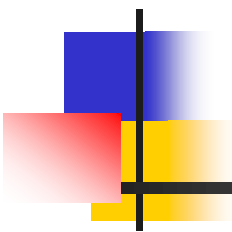


# Обзор стандарта H.265/HEVC



---

Максим Колиниченко

*Video Group*  
*CS MSU Graphics & Media Lab*



# Содержание

---

- Введение
  - **Принцип работы видеокодека**
  - Стандарты сжатия видео
- Нововведения стандарта H.265
- Сжатие 3D видео
- Заключение



# Проблема сжатия видео

---

1920×1080 @ 25 fps, RGB24 = 150 МБ/с

Используется избыточность:

- Пространственная
- Временная
- Цветового пространства RGB

# Структура видеопотока



## Типы кадров:

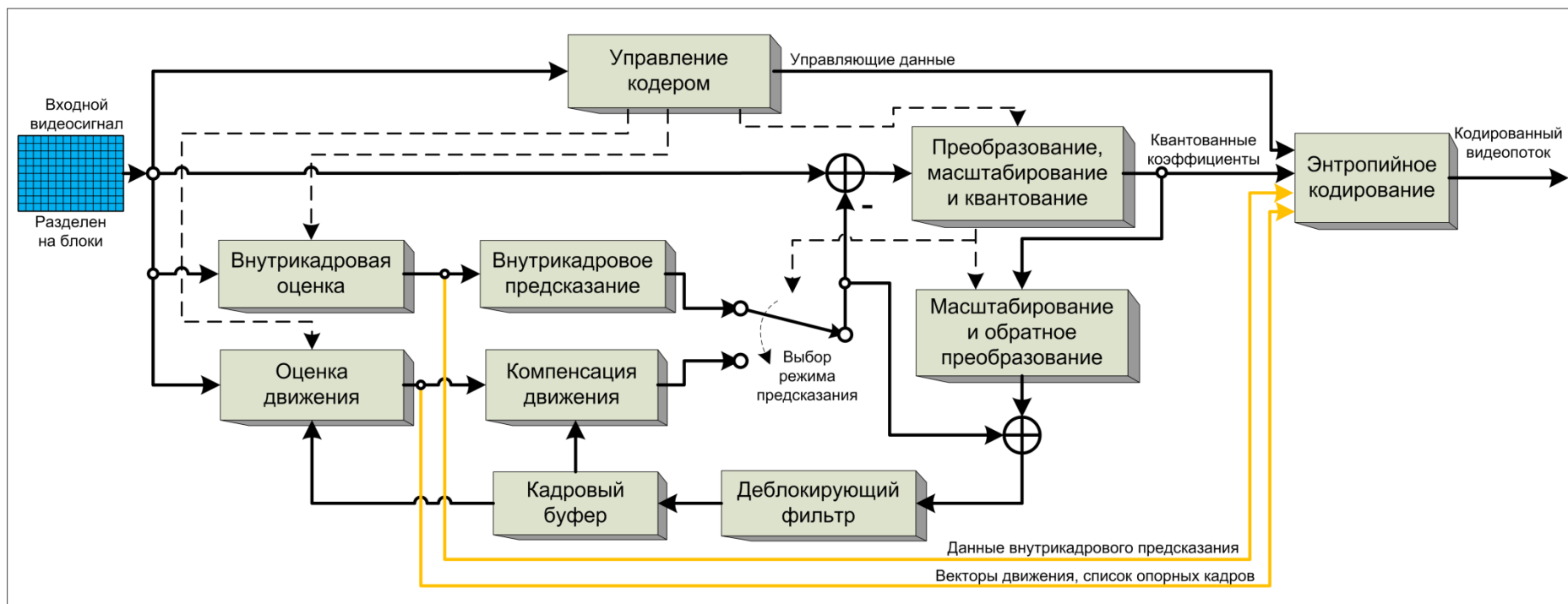
- I – сжатые независимо
- P – со ссылкой только назад
- B – с зависимостью от двух кадров

# Простейший видеокодек

## Описание

- Сжатие I-кадров
  - Поблочное ДКП
  - Квантование
  - RLE
- Компенсация движения
- Сжатие межкадровой разницы
- Энтропийное кодирование

# Схема видеокодера





# Содержание

---

- Введение
  - Принцип работы видеокодека
  - **Стандарты сжатия видео**
- Нововведения стандарта H.265
- Сжатие 3D видео
- Заключение

# Стандарты сжатия видео

## 1983-1996

- H.261 (1983)
  - Общая концепция
  - I/P-кадры
  - Максимальное разрешение 352×288
- MPEG1 (1992)
  - В-кадры
  - Полупиксельная точность ME
- MPEG2 (1996)



# Стандарты сжатия видео 1998-2013



- MPEG4 (1998)
- H.264/MPEG4 Part 10 (2003)
- H.265/HEVC (2013)
  - Февраль 2012: Полный проект стандарта
  - Июль 2012: Проект международного стандарта
  - Январь 2013: Окончательный проект Международного стандарта
  - Апрель 2013: Международный стандарт



# H.265/HEVC

---

Разрабатывается Joint Collaborative Team  
on Video Coding (MPEG и VCEG)

Принятие стандарта намечено на 2013 год

Главная цель – уменьшение битрейта на 50%  
по сравнению с H.264 при том же качестве

# Разработка стандарта

1. Call for Proposals
2. Оценка предложений
3. Создание верификационной модели
4. Итерации развития модели
  - Генерация проектов стандарта
  - Новые версии модельного ПО
5. Принятие международного стандарта

# HEVC Call for Proposals

## Тестовые последовательности

Class	Bit Rate 1	Bit Rate 2	Bit Rate 3	Bit Rate 4	Bit Rate 5
<b>A: 2560x1600p30</b>	2.5 Mbit/s	3.5 Mbit/s	5 Mbit/s	8 Mbit/s	14 Mbit/s
<b>B1: 1080p24</b>	1 Mbit/s	1.6 Mbit/s	2.5 Mbit/s	4 Mbit/s	6 Mbit/s
<b>B2: 1080p50-60</b>	2 Mbit/s	3 Mbit/s	4.5 Mbit/s	7 Mbit/s	10 Mbit/s
<b>C: WVGAp30-60</b>	384 kbit/s	512 kbit/s	768 kbit/s	1.2 Mbit/s	2 Mbit/s
<b>D: WQVGAp30-60</b>	256 kbit/s	384 kbit/s	512 kbit/s	850 kbit/s	1.5 Mbit/s
<b>E: 720p60</b>	256 kbit/s	384 kbit/s	512 kbit/s	850 kbit/s	1.5 Mbit/s

- 6 классов, 5 битрейтов для каждого класса
- Класс E – видеоконференции

# HEVC Call for Proposals

## Ограничения

- Ограничения на структуру видеопотока
  - Без переупорядочивания кадров в декодере
  - Переупорядочивание не более, чем на 8 кадров
- Ограничения на процесс кодирования
  - Отсутствие препроцессинга
  - Отсутствие постпроцессинга вне декодера
  - Постоянный коэффициент квантования
  - Отсутствие машинного обучения

# HEVC Call for Proposals

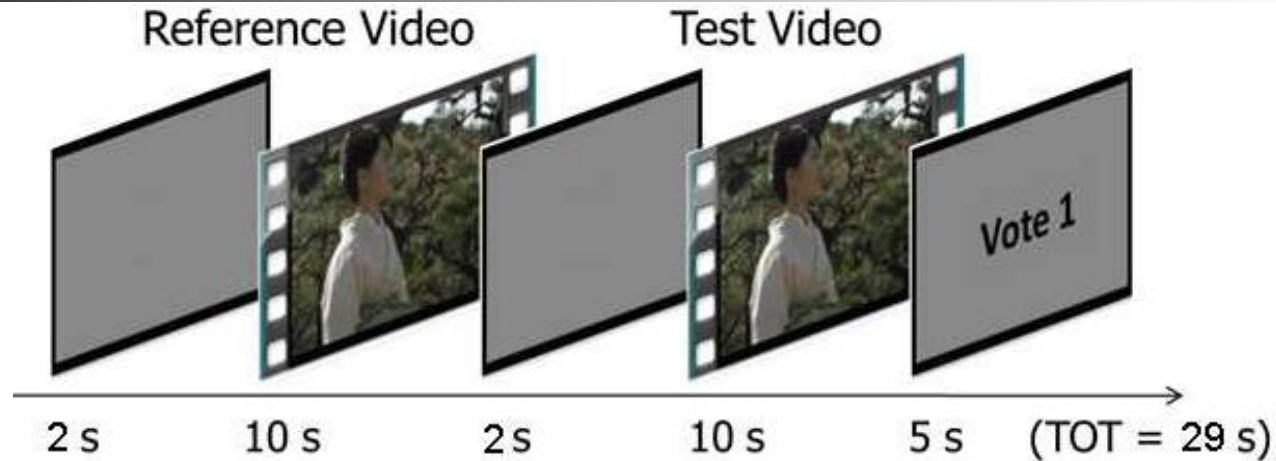
## Требования

Участник обязан предоставить:

- Битовый поток (закодированное видео)
- Исполнительный файл декодера
- Выход декодера в форматах YUV и AVI

# Субъективное тестирование

## Методика



Double Stimulus Impairment Scale (DSIS)

- Reference – видео до сжатия
- Test – все предложения + видео до сжатия + 2 раза опорные результаты (H.264)

# Субъективное тестирование

## Условия

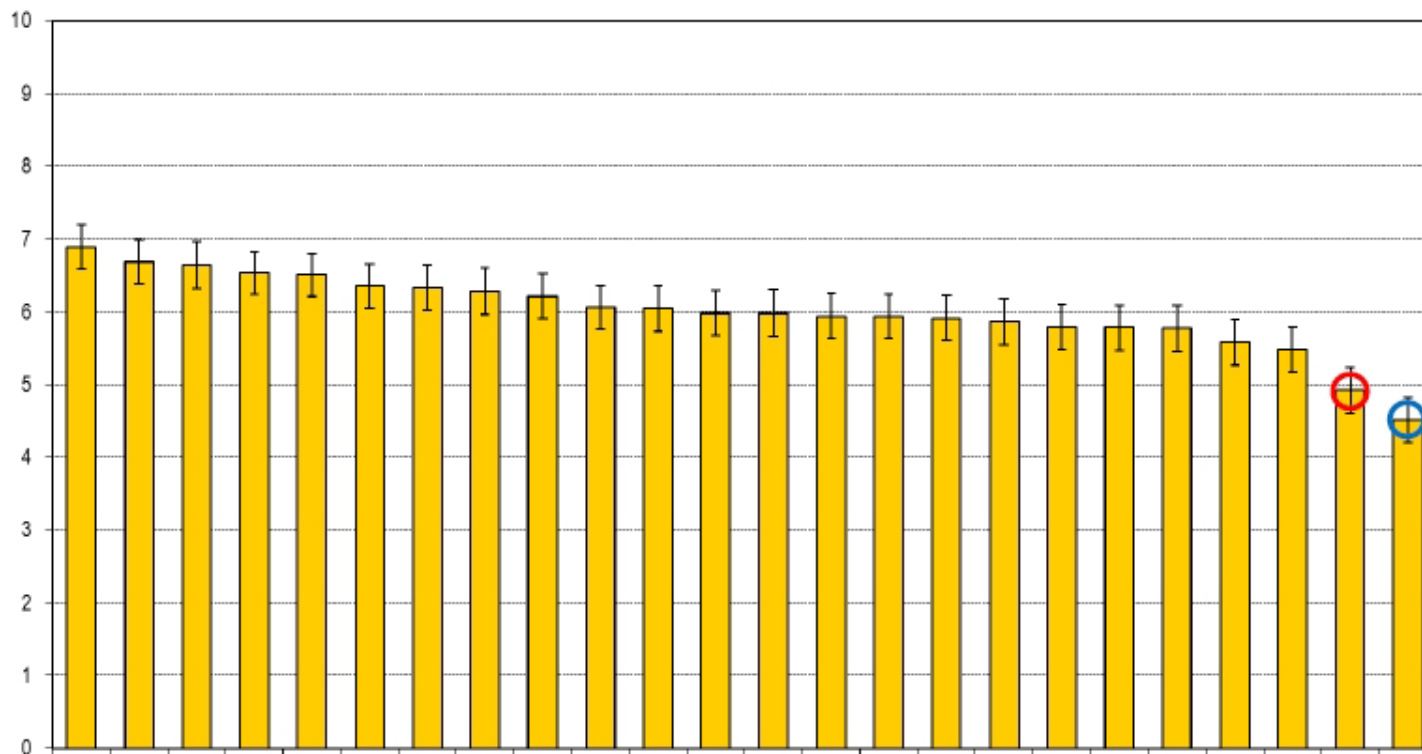


- 3 лаборатории, 850 человек, 4200 видео
  - Одинаковые устройства отображения
  - Постоянная цветовая температура освещения
  - Неизменная методика
- Оценка по 11-бальной шкале



# Субъективное тестирование

## Результаты



Два худших результата – H.264/AVC

# H.265/HEVC

## Нововведения

Adaptive  
loop filter  
(ALF)

Sample  
adaptive  
offset (SAO)

64x64 to 8x8  
Coding units

Intra  
prediction (35  
modes)

Residual  
quad-tree

Internal bit  
depth  
increase (IBDI)

Adaptive  
motion vector  
prediction

Large-size  
transforms  
(32x32 to 4x4)

Tiles &  
wavefronts



# Содержание

---

- Введение
- Нововведения стандарта H.265
  - **Структура деления на блоки**
  - Sample Adaptive Offset
- Сжатие 3D видео
- Заключение

# Разбиение на блоки

## Примеры предложений

- Разделение квадратного блока прямой
  - Большой объем дополнительных данных
- Оценка использованного разбиения на стороне декодера
  - Никаких дополнительных данных в потоке
  - Невозможно гарантировать точность оценки
  - Увеличение сложности декодера

# Разбиение на блоки в HEVC

## CTU & CU



- Coding Tree Unit (CTU)
  - Элемент равномерной сетки
  - Каждый CTU – корень квадродерева
  - Размер определяется параметром Largest CU
- Coding Unit (CU)
  - Элемент квадродерева
  - Аналог макроблоков
  - Размер зависит от параметра Maximum Hierarchical Depth

# Разбиение на блоки в HEVC

## PU with AMP



## Prediction Unit (PU)

- Блок для выбора предсказания
- Максимальный размер равен размеру соответствующего CU

Skip

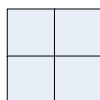


2Nx2N

Intra

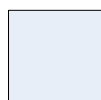


2Nx2N

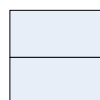


NxN

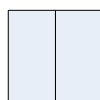
Inter



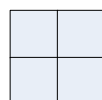
2Nx2N



2NxN



Nx2N



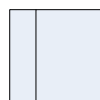
NxN



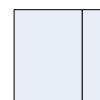
2NxN<sub>U</sub>



2NxN<sub>D</sub>



nLx2N



nRx2N

# Разбиение на блоки в HEVC

## Выигрыш от AMP



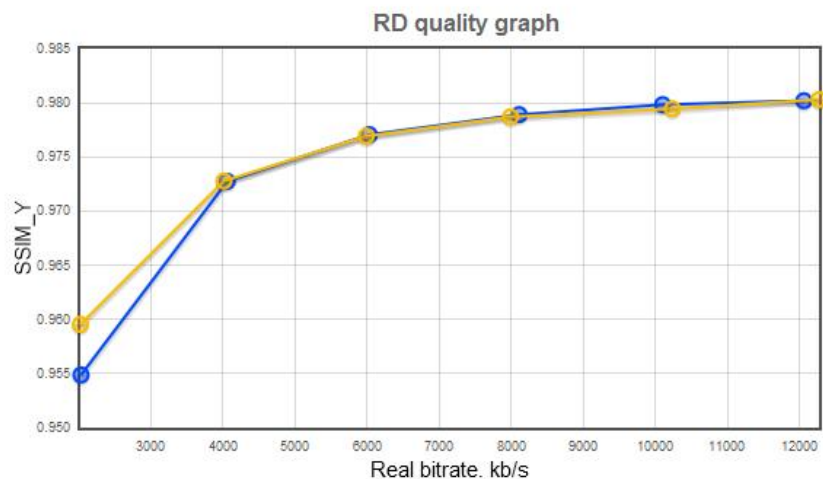
Sequence name : bluesky

Used metric : SSIM

Used colorplane : Y-YUV

Video properties : 1920x1080 @ 25 fps, 217 frames

hevc, normal  hevc, amp\_off



2Nx2N



2Nx2D



nLx2N



nRx2N

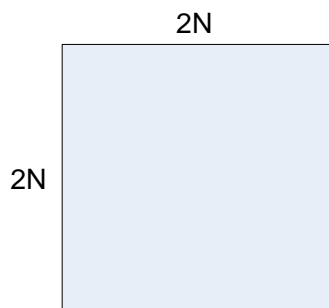
# Разбиение на блоки в HEVC



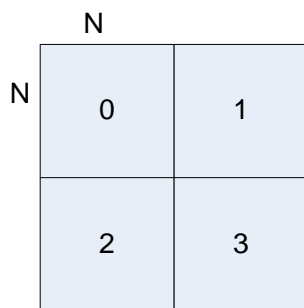
TU

## Transform Unit (TU)

- Блок для ДКП
- Максимальный размер равен размеру соответствующего CU

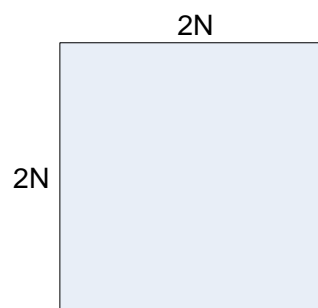


transform unit size flag = 0

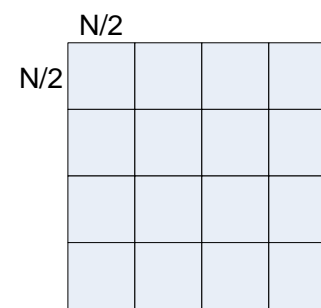


transform unit size flag = 1

(a)  $2N \times 2N$ ,  $2N \times N$ ,  $N \times 2N$ ,  $N \times N$  case



transform unit size flag = 0



transform unit size flag = 1

(b)  $2N \times nU$ ,  $2N \times nD$ ,  $nL \times 2N$ ,  $nR \times N$  case





# Содержание

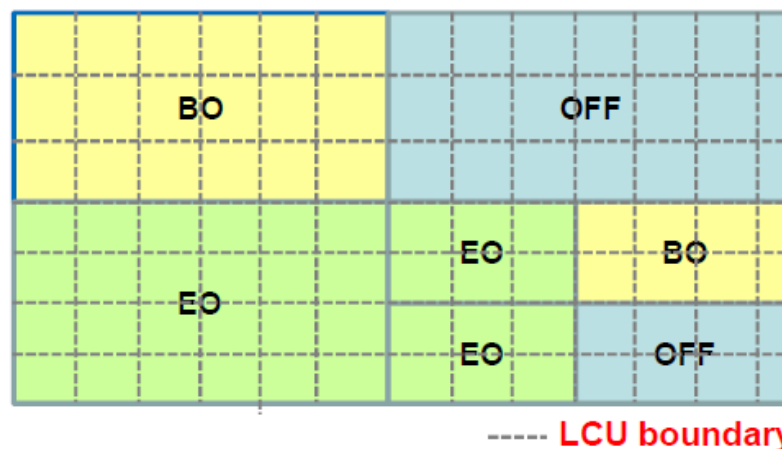
---

- Введение
- Нововведения стандарта H.265
  - Структура деления на блоки
  - **Sample Adaptive Offset**
- Сжатие 3D видео
- Заключение

# Sample Adaptive Offset

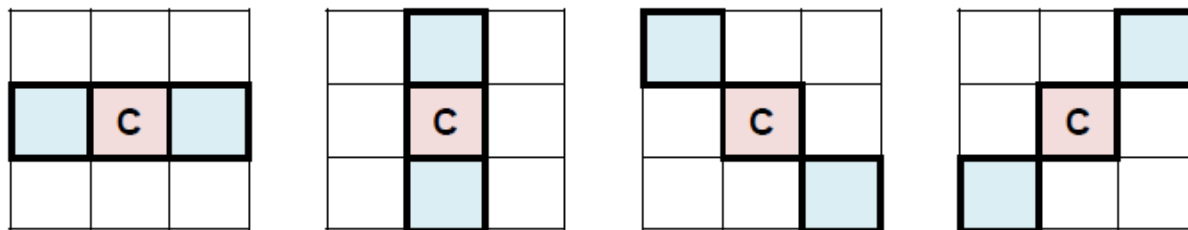
## Введение

- SAO – способ уменьшения искажений на границах объектов
- В схеме кодека расположен после фильтра удаления блочности
- Две составные части: Edge и Band Offset



# Sample Adaptive Offset

## Edge Offset



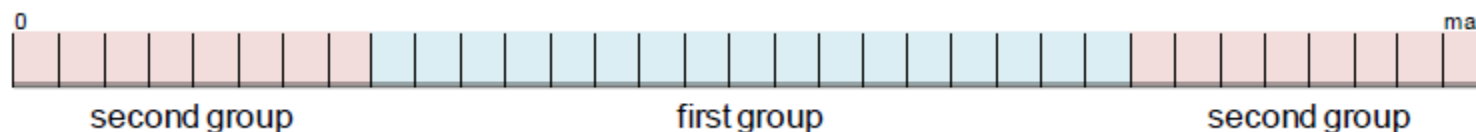
Category	Condition
1	$c < 2$ neighbors
2	$c < 1$ neighbor && $c == 1$ neighbor
3	$c > 1$ neighbor && $c == 1$ neighbor
4	$c > 2$ neighbors

Для каждого класса вычисляется среднее значение разницы между исходным и восстановленным сигналами

# Sample Adaptive Offset

## Band Offset

- Вычисляется среднее значение ошибки для диапазонов значений пикселей
- Для классификации используются 5 старших бит значения пикселя
- Ошибка стремится к нулю при увеличении числа пикселей из данного диапазона



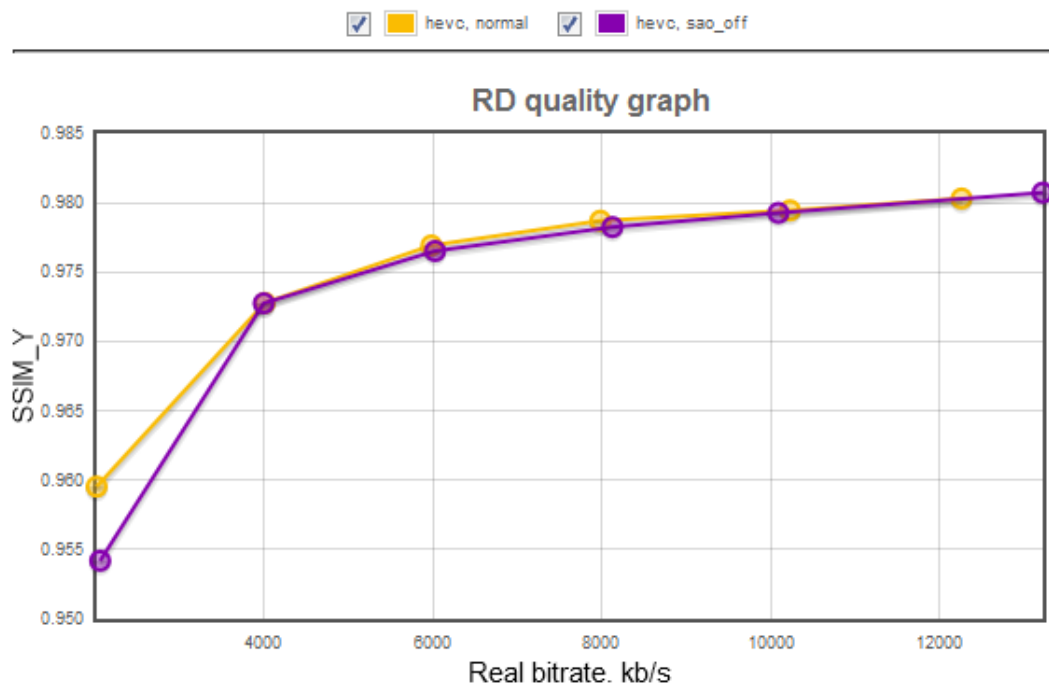
# Sample Adaptive Offset

## Результаты (1)

Anchor : JCTVC-D600		HE-RA	HE-LD	LC-RA	LC-LD
		Y BD-rate (%)	Y BD-rate (%)	Y BD-rate (%)	Y BD-rate (%)
Class A 2560x1600	Traffic	-1.4		-1.5	
	PeopleOnStreet	-1.5		-2.3	
	Nebuta	-0.8		-2.8	
	SteamLocomotive	-0.9		-3.2	
Class B 1080p	Kimono	-0.5	-0.9	-0.9	-3.2
	ParkScene	-0.7	-1.6	-1.0	-2.8
	Cactus	-1.6	-2.1	-2.3	-3.4
	BasketballDrive	-1.1	-1.8	-2.1	-3.4
	BQTerrace	-3.7	-4.0	-5.5	-5.4
Class C WVGA	BasketballDrill	-2.4	-3.9	-2.3	-4.1
	BQMall	-1.4	-2.7	-1.4	-3.2
	PartyScene	-0.9	-2.0	-0.3	-2.1
	RaceHorses	-0.8	-1.0	-2.2	-2.7
Class D WQVGA	BasketballPass	-0.5	-1.0	-0.8	-1.9
	BQSquare	-2.7	-3.4	-1.2	-2.2
	BlowingBubbles	-0.6	-1.3	0.1	-0.7
	RaceHorses	-0.6	-1.3	-1.3	-2.1
Class E 720p	Vidyo1		-2.7		-2.7
	Vidyo3		-4.5		-6.2
	Vidyo4		-1.1		-2.6
Summary	All	-1.3	-2.2	-1.8	-3.0
	Encoding Time (%)	100	100	100	99
	Decoding Time (%)	103	103	101	101

# Sample Adaptive Offset

## Результаты (2)



Sequence name : bluesky

Used metric : SSIM

Used colorplane : Y-YUV

Video properties : 1920x1080 @ 25 fps, 217 frames



# Содержание

---

- Введение
- Нововведения стандарта H.265
- **Сжатие 3D видео**
- Заключение

# Сжатие 3D видео

## Введение

- Простейшие варианты:
  - Сжимать каждый ракурс отдельно
  - Объединять все ракурсы в один поток
- Расширения стандартов:
  - H.264/AVC – MVC (2009)
  - H.265/HEVC – MV-HEVC (2014)



# Расширение HEVC

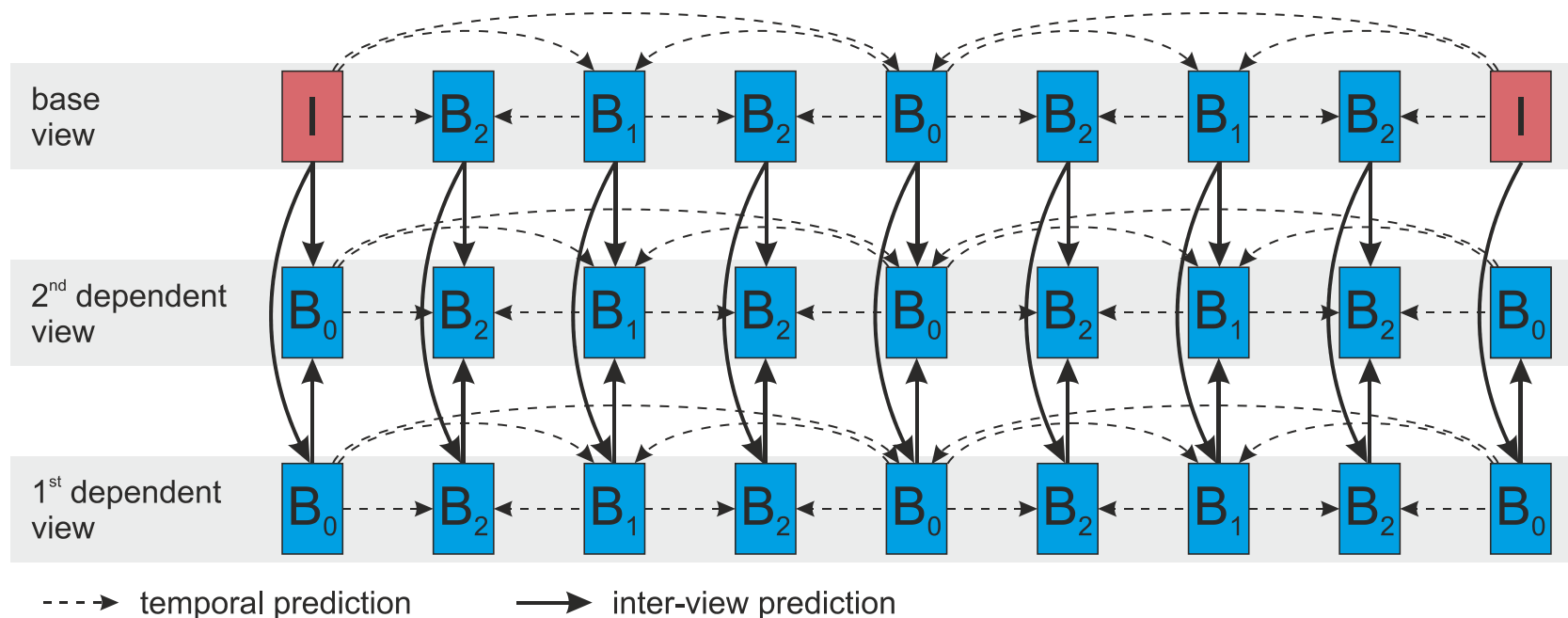
## Call for Proposals

### Joint Collaborative Team on 3D Video Coding Extension Development (JCT-3V)

- Тестовые последовательности:
  - Съёмка и синтезированные
  - 1920×1080 и 1024×768
  - Двухракурсные и трехракурсные
- Тестовое оборудование:
  - 46" Hyundai S465D polarized stereo monitor
  - 52" Dimenco BDL5231V autostereo monitor

# Расширение HEVC

## Схема кодирования



# Расширение HEVC

## Результаты



### Performance of multiview HEVC compared to simulcast HEVC (HM 3.0)

	1 <sup>st</sup> dependent view			2 <sup>nd</sup> dependent view		
	Y BD-rate	U BD-rate	V BD-rate	Y BD-rate	U BD-rate	V BD-rate
Poznan_Hall2	-22.7	-16.6	-21.8	-46.6	-42.0	-41.8
Poznan_Street	-36.6	-37.3	-31.9	-64.2	-64.7	-63.5
Undo_Dancer	-50.2	-52.9	-51.9	-73.2	-75.6	-74.6
GT_Fly	-52.9	-54.1	-54.3	-78.3	-79.1	-79.2
Kendo	-21.8	-14.3	-19.3	-51.8	-46.1	-48.0
Balloons	-30.4	-25.6	-27.3	-51.5	-47.8	-50.7
Lovebird1	-36.3	-32.2	-33.0	-52.1	-48.7	-49.5
Newspaper	-16.0	-13.8	-15.3	-50.3	-45.7	-46.9
Overall	-33.4	-30.9	-31.9	-58.5	-56.2	-56.8

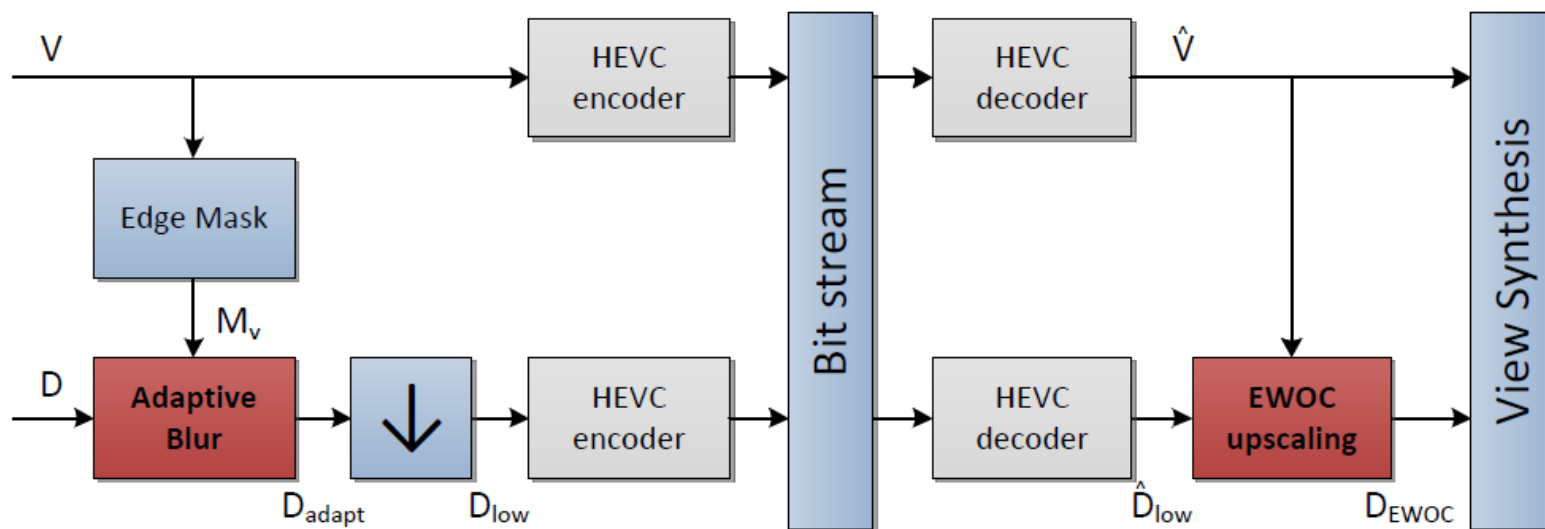
# Расширение HEVC

## Кодирование карты глубины

- Карта глубины занимает 10-20% потока при сжатии вместе с видео
- Это значение можно сократить, передавая уменьшенную карту глубины
- При изменении размера карты глубины можно учитывать информацию о текстуре

# Расширение HEVC

## Схема кодирования карт глубины



# Расширение HEVC

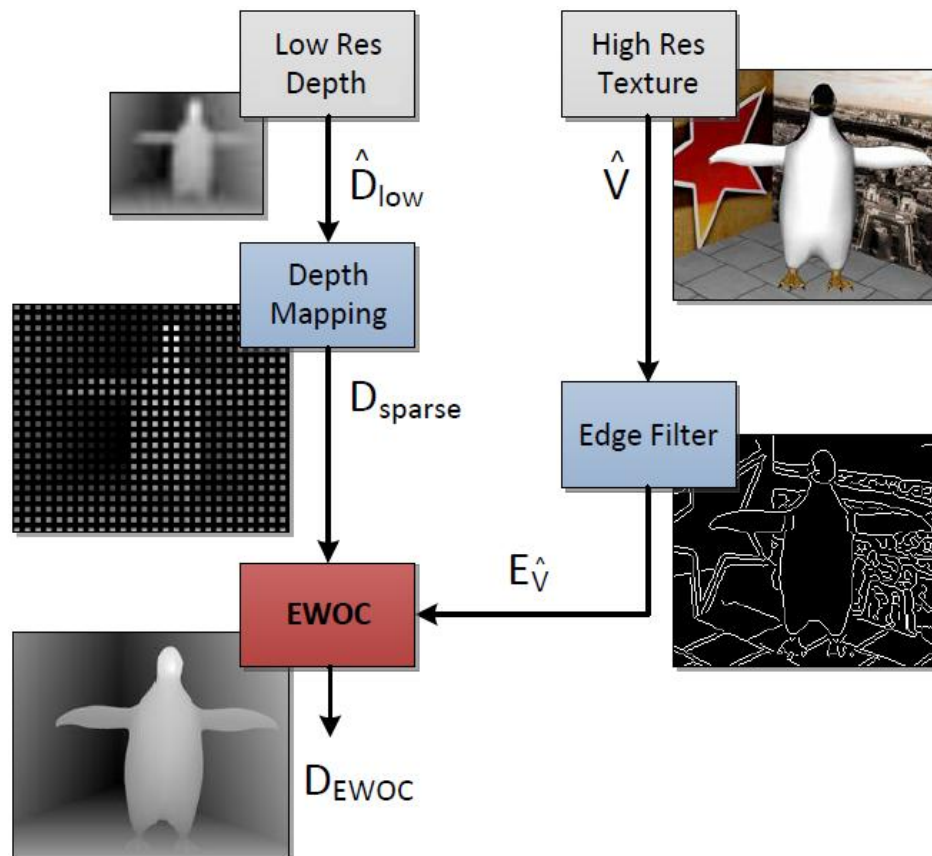
## Adaptive Blur

$$D_{adapt} = (D * G_{16}) \cdot ((1 - M_V) * G_3) + D \cdot (M_V * G_3)$$

Идея: увеличить однородность карты глубины, сохранив важные детали

# Расширение HEVC

## Edge Weighted Optimization Concept (1)



# Расширение HEVC

## Edge Weighted Optimization Concept (2)

$$Q_E(x, y) = 1 - E_{\hat{V}}(x, y)$$

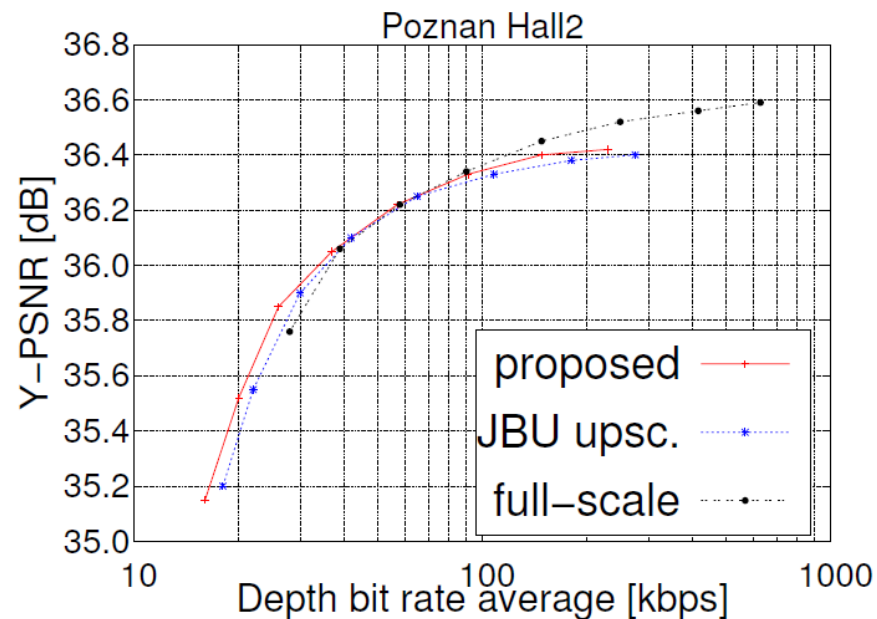
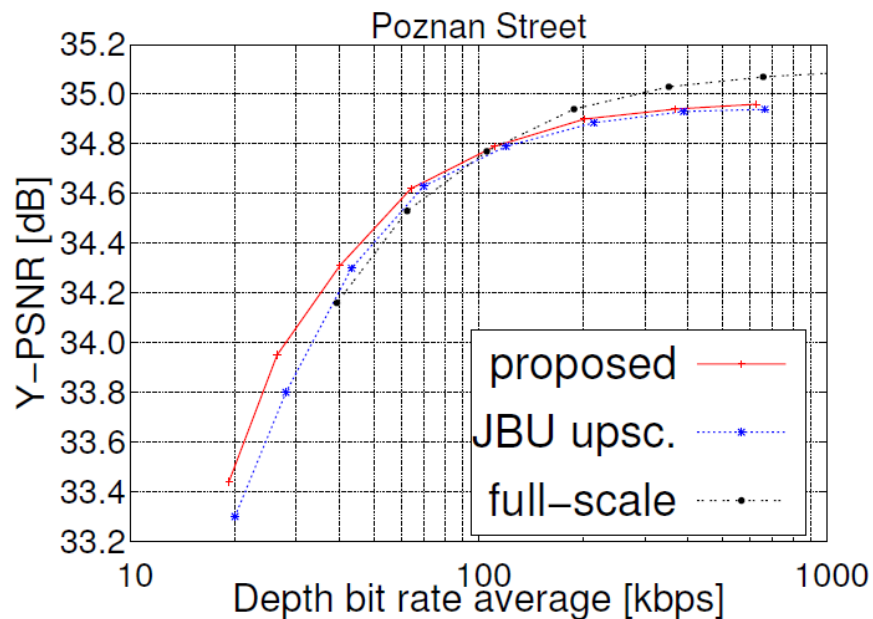
$$Q_E(x, y) \cdot (d(x, y) - d(x + 1, y)) = 0$$

$$Q_E(x, y) \cdot (d(x, y) - d(x, y + 1)) = 0$$



# Расширение HEVC

## Результаты





# Содержание

---

- Введение
- Нововведения стандарта H.265
- Сжатие 3D видео
- **Заключение**

# Тестирование HEVC

## Результаты (1)

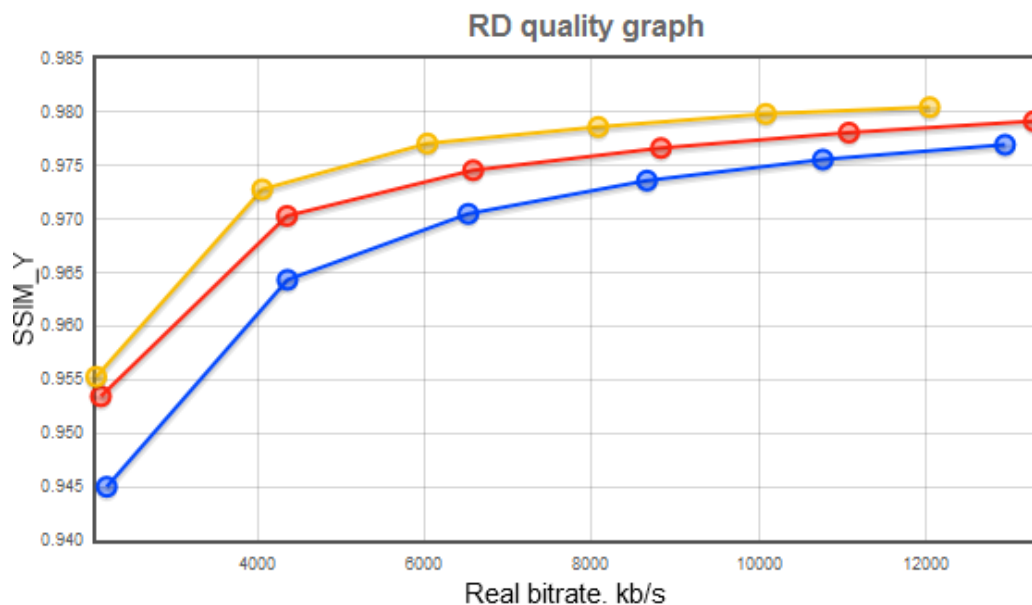
Sequence name : bluesky

Used metric : SSIM

Used colorplane : Y-YUV

Video properties : 1920x1080 @ 25 fps, 217 frames

x264, hd\_fast
  divx, hd\_fast
  hevc, normal



# Тестирование HEVC

## Результаты (2)

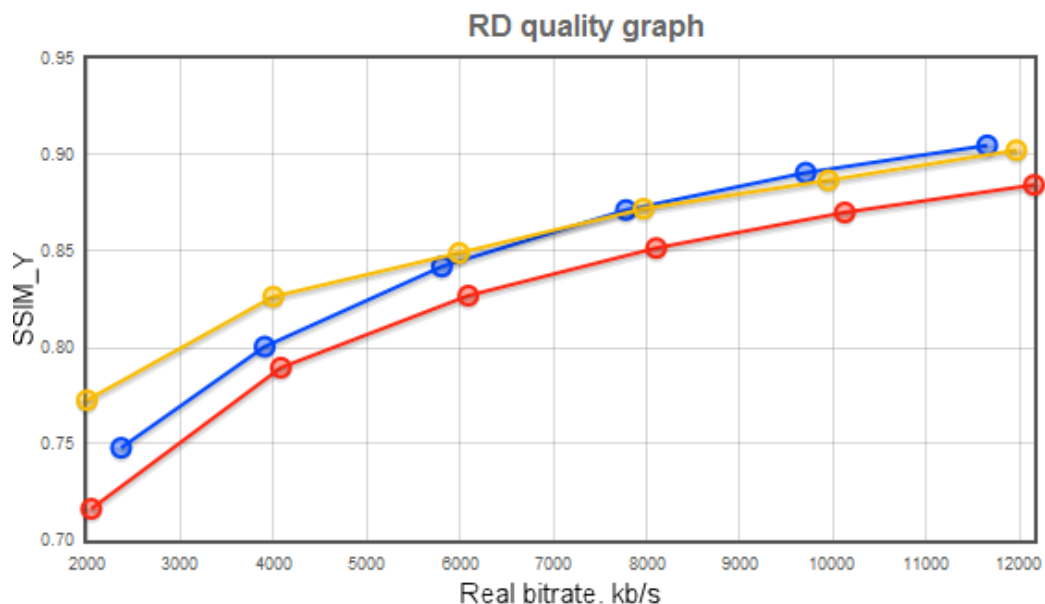
Sequence name : riverbed

Used metric : SSIM

Used colorplane : Y-YUV

Video properties : 1920x1080 @ 25 fps, 250 frames

x264, hd\_fast
  divx, hd\_fast
  hevc, normal



# Тестирование HEVC

## Результаты (3)

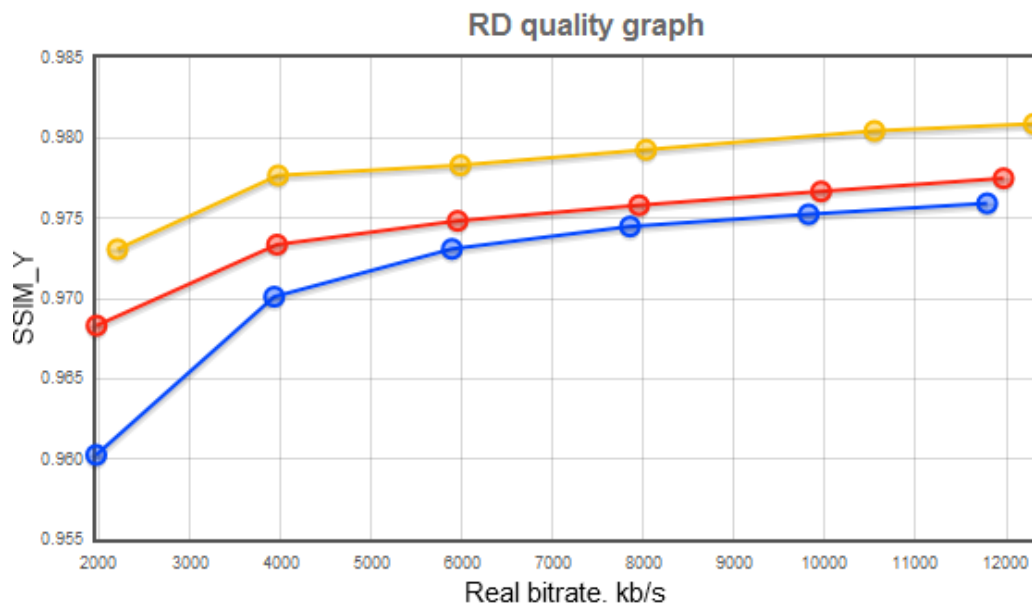
Sequence name : sunflower

Used metric : SSIM

Used colorplane : Y-YUV

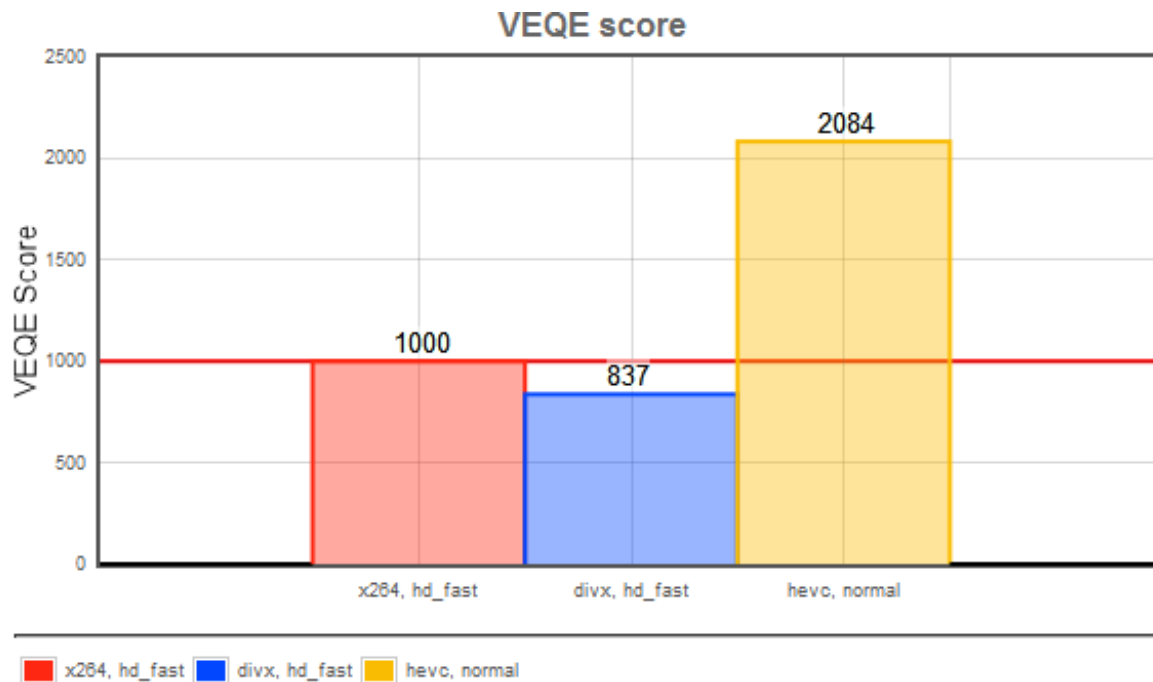
Video properties : 1920x1080 @ 25 fps, 500 frames

x264, hd\_fast   divx, hd\_fast   hevc, normal



# Тестирование HEVC

## Результаты (4)



# Литература (1)

1. Gary J. Sullivan et al., "Overview of the High Efficiency Video Coding (HEVC) Standard," in *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 2012
2. Jens-Rainer Ohm et al., "Comparison of the Coding Efficiency of Video Coding Standards – Including High Efficiency Video Coding (HEVC)," in *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 2012
3. Il-Koo Kim et al., "Coding efficiency improvement of HEVC using asymmetric motion partitioning," in *IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB)*, 2012
4. Chih-Ming Fu et al., "Sample adaptive offset for HEVC," in *IEEE 13<sup>th</sup> International Workshop on Multimedia Signal Processing (MMSP)*, 2011
5. K. McCann et al., "Video coding technology proposal by Samsung (and BBC)," in *Documents of the first meeting of JCT-VC*, 2010

# Литература (2)

1. Jakub Stankowski et al., "Multiview HEVC – experimental results," in *Documents of JCT-VC meeting*, Geneva, 2011
2. Anthony Vetro and Dong Tian, "Analysis of 3D and multiview extensions of the emerging HEVC standard," in *SPIE Applications of Digital Image Processing XXXV*, San Diego, 2012
3. Sebastian Schwarz et al., "Adaptive depth filtering for HEVC 3D video coding," in *Picture Coding Symposium (PCS)*, 2012