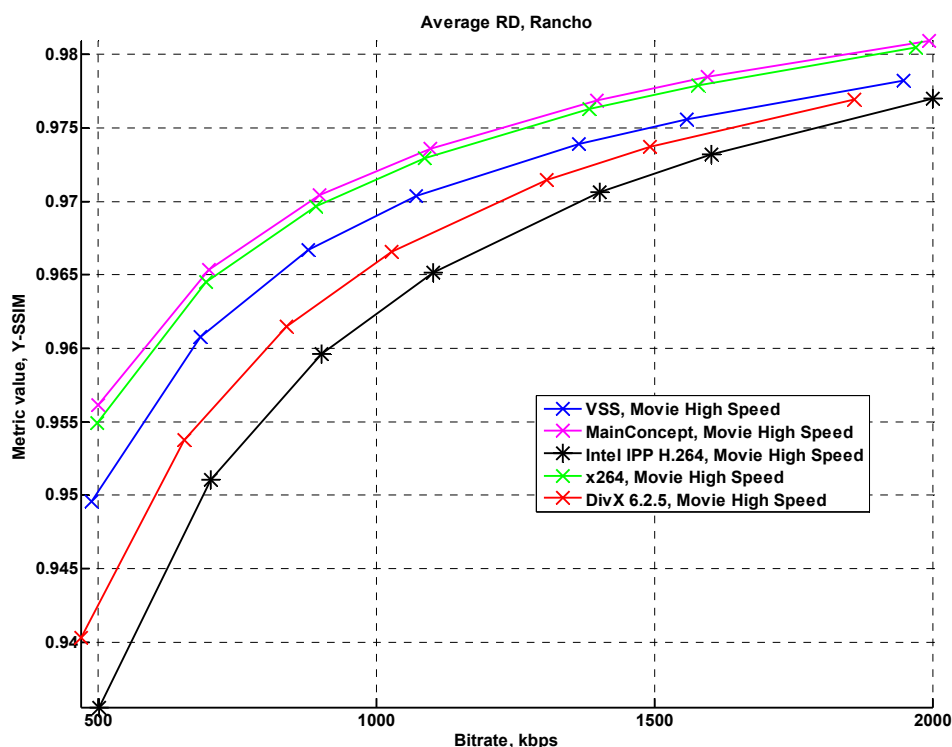


Рисунок 9. График Битрейт/Качество. Область применения «Кинофильмы». Последовательность «rancho». Пресет «High Speed»

Для пресета «High Speed» ситуация на последовательности «rancho» слегка отличается – самое низкое качество показывает не кодек предыдущего стандарта MPEG-4 ASP, а представитель нового стандарта кодирования видео от компании Intel. Этот факт может быть объяснён различием в скорости кодирования (кодек Intel H.264 закодировал данную последовательность в среднем в 1.4 раза быстрее, чем кодек DivX).

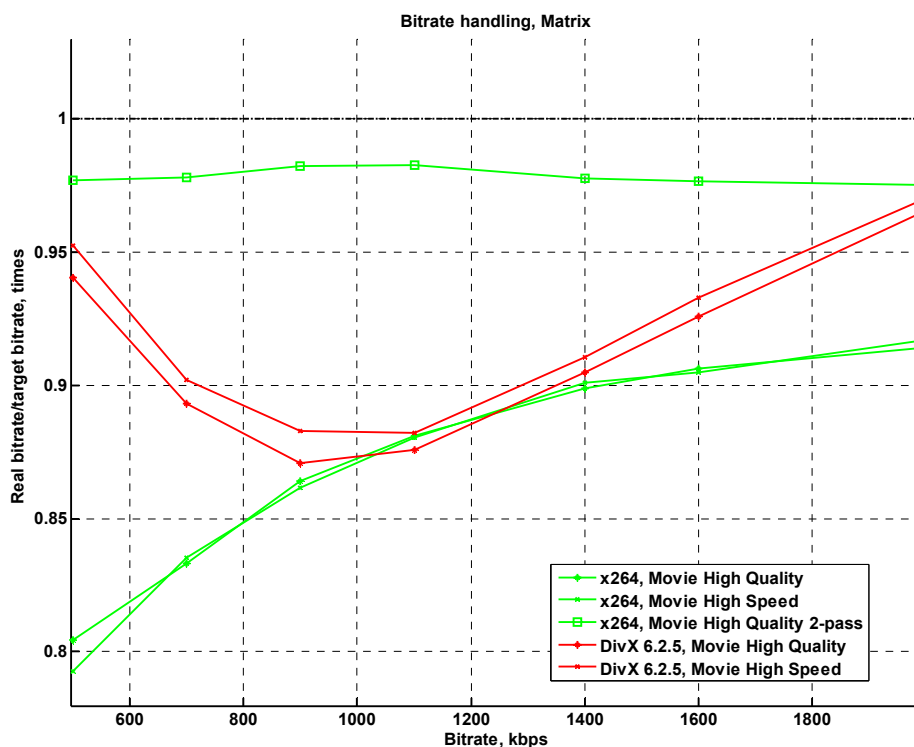


Рисунок 10. Удержание битрейта. Область использования «Кинофильма»
Последовательность «Матрица». DivX и x264.

Рисунок 10 – пример графика удержания битрейта. Он показывает, что двухпроходный x264 достаточно хорошо выдерживает битрейт для последовательности “Matrix”. Для других пресетов максимальное отклонение битрейта 20%.

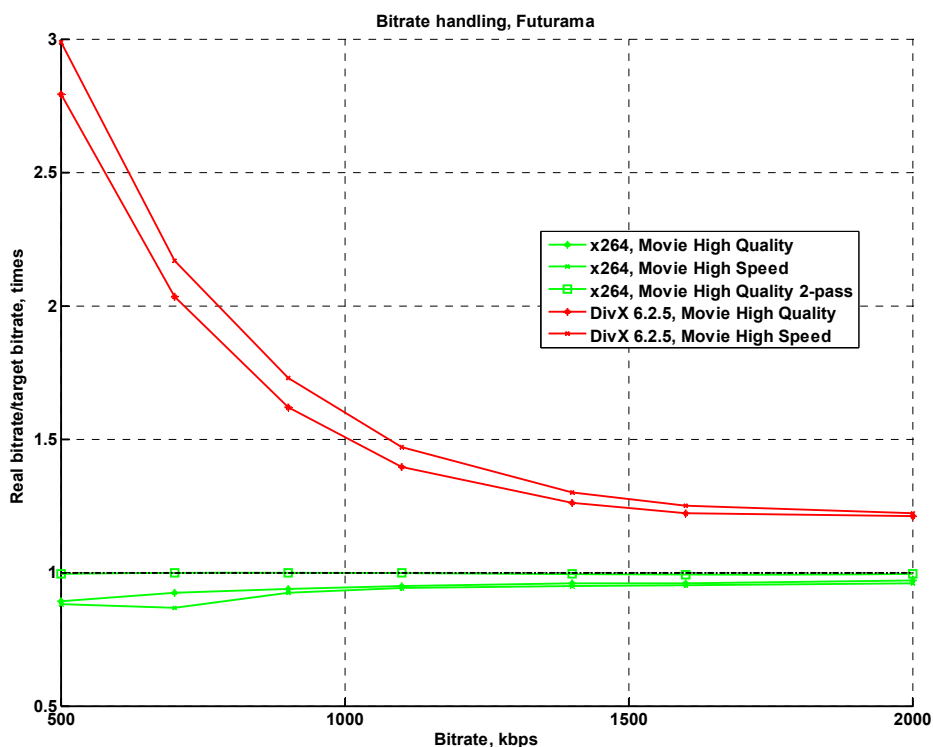


Рисунок 11. Bitrate Handling. Usage area "Movies". "Futurama" sequence. DivX and x264.

Рисунок 11 – это еще один пример графика удержания битрейта. Он показывает проблемы по удержанию для кодека DivX для последовательности "Futurama" (максимальная разница между реальным и заявленным битрейтом достигает 3 раз).

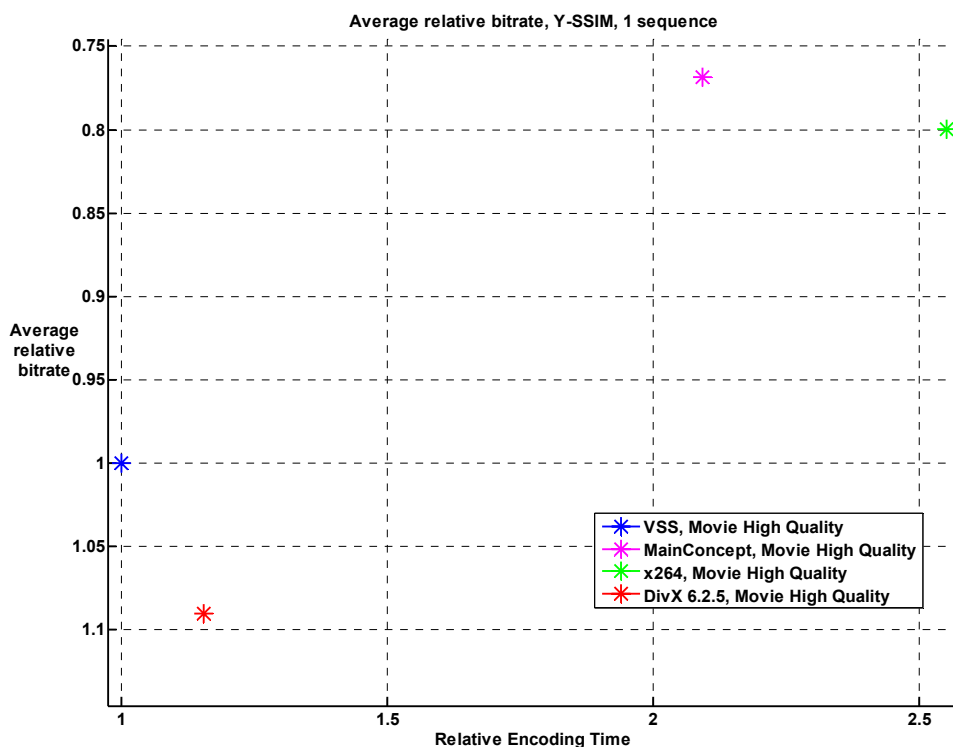


Рисунок 12. График Относительный битрейт/Относительное время. Область применения «Кинофильмы». Последовательность «ганшо». Пресет «High Quality»

Основным выводом из данного графика является доминирование кодека от VSS надо кодеком DivX, так как VSS показывает лучшее качество (сохранение битрейта) при большей скорости кодирования.

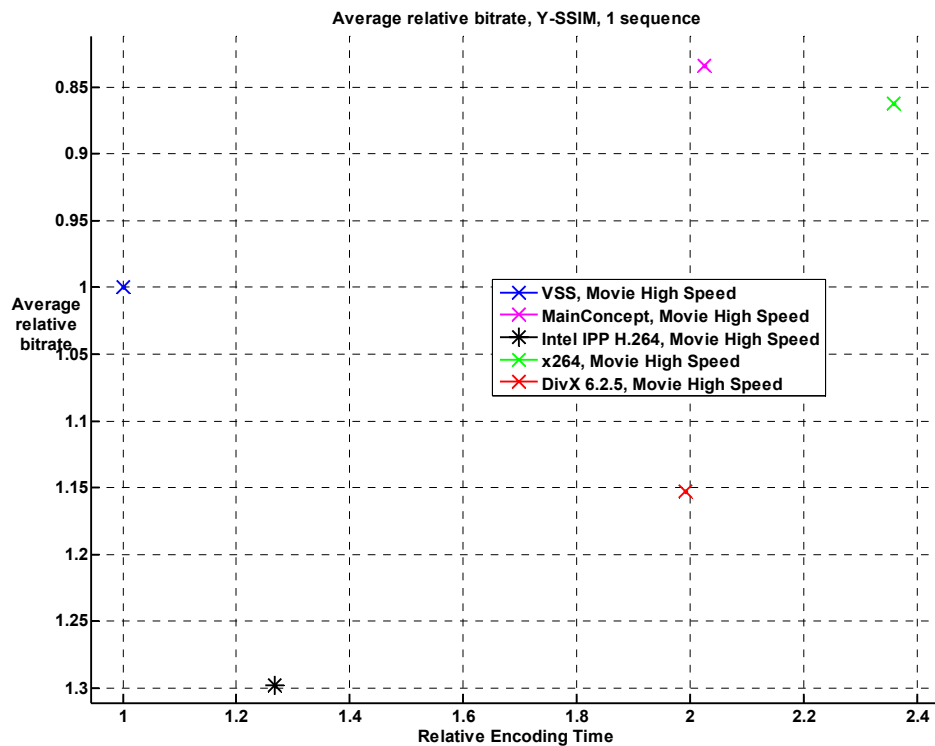


Рисунок 13. График Относительный битрейт/Относительное время. Область применения «Кинофильмы». Последовательность «rancho». Пресет «High Speed»

На данном графике видно, что кодеки от DivX и Intel показывают худшее качество при меньшей скорости кодирования, чем их конкуренты.

Таблица 6, Таблица 7 и Таблица 8 содержат усреднённые значения битрейтов при одинаковом качестве для всех кодеков. Усреднение производилось по всем последовательностям данной области применения (Battle, Rancho, Matrix и Futurama).

Таблица 6. Средний размер видео при том же качестве. Область применения «Кинофильмы». Пресет «High Speed». Битрейты 600-1800 Кбит/сек

	DivX	VSS	MainConcept	Intel H.264	x264
Среднее отношение размера видео для каждого кодека относительно кодека DivX	100%	105%	78%	107%	76%

**Таблица 7. Средний размер видео при том же качестве.
Область применения «Кинофильмы». Пресет «High Quality – 1 pass».
Битрейты 600-1800 Кбит/сек**

	DivX	VSS	MainConcept	Intel H.264	x264
Среднее отношение размера видео для каждого кодека относительно кодека DivX	100%	96%	77%	n/a	72%

**Таблица 8. Средний размер видео при том же качестве.
Область применения «Кинофильмы». Пресет «High Quality – 2 passes».
Битрейты 600-1800 Кбит/сек**

	DivX	VSS	MainConcept	Intel H.264	x264
Среднее отношение размера видео для каждого кодека относительно кодека MainConcept	n/a	n/a	100%	n/a	90%

Примечание: Таблицы сверху посчитаны с использованием всего тестового набора. Поэтому возможны некоторые отличия между средними значениями и графиками, приведенными выше.

Выводы

На основе проведенного исследования можно сделать расставить протестированные кодеки по местам следующим образом.

1. x264
2. MainConcept
3. DivX (MPEG-4 ASP)
4. Intel H.264
5. VSS

Важно отметить, что в области применения «Кинофильмы» кодек стандарта MPEG-4 ASP оказался лучше некоторых кодеков нового стандарта, а наилучшее качество показал некоммерческий кодек x264.

Телевидение высокой точности (HDTV)

В этом разделе рассмотрено поведение кодеков для кодирования кинофильмов высокого разрешения (HDTV). Использовалась характерная для данной области последовательность с несильным разрешением. Используемые битрейты (1, 2, 3, 4, 6, 8, 10 Мбит/сек) позволяют кодировать последовательности такого разрешения с качеством, приемлемым для просмотра на HDTV оборудовании с большой диагональю.

В этом разделе рассматриваются следующие кодеки:

- Intel H.264
- VSS
- MainConcept
- X264

Результаты

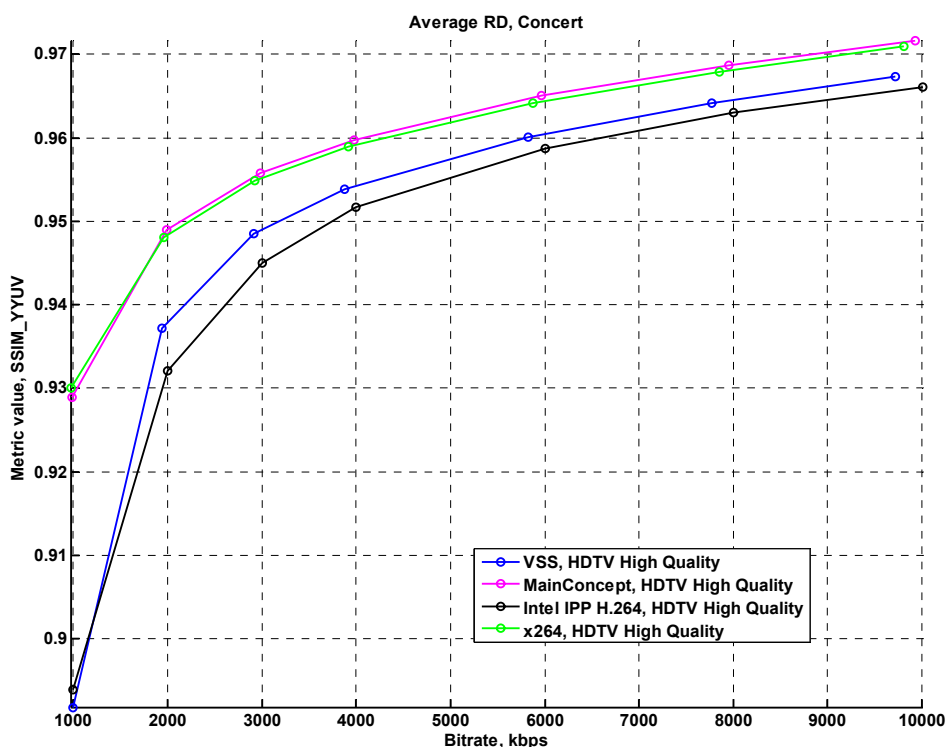


Рисунок 14. График Битрейт/Качество. Область применения «HDTV», последовательность Concert, пресет «High Quality»

По данному графику видно значительное преимущество в качестве кодеков x264 и кодера от компании MainConcept. Такое положение дел объясняется тем, что скорость работы кодеков от Intel и VSS с данным пресетом в несколько раз превышает скорость работы x264. Но наблюдается интересный факт – при значительной разности в скорости между кодеками x264 и кодером от MainConcept не наблюдается значительной разницы в качестве, при чем более быстрый кодек показывает лучшее качество.

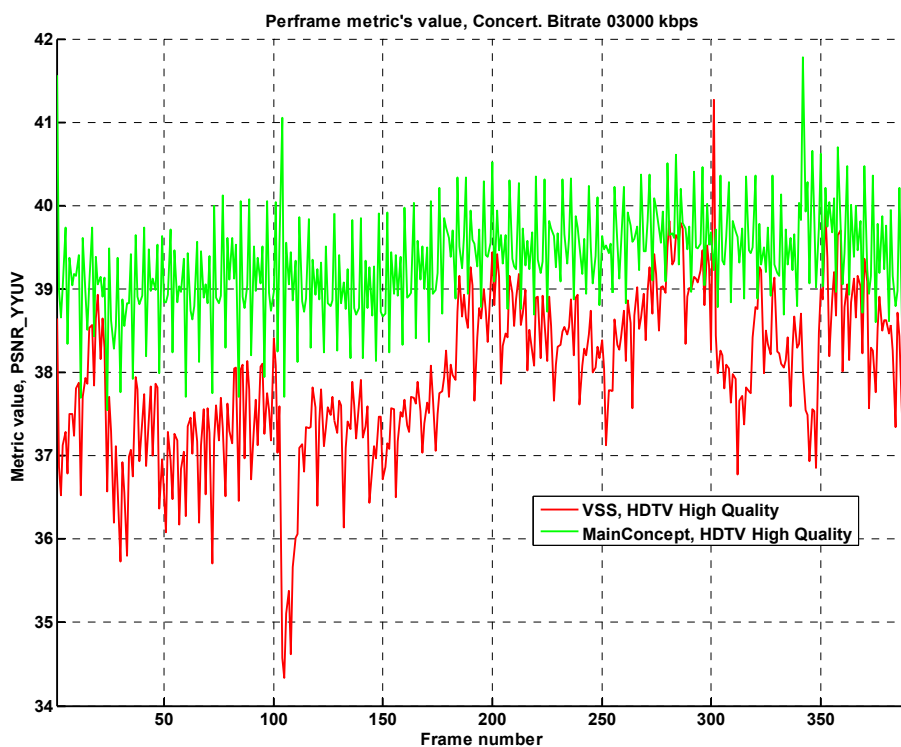


Рисунок 15. Bitrate/Quality. Usage area “HDTV”, “Concert” sequence, “High Quality” preset

Рисунок 15 показывает пок кадровое качество для кодеков VSS и MainConcept. Несколько резких падений качества в начале и пиков в конце последовательности показывают, что качество у кодека VSS варьируется сильнее, чем визуальное качество для кодека MainConcept.

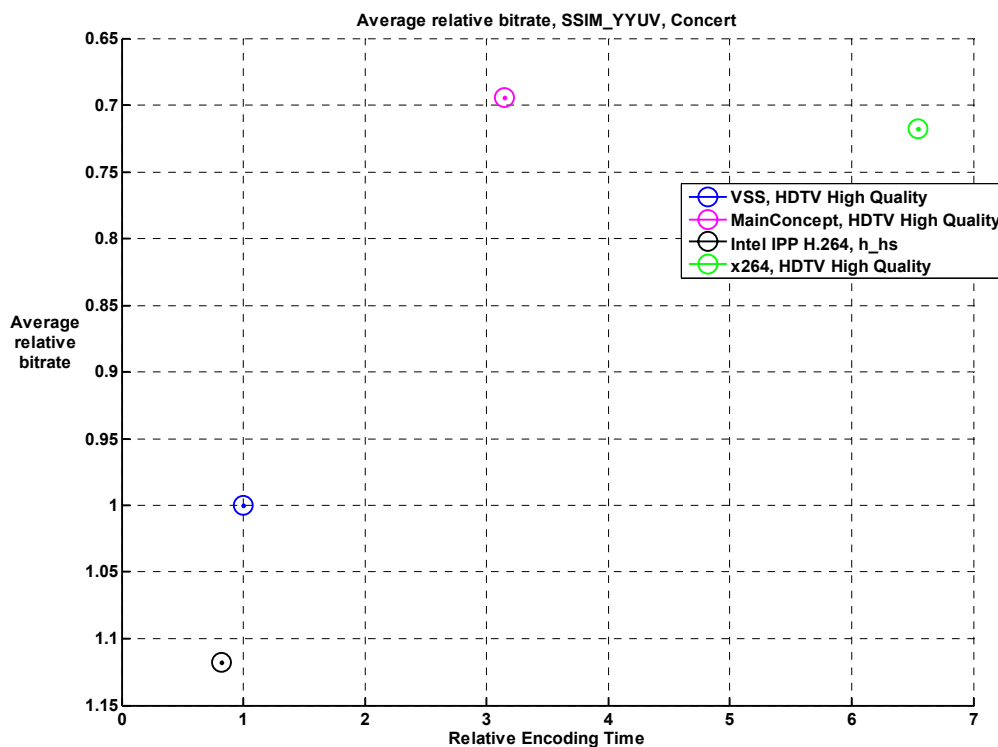


Рисунок 16. График Относительный битрейт/Относительное время. Область применения «HDTV», последовательность Concert, пресет «High Quality»

Для данного графика очевидным является вывод, что кодек от MainConcept работает быстрее и в среднем с чуть лучшим качеством, но ситуация меняется при использовании метрики PSNR вместо метрики SSIM при измерении качества.

Таблица 9 содержит усреднённые значения битрейтов при одинаковом качестве для всех кодеков. Усреднение производилось по последовательности Concert.

**Таблица 9. Средний размер видео при том же качестве.
Область применения «HDTV»**

	VSS	MainConcept	Intel H.264	x264
Среднее отношение размера видео для каждого кодека относительно кодека от VSS	100%	69.43%	111.8%	71.76%

Примечание: Таблицы сверху посчитаны с использованием всего тестового набора. Поэтому возможны некоторые отличия между средними значениями и графиками, приведенными выше.

Выводы

- По результатам тестирования для области применения «HDTV» кодеки можно распределить по местам следующим образом
 1. MainConcept
 2. x264
 3. VSS
 4. Intel H.264
- На основе проведенного исследования можно сделать вывод, что из протестированных видеокодеков стандарта H.264 наилучшими по соотношению качества и скорости для кодирования видео в формате HDTV являются кодек от компании MainConcept и кодек x264.

Общие выводы по результатам 2006 года

В этом разделе мы свели все полученные результаты в одну таблицу. Для её построения использовались данные из результирующих таблиц для каждой области применения.

Сначала данные усреднялись внутри каждой области применения по пресетам, потом – между областями использования. В качестве метода усреднения мы использовали среднее геометрическое значений. Красным цветом отмечены результаты лидеров в каждой из областей применения и в среднем по всем областям.

Рисунок 17 наглядно показывает полученные средние результаты. Значения на этом рисунке – относительный битрейт при одинаковом качестве (чем ниже – тем лучше).

Стоит заметить, что при этой методике никак не учитывалась скорость кодеков, а только визуальное качество их результатов.

Таблица 11 показывает среднее время кодирования для всех протестированных кодеков. Значения в таблице показывают среднее относительное время кодирования для всех кодеков. Также как и для относительного качества, данные усреднялись по пресетам для каждой области применения, а потом – для областей применения. Для каждой строки таблицы максимальное время кодирования обозначалось за 100%.

Таблица 10. Сводная таблица результатов тестирования 2006 года. Средний размер файла для одинакового качества

	MainConcept	x264	VSS	DivX	Intel H.264
Видеоконференции «High Quality»	56%	63%	79%	100%	
Видеоконференции «High Speed»	62%	62%	76%	100%	91%
Видеоконференции	55%	62%	77%	100%	91%
Кинофильмы «High speed»	78%	76%	105%	100%	107%
Кинофильмы «1 проход»	77%	72%	96%	100%	n/a
Кинофильмы «2 прохода»	100%	90%	n/a	n/a	n/a
Кинофильмы	84%	79%	100%	100%	107%
HDTV	69%	72%	100%		112%
HDTV	69%	72%	100%		112%
Итого	69%	71%	92%	100%	103%

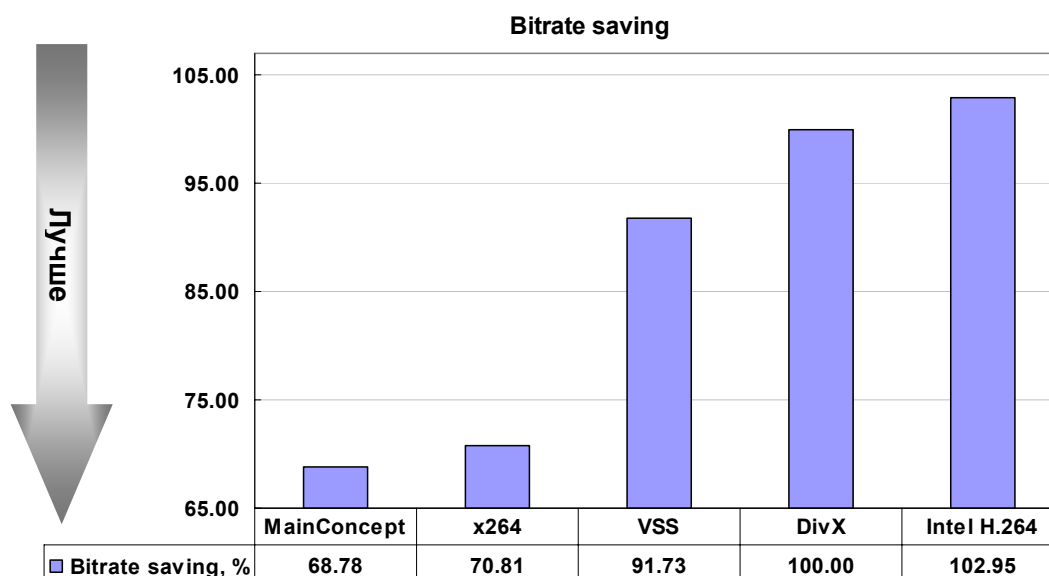


Рисунок 17. Средний размер видеопоследовательности при одинаковом качестве на всем тестовом наборе

Таблица 11. Сводная таблица результатов тестирования 2006 года.
Среднее время кодирования

	VSS	Intel H.264	MainConcept	DivX	x264
Видеоконференции «High Quality»	91%	n/a	84%	93%	100%
Видеоконференции «High Speed»	71%	74%	91%	100%	88%
Видеоконференции	81%	74%	88%	97%	94%
Кинофильмы «High speed»	48%	56%	84%	84%	100%
Кинофильмы «1 проход»	33%	n/a	64%	44%	100%
Кинофильмы «2 прохода»	n/a	n/a	36%	n/a	100%
Кинофильмы	40%	56%	61%	64%	100%
HDTV	15%	13%	48%	n/a	100%
HDTV	15%	13%	48%	n/a	100%
Итого	46%	47%	66%	80%	98%

- По результатам в трех протестированных областях применения кодеки можно распределить по местам следующим образом:
 1. MainConcept
 2. x264
 3. VSS
 4. DivX (MPEG-4 ASP)
 5. Intel H.264

При чем следует заметить, что для разных областей применения разные кодеки по-разному эффективны.

- Следует заметить, что на всех последовательностях из тестового набора лидерами по скорости является кодеки от компаний Intel и VSS. Возможно, именно по этой причине эти кодеки показали такие низкие результаты по качеству.
- Лидерами по качеству оказались кодеки от MainConcept и x264. MainConcept оказался лидером для областей применения “Видеоконференции” и “HDTV”, но разница с x264 невелика.
- Для области применения «Видеоконференции» применения кодеков нового стандарта кодирования H.264 более оправдано, чем использования DivX (MPEG-4 ASP).
- Для области применения «Кинофильмы» кодек DivX, как представитель стандарта MPEG-4 ASP, показал вполне конкурентоспособные результаты по сравнению с кодеками нового стандарта.
- Для области применения «HDTV» использование DivX не возможно по технически причинам, а кодеки нового стандарта дают сильный разброс, как по времени кодирования, так и по качеству закодированной последовательности.

Сравнение кодеков разных лет

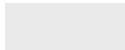


За 3 года проведения сравнения кодеков 2006 года у нас скопился довольно интересный материал с результатами работы кодеков. В этот раз мы решили свести весь этот материал вместе и совместно проанализировать работу кодеков разных лет.

Со времени первого сравнения у нас сменилось оборудование, на котором производилось тестирование кодеков. Для обеспечения возможности анализа временных характеристик кодеков мы перезамерили скорость работы кодеков на оборудовании этого года. При этом изменились только результаты только по времени – данные по качеству кодирования остались без изменений.

В Таблица 12 приведена сводная информация о кодеках, принимавших участие в наших сравнениях H.264 за последние 3 года. По различным, в основном техническим, причинам, часть протестированных кодеков не включены в эту часть сравнения.

Таблица 12. Сводная таблица кодеков, принимавших участие в сравнениях H.264

Кодеки Год	ATI	VSS	Intel	x264	DivX	Ateme	Moonlight	ArcSoft	Elecard	Main Concept	Fraunhofer IIS	Mpegable AVC
2004												
2005												
2006												

-  Не принимал участие в сравнении данного года
-  Принимал участие в сравнении, но по техническим причинам не включён с тестирование кодеков разных лет
-  Включён в сравнение кодеков разных лет

Ниже приведены некоторые графики из данной части сравнения кодеков. В основном в этой части сравнения используются графики Относительный битрейт/Относительное время. Более подробно об этих графиках можно прочитать в разделе «Приложение 4. Описание методов усреднения»

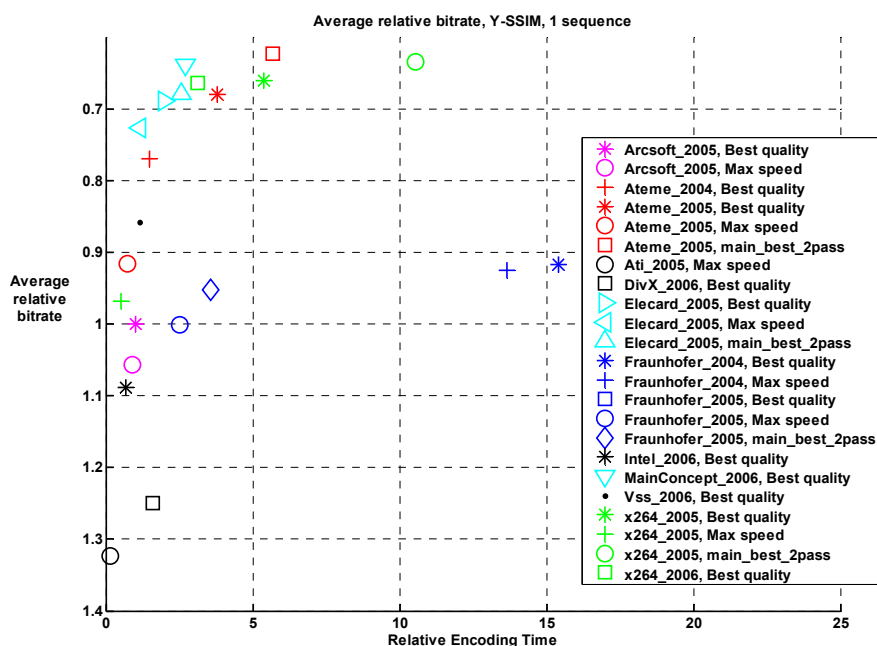


Рисунок 18. График Относительный битрейт/Относительное время, последовательность foreman, кодеки 2004, 2005 и 2006-го годов

Рисунок 18 показывает положение кодеков для последовательности foreman. В качестве референсного кодека использован кодек ArcSoft из сравнения 2005 года.

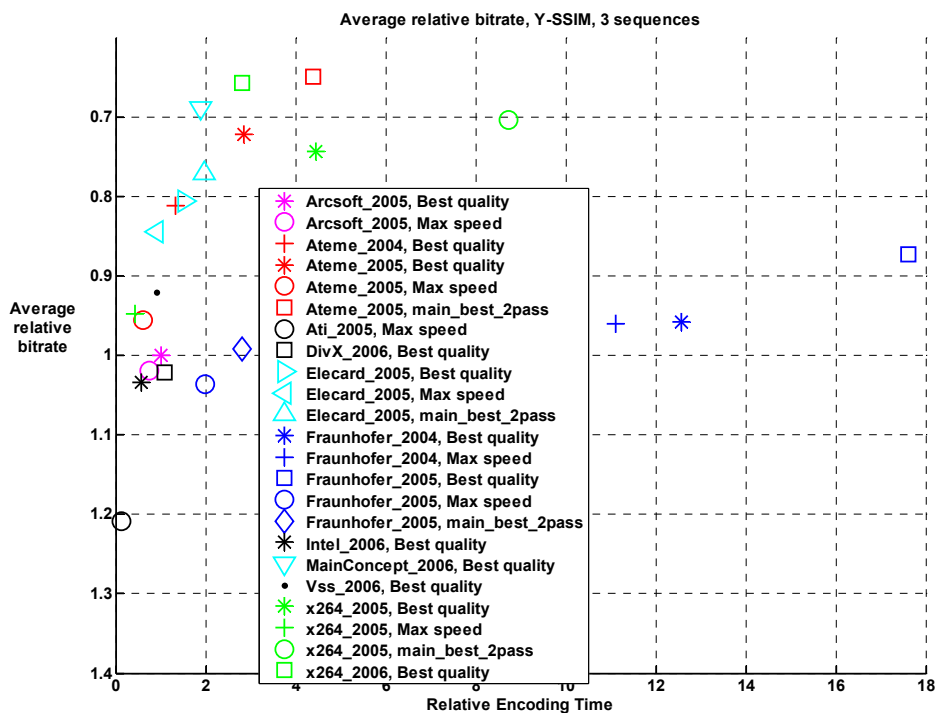


Рисунок 19. График Относительный битрейт/Относительное время, последовательности foreman, battle и matrix – усреднение значения, кодеки 2004,2005 и 2006-го годов

Данный график является усреднением по трём из 4 пересчитанных последовательностей. К сожалению, свести на одном графике данные для всех кодеков для всех последовательностей не представляется возможным из-за ошибок кодека DivX при кодировании последовательности Concert.

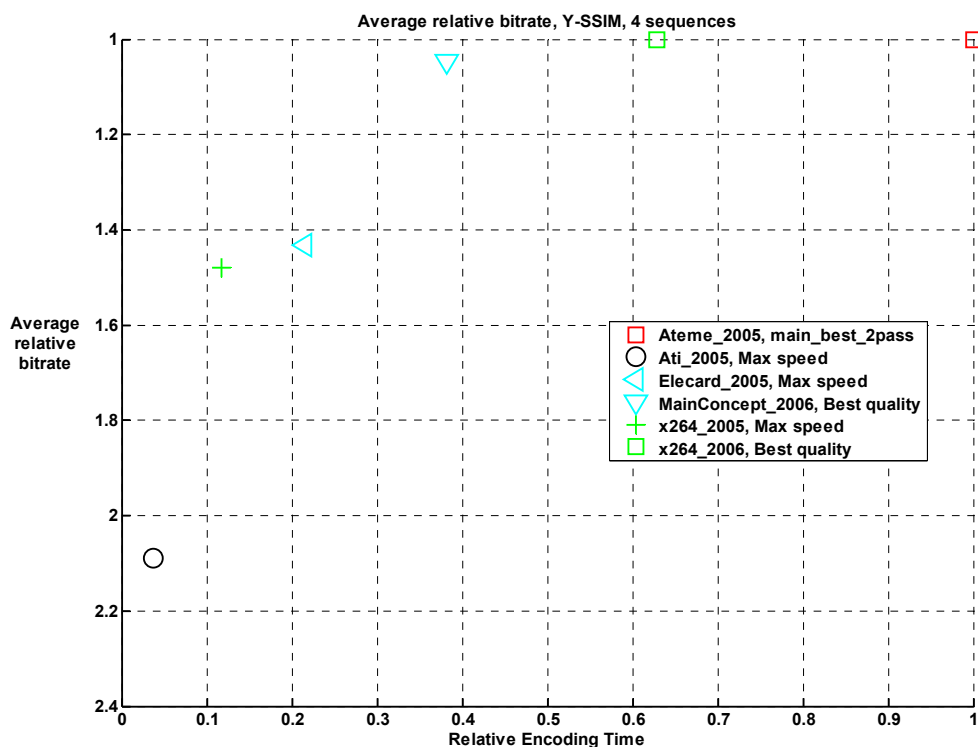


Рисунок 20. Огибающая для графика Относительный битрейт/Относительное время, все кодеки, последовательности foreman, battle, matrix и concert

Данный график показывает огибающую, то есть оптимальные с точки зрения соотношения скорость/качество кодеки и пресеты – остальные кодеки имели более низкую скорость и показали более низкое качество в среднем на четырех последовательностях относительно данных кодеков.

Общие выводы к сравнению кодеков прошлых лет

Несмотря на развитие отрасли в целом, качество кодеков растет не так сильно, то есть кодеки прошлых лет на равных конкурируют с новыми реализациями. Это может говорить, как о приближении к теоретическому пределу нового стандарта, так и о том, что в силу сложности стандарта получить наилучший по всем показателям кодек пока очень сложно.

Приложение 1. Измерения для кодеков Apple и Sorenson

В общем сравнении не принимали участие кодеки от компаний Apple и Sorenson по техническим причинам, но результаты их работы можно проанализировать в данном дополнении.

Оба эти кодека принимали участие в категории «High Quality» по причине невозможности измерений времени для кодека от Apple, потому что процесс кодирования был выполнен сторонним специалистом (Charles Wiltgen). Для кодека от Sorenson был выбран только режим наилучшего качества, поскольку он не участвует в общем сравнении по техническим причинам.

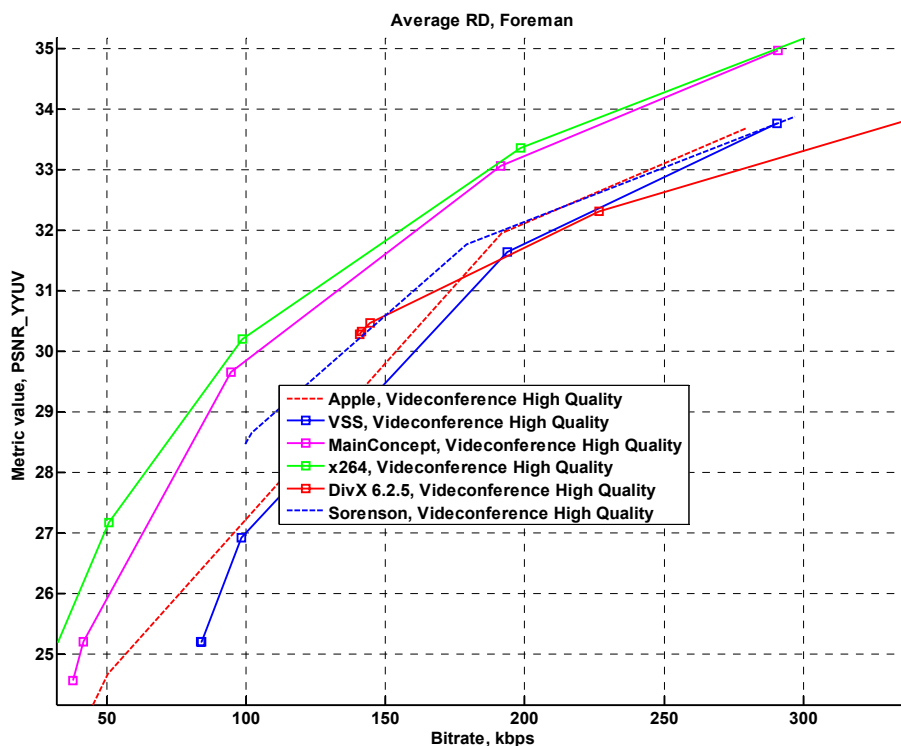


Рисунок 21. Последовательность «Foreman». Режим «High Quality». Y-PSNR

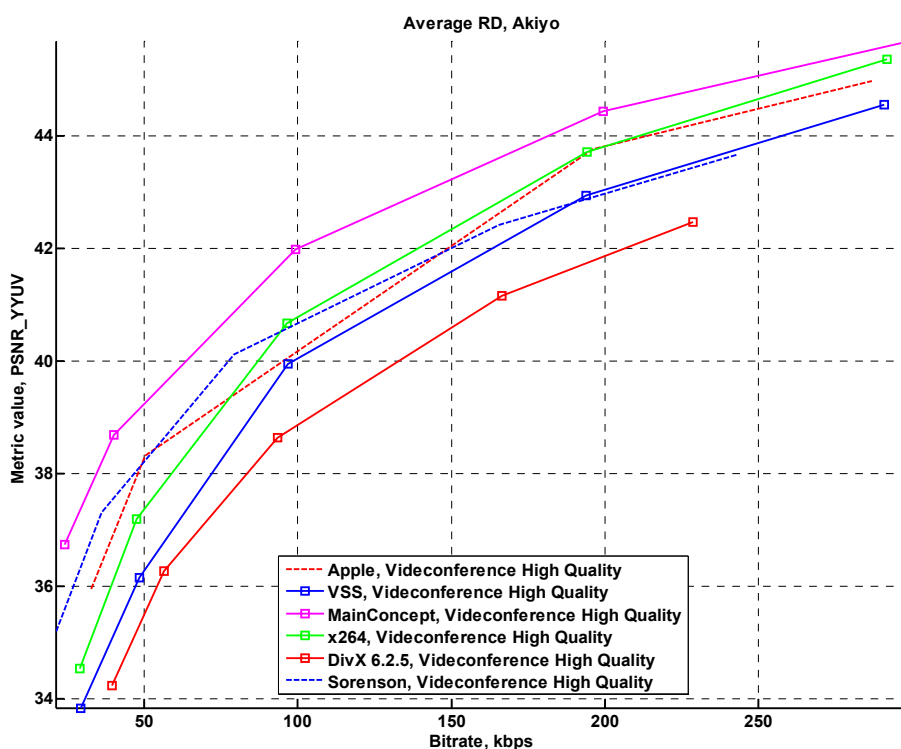


Рисунок 22. Последовательность «Акию». Режим «High Quality». Y-PSNR

На других последовательностях характер поведения кодеков отличается от приведенных выше графиков.

Ниже представлена типичная ситуация для последовательностей типа «Кинофильмы».

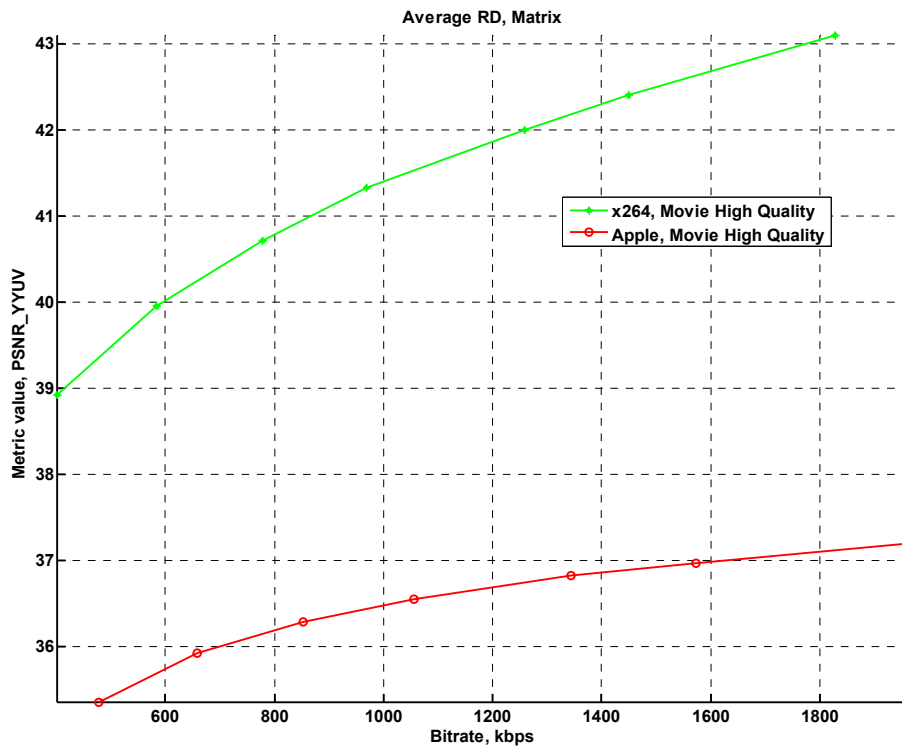


Рисунок 23. Последовательность «Matrix». Режим «High Quality». Y-PSNR

- Но при использовании MSU Brightness Independent PSNR http://www.compression.ru/video/quality_measure/metric_plugins/bi-psnr_en.htm результат значительно изменяется, что говорит о том, что кодек от Apple изменяет яркость.

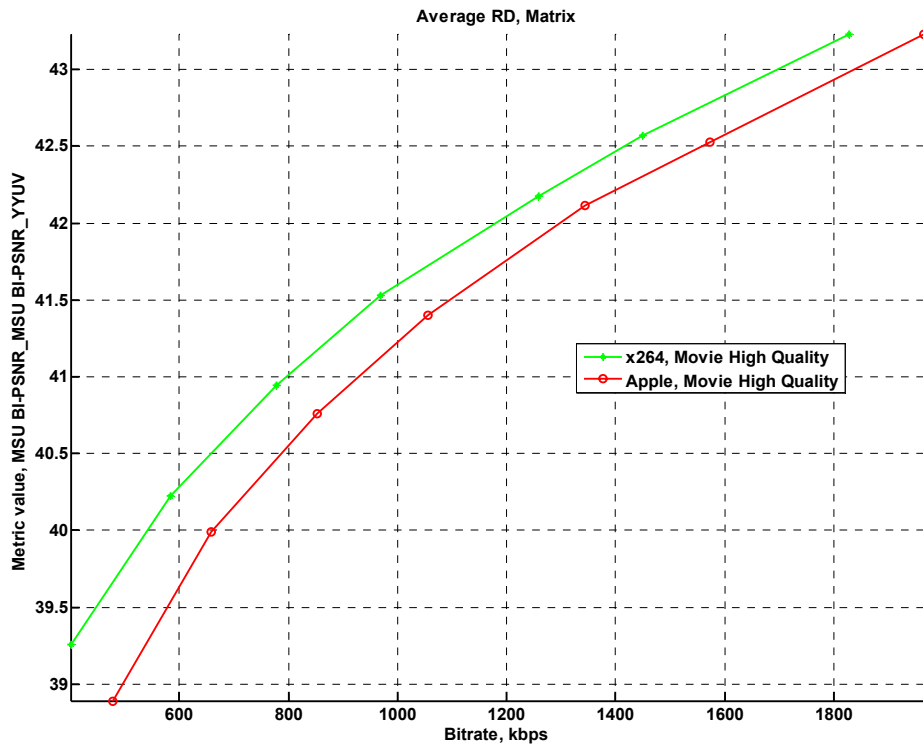


Рисунок 24. Последовательность «Matrix». Режим «High Quality». Y BI-PSNR

Выводы

- Кодеки от Apple и Sorenson показывают среднее качество относительно других кодеков и не являются лидерами в своих областях
- Кодек от Apple на некоторых типах последовательностей («Кинофильмы») показывает низкое качество при использовании метрик типа Y-PSNR, что объясняется изменениями яркости, вносимыми кодеком от Apple. Но при использовании объективной метрики качества, не зависящей от искажений яркости (MSU BI-PSNR), качество кодака от Apple становится сравнимо с другими кодеками – см. Рисунок 23 и Рисунок 24
- Таким образом, при включении в сравнение кодеков от Apple и Sorenson лидирующие позиции остаются за кодеками x264 и MainConcept.

Приложение 2. Тестовые видео последовательности

Видеоконференции (VideoConference)

Foreman

Название последовательности	foreman
Разрешение	352x288
Число кадров	300
Цветовое пространство	YV12
Частота кадров	30
Источник	Стандартная последовательность, progressive



Рисунок 25. 77-й кадр из foreman



Рисунок 26. 258-й кадр из foreman

Стандартная последовательность. В кадре – лицо с очень богатой мимикой – вариант несильного движения, с одной стороны; с другой стороны это движение не поступательное, а носит достаточно сложный характер, что является небольшим препятствием на этапе компенсации движения. Кроме того, в течение всей последовательности камера дрожит, что вызывает постоянные “дерганья” изображения. К концу последовательности камера резко поворачивается на стройку, далее следует почти неподвижная сцена. На этом ролике можно изучать поведение кодека на статической сцене после сильного движения.

Akiyo

Название последовательности	akiyo
Разрешение	352x288
Число кадров	300
Цветовое пространство	YV12
Частота кадров	25
Источник	Стандартная последовательность, progressive



Рисунок 27. 1-й кадр из akiyo

Типичная последовательность для видеоконференций – статичный фон, на переднем плане говорящий человек. Движение диктора не сильные. Смен сцены нет.

Carphone

Название последовательности	carphone
Разрешение	176x144
Число кадров	382
Цветовое пространство	YV12
Частота кадров	25
Источник	Стандартная последовательность, progressive



Рисунок 28. 319-й кадр из carphone

Достаточно типичная последовательность для видеоконференций – слабо изменяющийся фон с характерным дрожанием камеры, на переднем плане говорящий человек. Движения человека сильные за счет жестикуляции.

Кинофильмы (Movie)

Battle

Название последовательности	battle
Разрешение	704x288
Число кадров	1599
Цветовое пространство	YV12
Частота кадров	24
Источник	MPEG-2 (DVD), FlaskMPEG deinterlace



Рисунок 29. 839-й кадр из battle

Последовательность представляет собой отрывок из фильма Терминатор-2 (самое начало фильма). Эта последовательность является наиболее сложной для сжатия из всех, участвовавших в тестировании. Это обусловлено постоянным изменением яркости из-за взрывов и вспышек лазеров (см. на рисунке), чрезвычайно сильным движением и частыми сменами сцен.

Rancho

Название последовательности	rancho
Разрешение	704x288
Число кадров	1237
Цветовое пространство	YV12
Частота кадров	24
Источник	MPEG-2 (DVD), FlaskMPEG deinterlace



Рисунок 30. 570-й кадр из rancho

Последовательность представляет собой отрывок из фильма Терминатор. Данная последовательность характеризуется достаточно плавным движением внутри сцены, но присутствует несколько резких смен сцен.

Futurama

Название последовательности	futurama
Разрешение	720x576
Число кадров	292
Цветовое пространство	YV12
Частота кадров	25
Источник	MPEG-2 (DVD), progressive

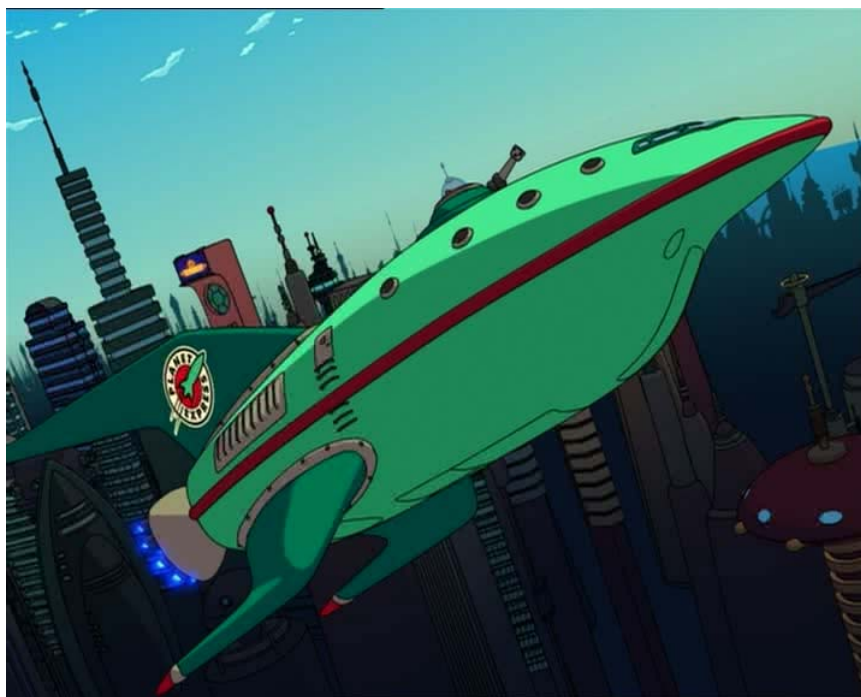


Рисунок 31. 262-й кадр из futurama

Последовательность является отрывком из мультфильма “Futurama” (начальная заставка). Классический представитель мультипликационных фильмов: схематичное движение, множество однотонных областей с резкими переходами между ними, частая смена сцен. Последовательность была предварительно сжата при помощи MPEG-2.

Matrix

Название последовательности	matrix
Разрешение	720x416
Число кадров	239
Цветовое пространство	YV12
Частота кадров	25
Источник	MPEG-2 (DVD), Smart Deinterlace



Рисунок 32. 226-й кадр из matrix

Последовательность является отрывком из фильма “Матрица”. Относительно простое движение, довольно тусклые краски и маленькое разрешение позволяет считать эту последовательность достаточно простой для кодеков.

Видео высокой четкости (HDTV)

Concert

Название последовательности	concert
Разрешение	1664x1088
Число кадров	390
Цветовое пространство	YV12
Частота кадров	25
Источник	MPEG-2 (HDTV broadcast), Smart Deinterlace



Рисунок 33. 128-й кадр из concert

Последовательность является отрывком из HDTV трансляции концерта симфонического оркестра. Последовательность имеет очень большое пространственное разрешение. Вместе с тем, движение довольно простое, иногда практически полностью исчезает. В последовательности присутствуют две резкие смены сцены.

Приложение 3. Протестированные кодеки

DivX 6.2.5

- Кодек является VfW (Video for Windows) кодеком
- Сжатие проводилось при помощи программы обработки видео VirtualDub 1.6.10
- Пробная версия кодека работает в течение 15 дней
- Настройки разработчиками не были предоставлены. Всё тестирование проводилось с использованием “Home Theater Profile”
- Первым шагом были измерены все пресеты (“Encoding presets”) с 0 до 10. Затем в качестве пресетов были выбраны максимально близкие по скорости к заданным границам времени работы:
 - Пресет 10 для области “Видеоконференции”, “High Quality”
 - Пресет 5 для области “Видеоконференции”, “High Speed”
 - Пресет 10 для области “Кинофильмы”, “High Quality”
 - Пресет 8 для области “Кинофильмы”, “High Speed”

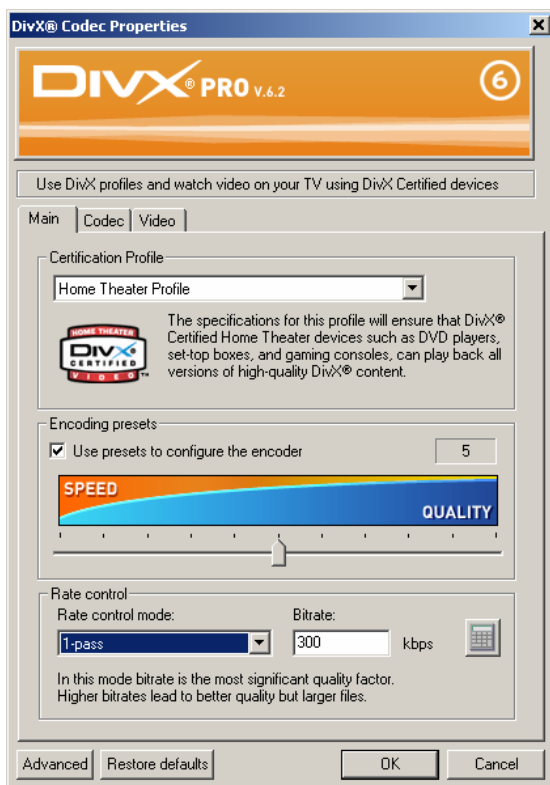


Рисунок 34. DivX 6.0

Замечания:


- Кодек не смог закодировать последовательность Concert из-за внутренней ошибки
- Более полный анализ всех пресетов DivX 6.2.5 есть в полной версии отчёта

VSS H.264 Codec Pro 3.0

- Консольная программа для кодирования
- Декодирование производилось при помощи референсного декодера JM
- Кодек (как кодер, так и декодер) и настройки специально для тестирования были предоставлены компанией Vanguard Software Solutions, Inc

Замечания:

Кодек проработал без замечаний



```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
==> vsshenc
vssh-pro v3.0.7.5 <20060630> OPT MT PROTECT=ASP PROFILE=High MAXRES=4096x2048
Copyright <C> 2002-2006 Vanguard Software Solutions, Inc.
```

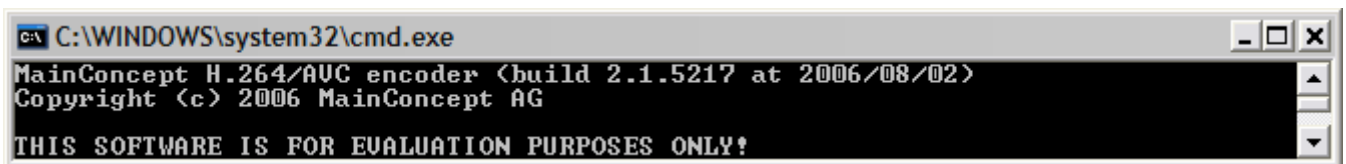
Рисунок 35. VSS H.264 Codec Pro 3.0

MainConcept H.264/AVC encoder

- Консольная программа для кодирования
- Декодирование производилось при помощи референсного декодера JM
- Кодек и настройки специально для тестирования были предоставлены компанией MainConcept AG

Замечания:

Кодек проработал без замечаний



```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
MainConcept H.264/AVC encoder <build 2.1.5217 at 2006/08/02>
Copyright <c> 2006 MainConcept AG
THIS SOFTWARE IS FOR EVALUATION PURPOSES ONLY!
```

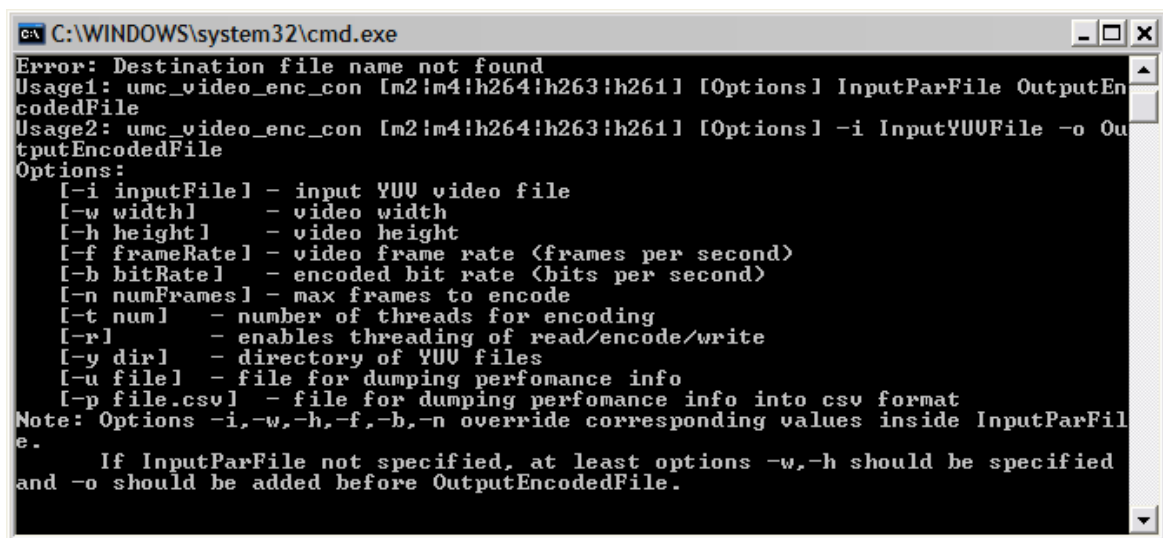
Рисунок 36. Mainconcept H.264/AVC encoder

Intel H.264 encoder

- Консольная программа для кодирования
- Декодирование производилось при помощи референсного декодера JM
- Кодек (как кодер, так и декодер) и настройки специально для тестирования были предоставлены компанией Intel Corp

Замечания:

Кодек проработал без замечаний



```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Error: Destination file name not found
Usage1: umc_video_enc_con [m2|m4|h264|h263|h261] [Options] InputParFile OutputEn
codedFile
Usage2: umc_video_enc_con [m2|m4|h264|h263|h261] [Options] -i InputYUUFFile -o Ou
tputEncodedFile
Options:
[-i inputFile] - input YUU video file
[-w width] - video width
[-h height] - video height
[-f frameRate] - video frame rate <frames per second>
[-b bitRate] - encoded bit rate <bits per second>
[-n numFrames] - max frames to encode
[-t num] - number of threads for encoding
[-r] - enables threading of read/encode/write
[-y dir] - directory of YUU files
[-u file] - file for dumping performance info
[-p file.csv] - file for dumping performance info into csv format
Note: Options -i, -w, -h, -f, -b, -n override corresponding values inside InputParFil
e.
If InputParFile not specified, at least options -w, -h should be specified
and -o should be added before OutputEncodedFile.
```

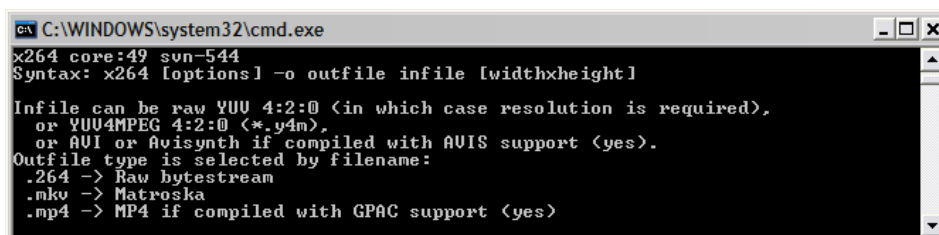
Рисунок 37. Intel H.264 encoder

x264 encoder

- Консольная программа для кодирования
- Декодирование производилось при помощи референсного декодера JM
- Кодек и настройки специально для тестирования были предоставлены разработчиками

Замечания:

Кодек проработал без замечаний



```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
x264 core:49 sun-544
Syntax: x264 [options] -o outfile infile [widthxheight]
Infile can be raw YUU 4:2:0 (in which case resolution is required),
or YUU4MPEG 4:2:0 (*.y4m),
or AVI or Avisynth if compiled with AVIS support (yes).
Outfile type is selected by filename:
.264 -> Raw bytestream
.mkv -> Matroska
.mp4 -> MP4 if compiled with GPAC support (yes)
```

Рисунок 38. x264 encoder

Apple H.264

- Для кодирования использовался QuickTime 7.1.3 для Windows
- Декодирование производилось при помощи референсного декодера JM
- Все файлы были закодированы Чарльзом Вилтгеном (Charles Wiltgen)

Sorenson H.264

- Консольная программа для кодирования
- Декодирование производилось при помощи референсного декодера JM
- Кодек и настройки специально для тестирования были предоставлены разработчиками
- Для кодирования использовалась версия программы Build 2.00.106.00

Remarks:

Кодек проработал без замечаний

Приложение 4. Описание методов усреднения

Отношение битрейтов при одинаковом качестве

Первым шагом для получения среднего отношения битрейтов при одинаковом качестве является «переворачивание» осей графика Битрейт/Качество (см. Рисунок 40). Все дальнейшие действия будут происходить с «перевернутым» графиком.

На втором шаге выбирается интервал усреднения по оси качества. Мы производим усреднение только в области, где есть результаты обоих кодеков. Это связано с тем, что для классической RD кривой очень сложно подобрать методы, позволяющие экстраполировать эти кривые, в то время как интерполяции подходят даже линейные методы.

На последнем шаге мы считаем площади под полученными кривыми в выбранной области интерполяции и вычисляем их отношение (см. Рисунок 41). Это отношение и является средним отношением битрейта при одинаковом качестве для двух кодеков. В случае наличия более двух кодеков один из них принимается за эталонный, и качество всех остальных сравнивается с качеством эталонного.

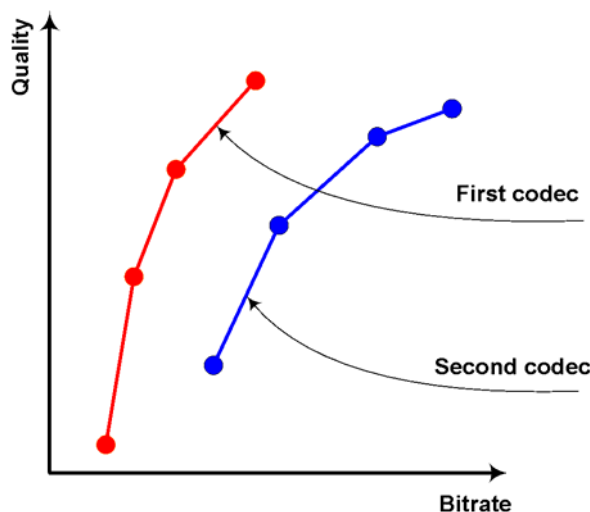


Рисунок 39. Исходные данные

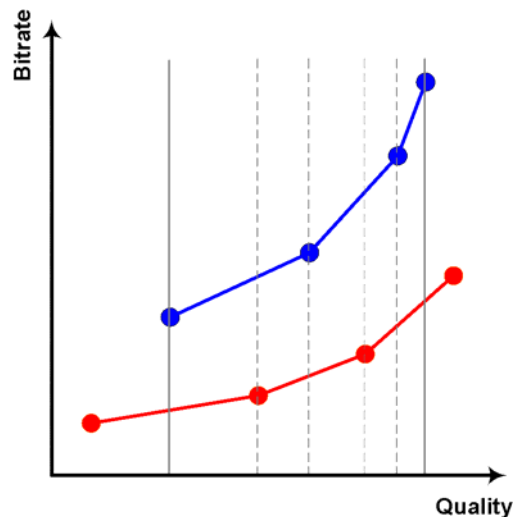


Рисунок 40. Переворачивание осей и выбор интервала для усреднения

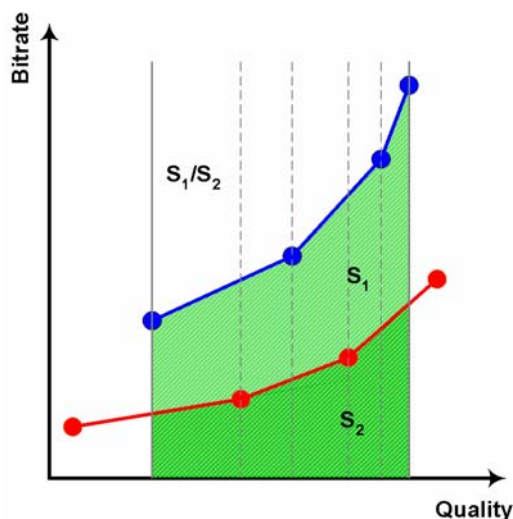


Рисунок 41. Отношение площадей под графиками

Вычисление относительного времени работы кодеков

Для вычисления относительного времени кодирования для двух кодеков на одной последовательности мы вычисляли время кодирования каждого из этих двух кодеков на данной последовательности (складывали времена кодирования для всех битрейтов) и делили их друг на друга. Для 3 и более кодеков выбирался один эталонный кодек и рассматривались отношение его времени кодирования и времени кодирования других кодеков.

В случае нескольких последовательностей бралось среднее арифметическое средних относительных времён кодирования кодеков на каждой из последовательностей.

