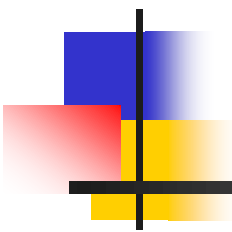


Обзор расширений стандарта H.264 и тенденции развития кодеков нового поколения



Александр Воронов

Video Group

CS MSU Graphics & Media Lab



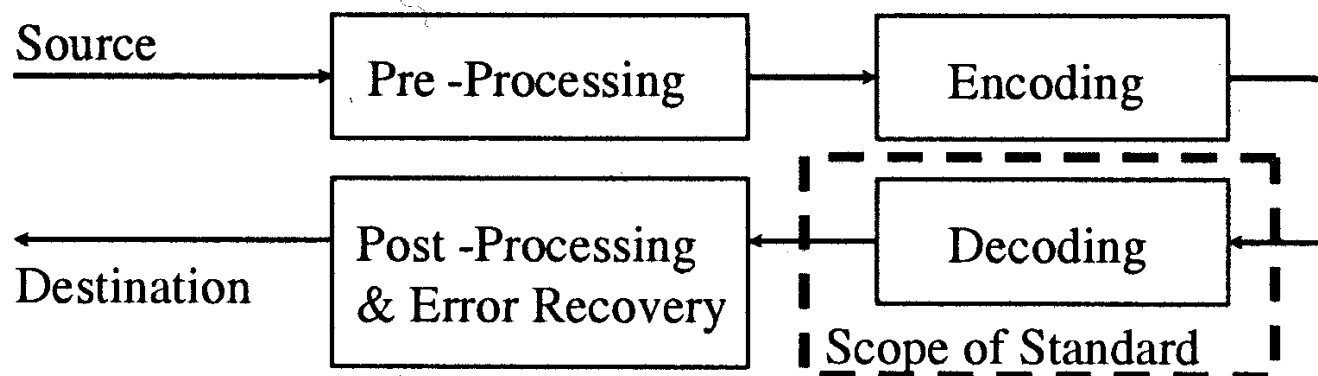
Содержание

- Введение
- Некоторые алгоритмы из H.264
- Расширения H.264
- Новый стандарт H.265
- Выводы

Введение

Стандарт H.264 / MPEG-4 Part 10 / AVC

- Разработан в 2003 году
- Разработчик — JVT (Joint Video Team)
 - VCEG (ITU-T Video Coding Experts Group)
 - MPEG (ISO / IEC Moving Picture Experts Group)



Основные особенности

- Несколько референсных кадров
- Иерархия В-кадров
- Переменный размер блока (от 16x16 до 4x4)
- Вектора движения, выходящие за границы кадра
- Веса референсных кадров
- Пространственное предсказание для intra-блоков
- Inloop deblocking
- CABAC (Context-based adaptive binary coding)

Существующие реализации



- x264
- MainConcept (DivX 7)
- Elecard
- Intel IPP
- Nero
- QuickTime
- и многие другие



Содержание

- Введение
- **Некоторые алгоритмы из H.264**
 - Методы квантования
 - Психовизуальная оптимизация
- Расширения H.264
- Новый стандарт H.265
- Выводы



Методы квантования

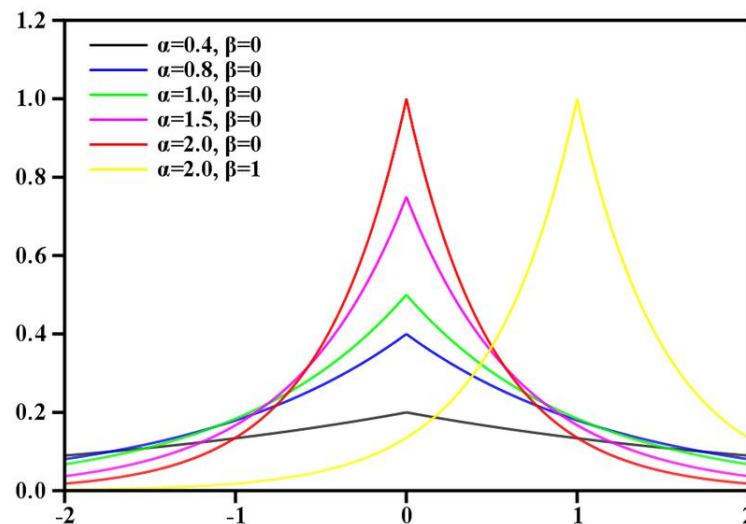
- Обычное квантование
- Использование deadzone
- Trellis квантование

Методы квантования

Deadzone

- Коэффициенты DCT имеют распределение Лапласа

$$\frac{\alpha}{2} e^{-\alpha|x-\beta|}$$



- Перед делением нужно сместить центр распределения ближе к нулю

Методы квантования

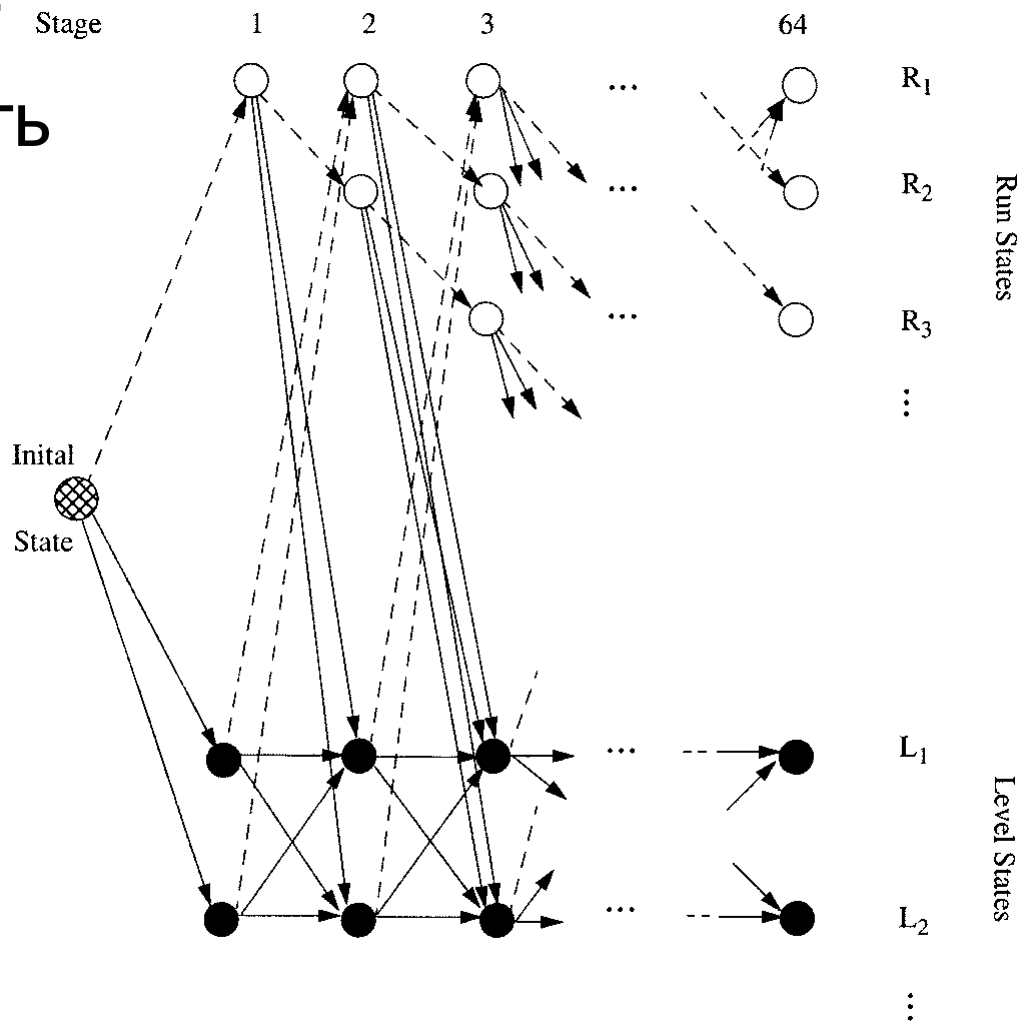
Trellis quantization

- Рассмотрим вектор из 64 коэффициентов квантования
- Каждому коэффициенту будет соответствовать одна стадия (stage)
- Обозначения:
 - Level state $L_j(i)$: i -тый коэффициент имеет значение J
 - Run state: $R_k(i)$ i -тый коэффициент и $k-1$ предыдущих коэффициентов имеют значение 0
- Будем минимизировать функцию $R + \lambda D$

Методы квантования

Trellis quantization

- Последовательность принятия решений в виде графа
- Задача поиска оптимального пути
 - Алгоритм Витерби



Методы квантования

Trellis quantization

Результаты для x264

- Скорость:

- no trellis: 3.63 fps
- trellis: 3.05 fps (- 16%)

- Средний PSNR:

- no trellis: 44.090
- trellis: 44.216



Содержание

- Введение
- Некоторые алгоритмы из H.264
 - Улучшения метода квантования
 - **Психовизуальная оптимизация**
- Расширения H.264
- Новый стандарт H.265
- Выводы

Психовизуальная оптимизация



- PSNR не учитывает структурную сложность изображения
- Помимо PSNR при кодировании нужно учитывать разницу в сложности между исходником и результатом

Психовизуальная оптимизация

source



Психовизуальная оптимизация



no psy



Психовизуальная оптимизация



psy-rdo



Психовизуальная оптимизация

source



Психовизуальная оптимизация



- source: 1024x560
- no psy: 500 kbps
 - Y-PSNR: 41.861 dB
 - SSIM: 0.9736
- psy-rdo: 500 kbps
 - Y-PSNR: 40.994 dB
 - SSIM: 0.9697



Содержание

- Введение
- Некоторые алгоритмы из H.264
- Расширения H.264
 - **FRExt**
 - SVC
 - MVC
- Новый стандарт H.265
- Выводы



FRExt

FRExt – Fidelity Range Extention

- Расширение принято в 2004 году
- Расширение поддерживаемых цветовых пространств
 - YUV 4:2:2
 - YUV 4:4:4
- Целочисленное преобразование блоков 4x4 и 8x8
- Матрицы квантования
- Улучшение lossless кодирования



Содержание

- Введение
- Некоторые алгоритмы из H.264
- Расширения H.264
 - FRExt
 - **SVC**
 - MVC
- Новый стандарт H.265
- Выводы

Scalable Video Coding

Scalable Video Coding (SVC)

- Расширение принято в 2007 году
- Основная идея: возможность закодировать поток так, чтобы его можно было декодировать с разными уровнями качества



Scalable Video Coding

Приложения



- Интернет-вещание (Youtube и пр.)
- Разные устройства воспроизведения (от PDA до HDTV)
- Ненадёжная среда передачи данных
 - Усиление защиты более важной информации
- Разнородная структура среды передачи данных
 - Использование Media-Aware Network Elements

Scalable Video Coding

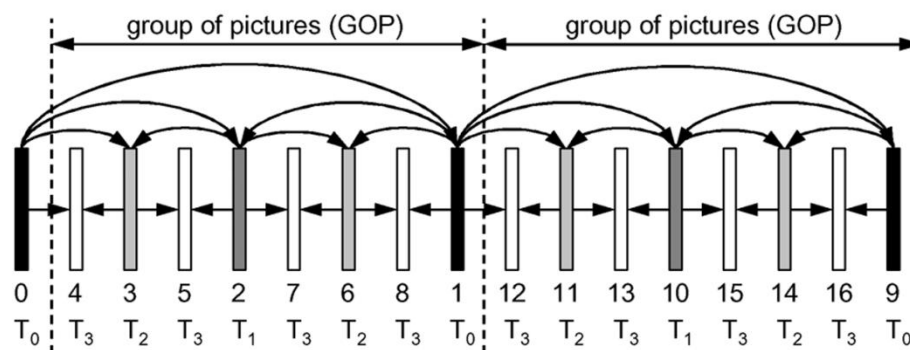
Цели стандарта

- Разумные накладные расходы (10-50%)
- Малое увеличение сложности декодирования
- Масштабируемость по
 - времени
 - разрешению
 - качеству

Scalable Video Coding

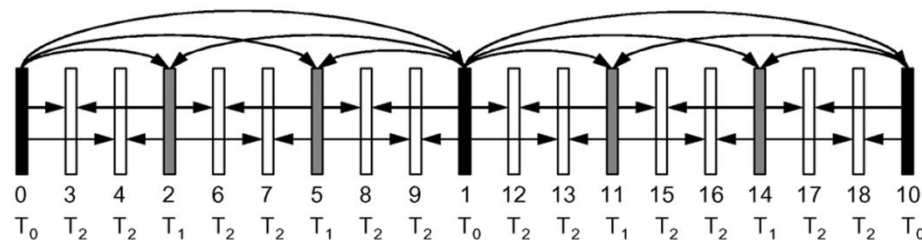
Масштабируемость по времени

- B-frames hierarchical



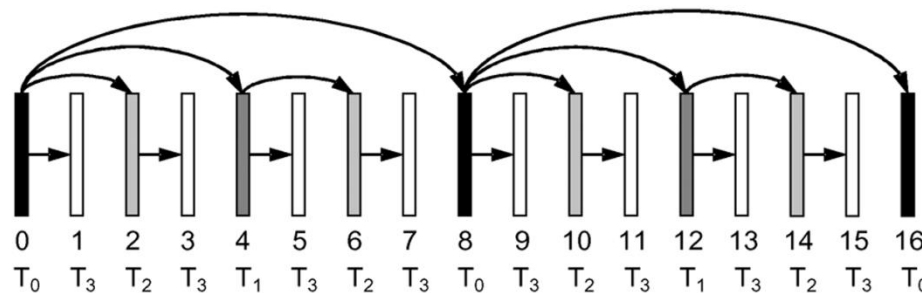
(a)

- Nondyadic hierarchical



(b)

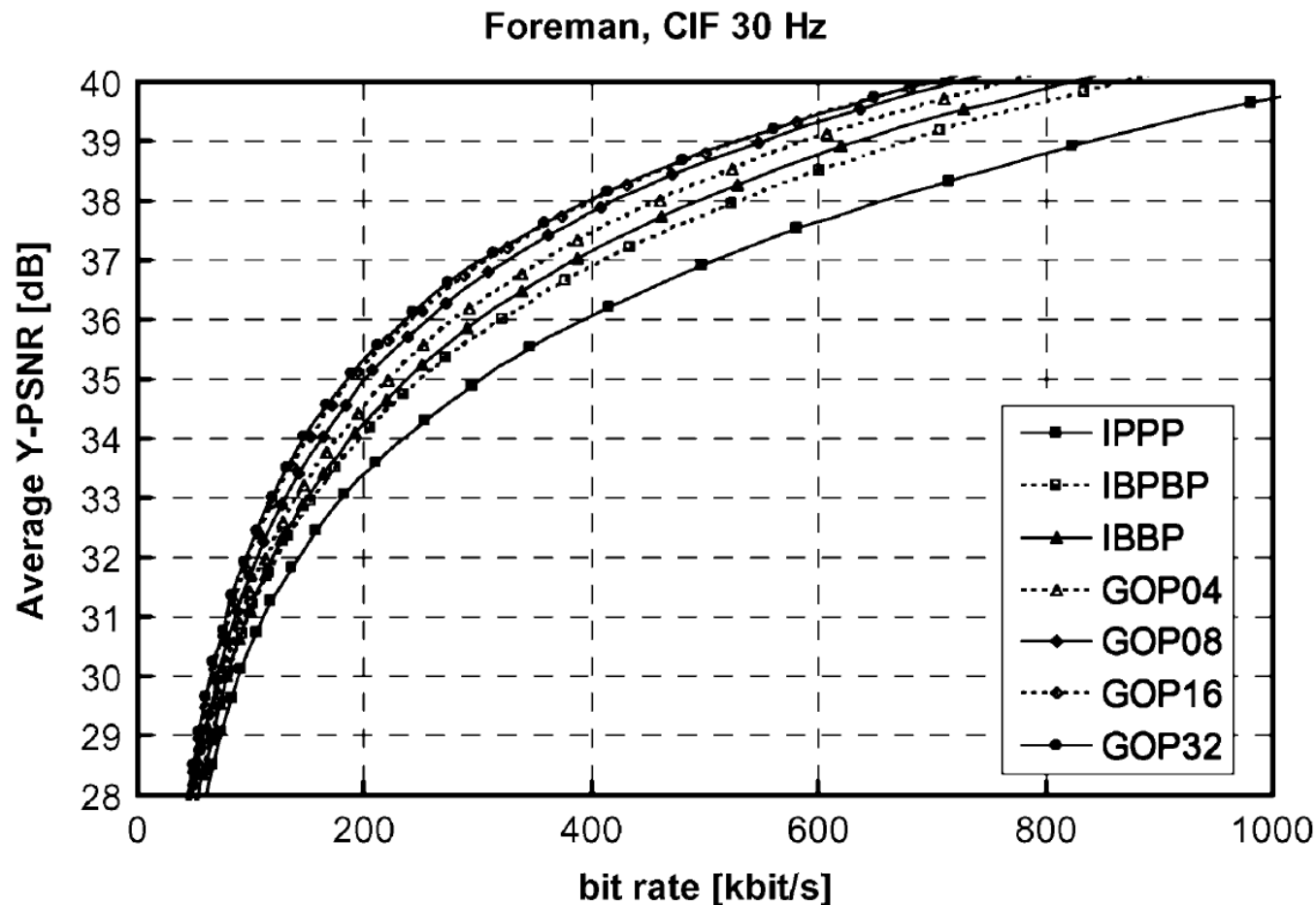
- Delay of zero



(c)

Scalable Video Coding

Масштабируемость по времени

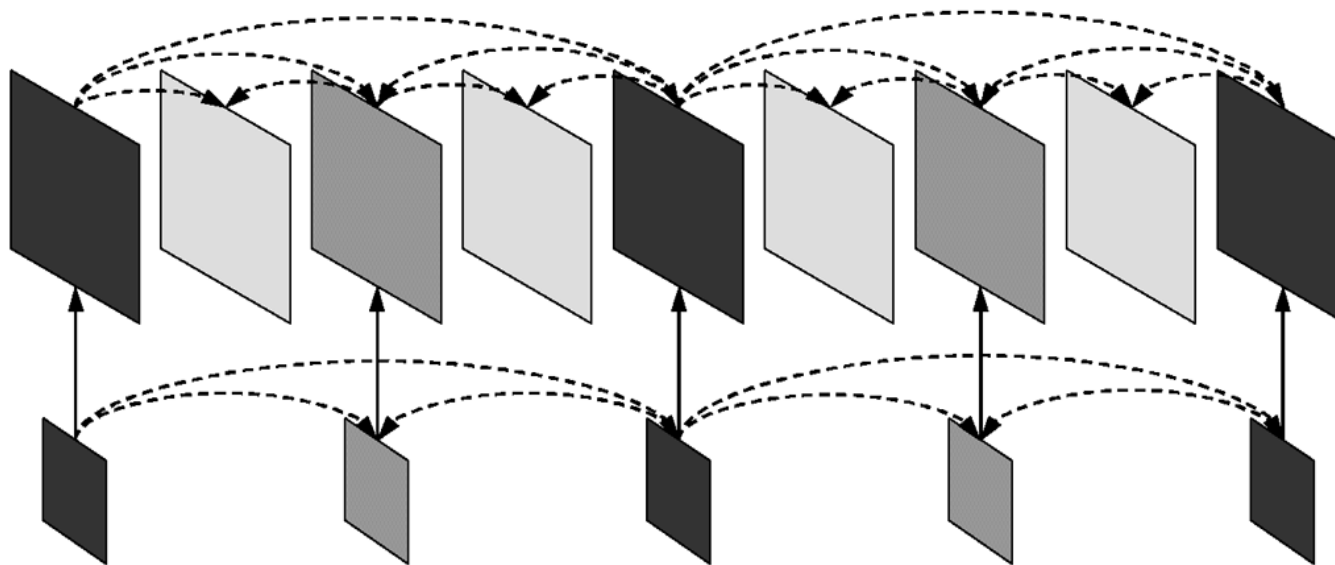


Scalable Video Coding

Масштабируемость по разрешению

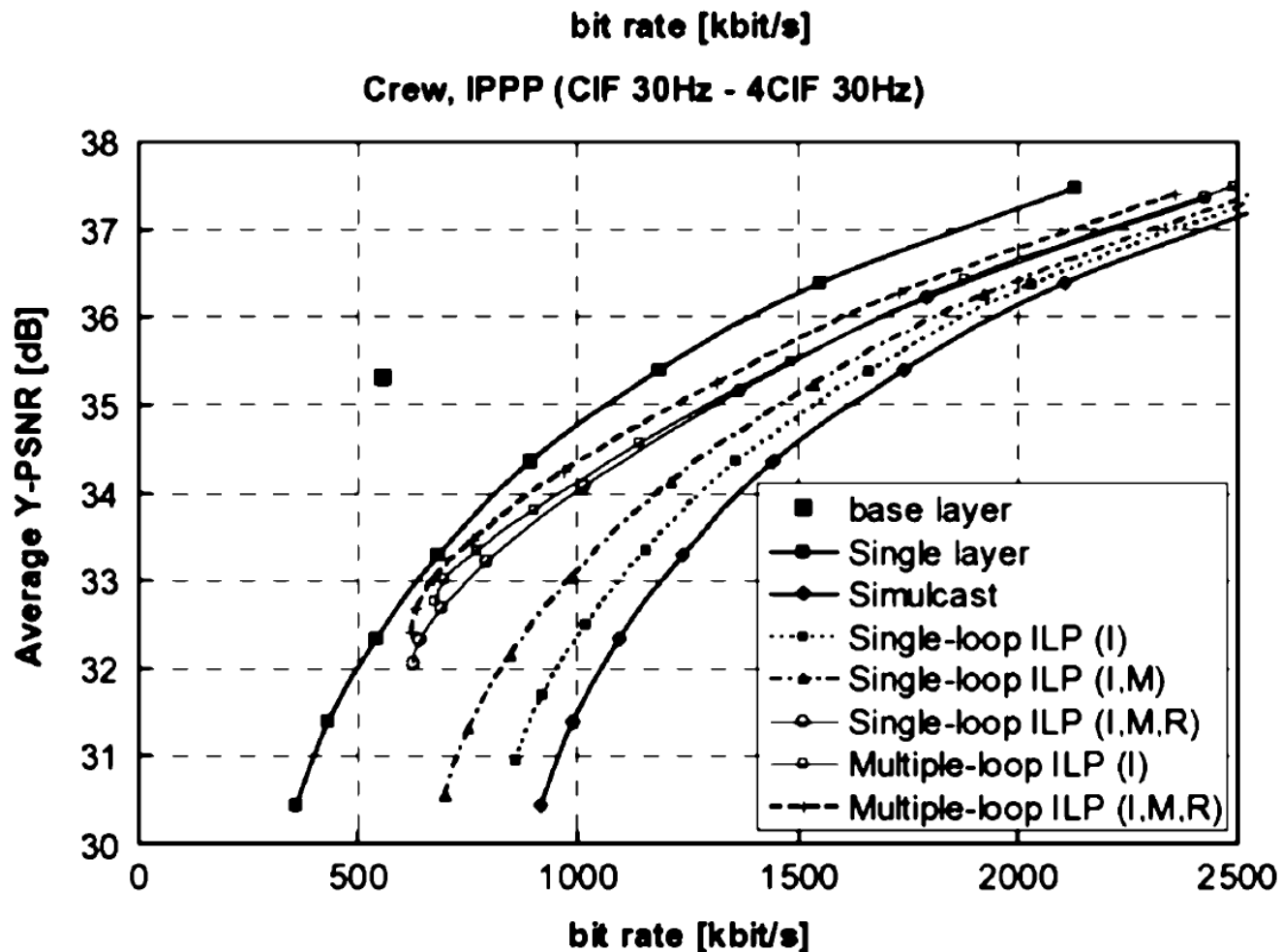
Macroblock coding:

- Motion prediction (M)
- Inter-layer residual prediction (R)
- Intra-prediction (I)



Scalable Video Coding

Масштабируемость по разрешению



Scalable Video Coding

Масштабируемость по качеству

Coarse-grain scalable coding

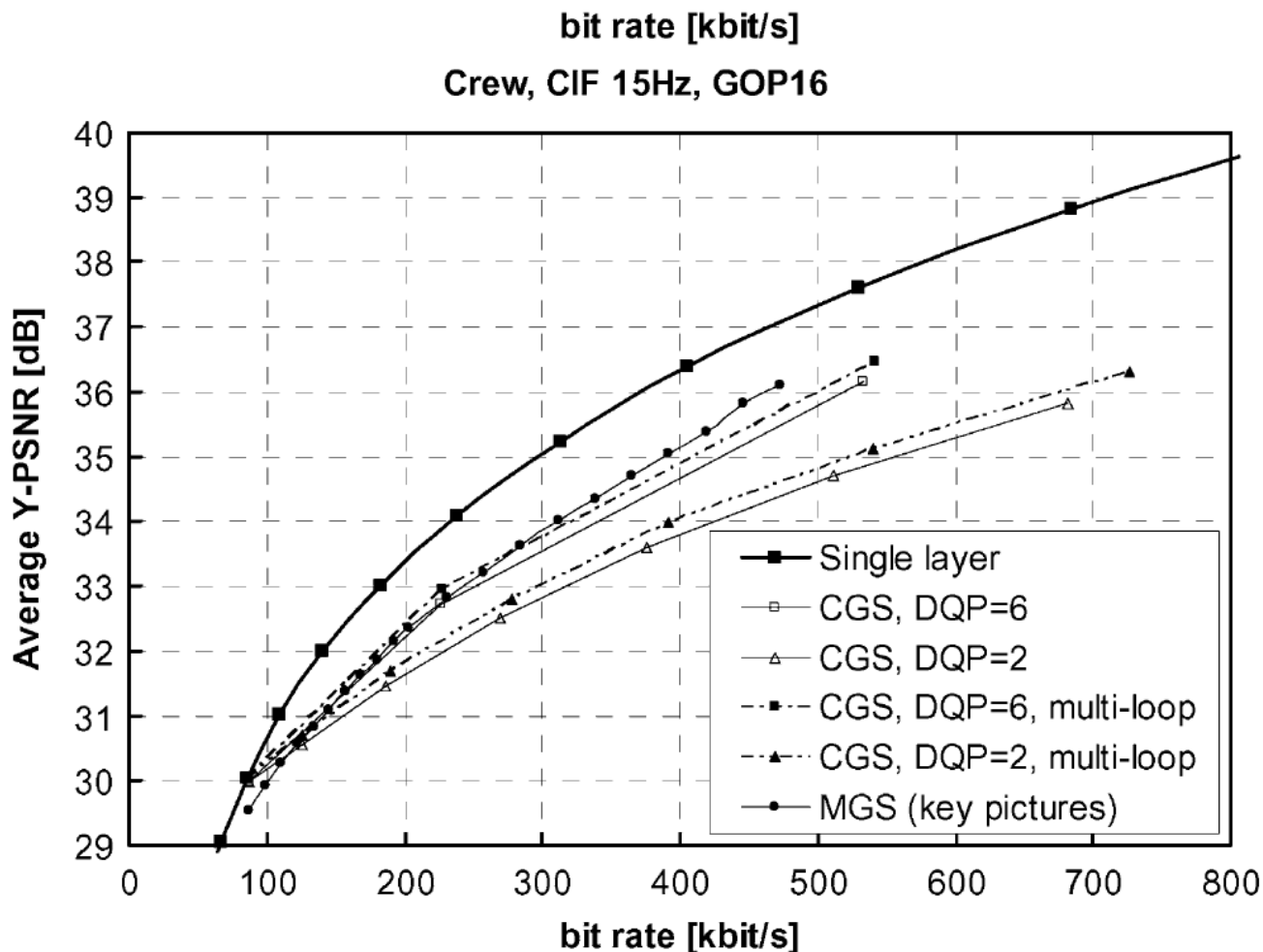
- Уровни кодируются с разным шагом квантизации – DQP (delta QP)
- Используются те же методы масштабирования, что и для масштабирования по разрешению

Medium-grain scalable coding

- Возможность в любой момент переключиться между уровнями разного качества
- Возможность реконструкции кадров низкого качества по кадрам более высокого качества

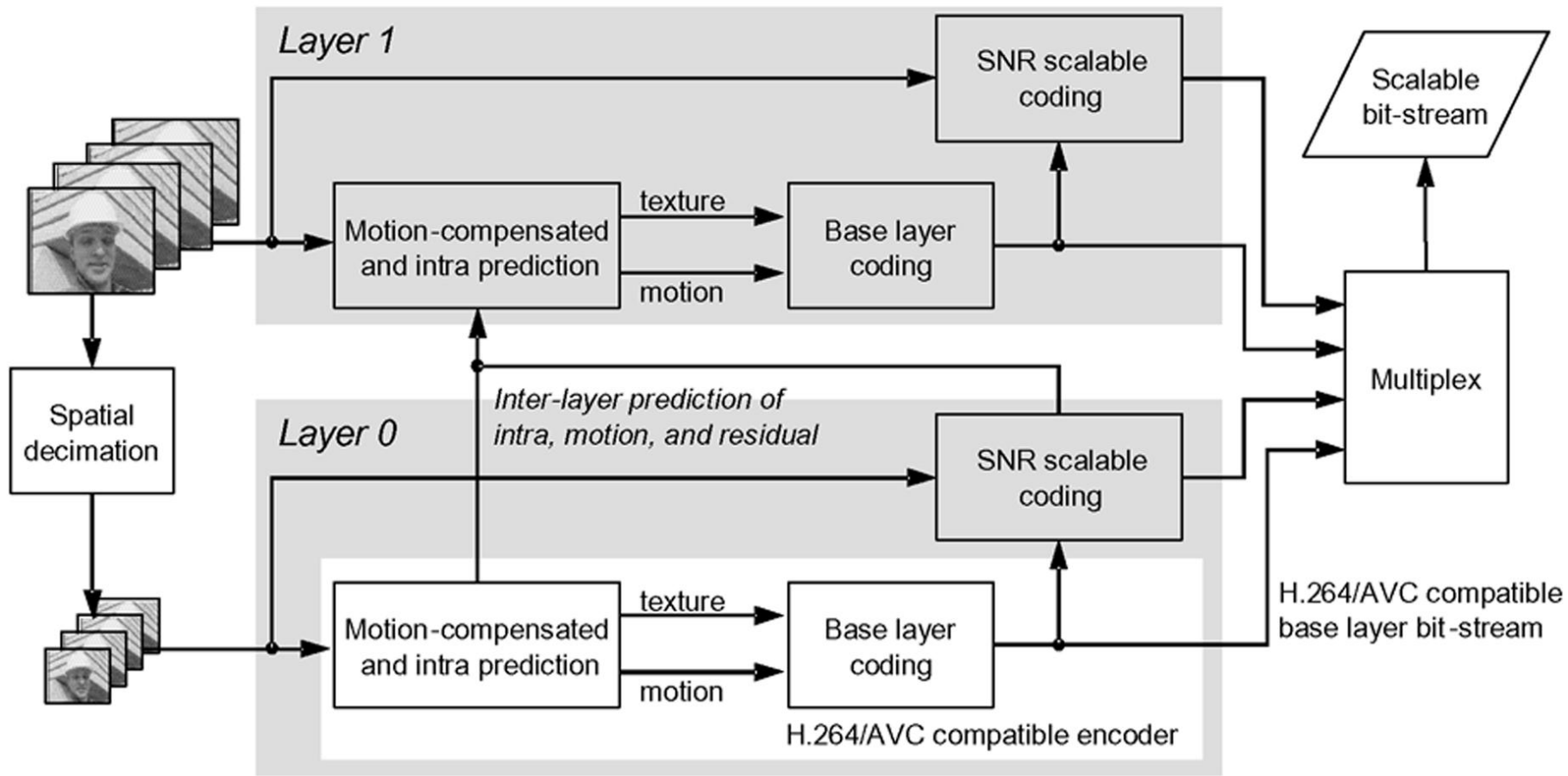
Scalable Video Coding

Масштабируемость по качеству



Scalable Video Coding

Совмещение подходов



Scalable Video Coding

Выводы

- Стандарт предоставляет гибкие средства, которые можно использовать в зависимости от поставленных задач
- Реализация имеет достаточно небольшие накладные расходы:
 - ~10% для масштабируемости по разрешению
 - ~10% для масштабируемости по качеству
- Для ускорения скорости кодирования можно использовать single-loop prediction вместо multi-loop



Содержание

- Введение
- Некоторые алгоритмы из H.264
- Расширения H.264
 - FRExt
 - SVC
 - **MVC**
- Новый стандарт H.265
- Выводы

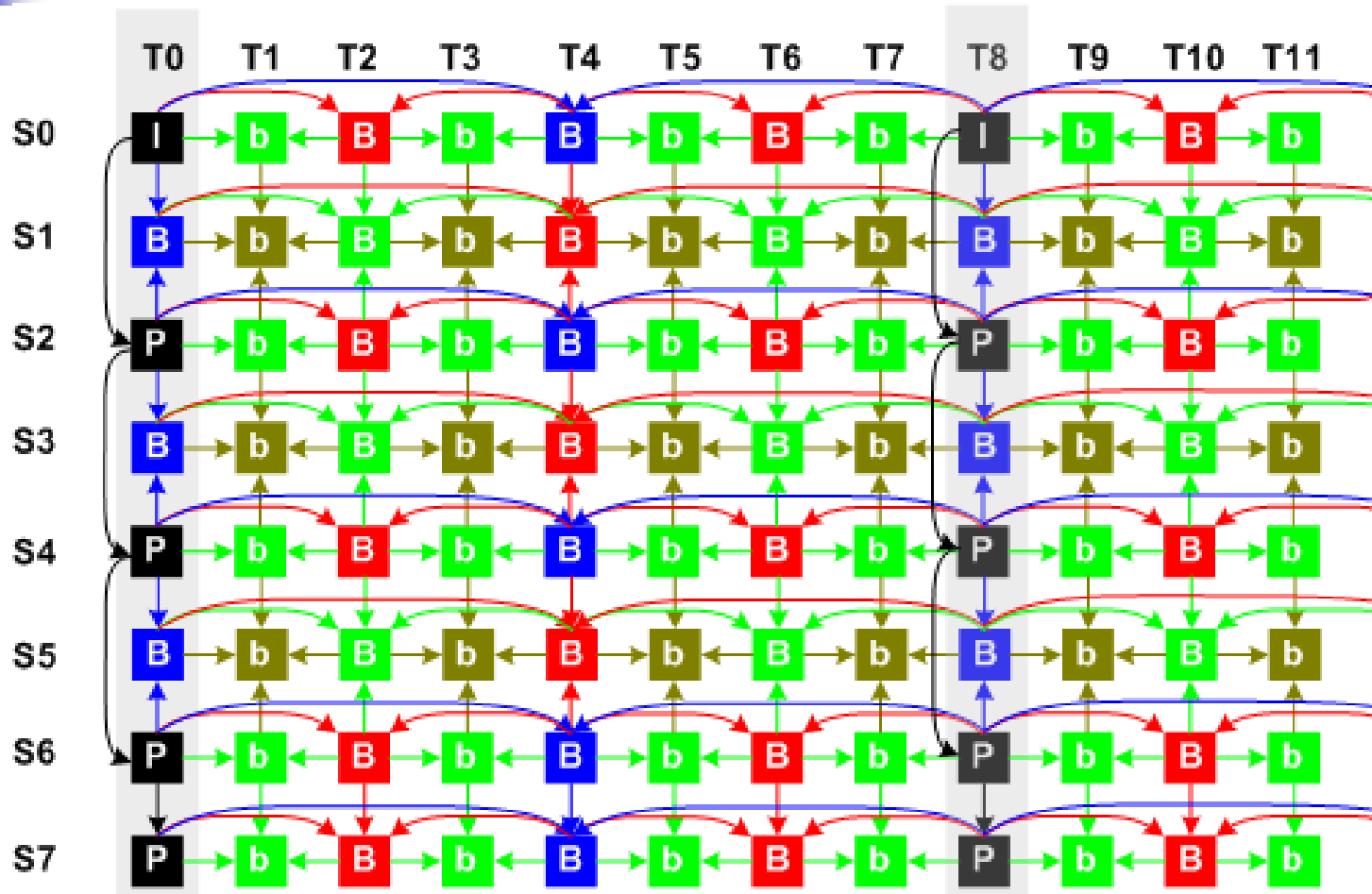


Multiview Video Coding

- Multiview Video Coding (MVC)
- Расширение принято в 2008 году
- Основные идеи:
 - Иерархическая структура кадров
 - Коррекция освещённости
 - Вектор общего диспаритета

Multiview Video Coding

Иерархическая структура кадров



Multiview Video Coding

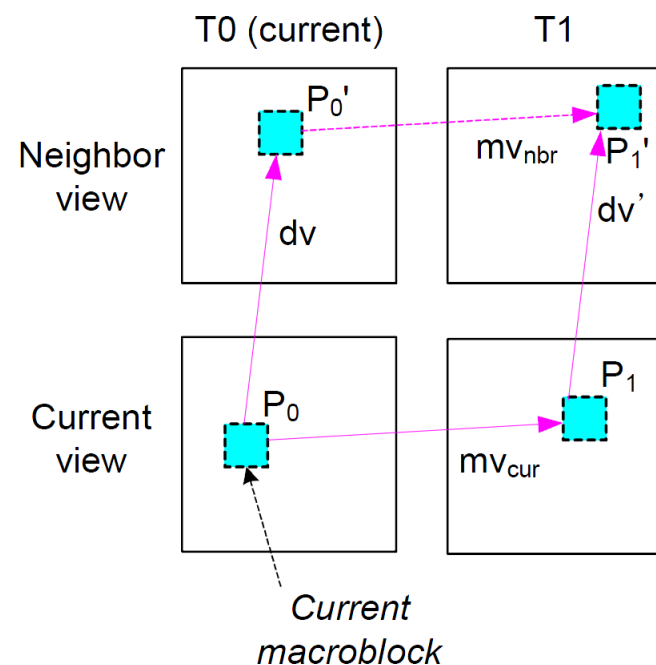
Выравнивание освещённости

- Перед вычислением SAD средняя яркость текущего и референсного блока приводится к одному значению
- Итоговое значение разности средних яркостей пишется в поток

Multiview Video Coding

Вектор общего диспаритета

- Вычисляем вектор общего смещения текущего вида относительно соседнего
- Пишем этот вектор в поток
- Motion skip: $mv_{nbr} = dv + mv_{cur}$



Multiview Video Coding

Результаты

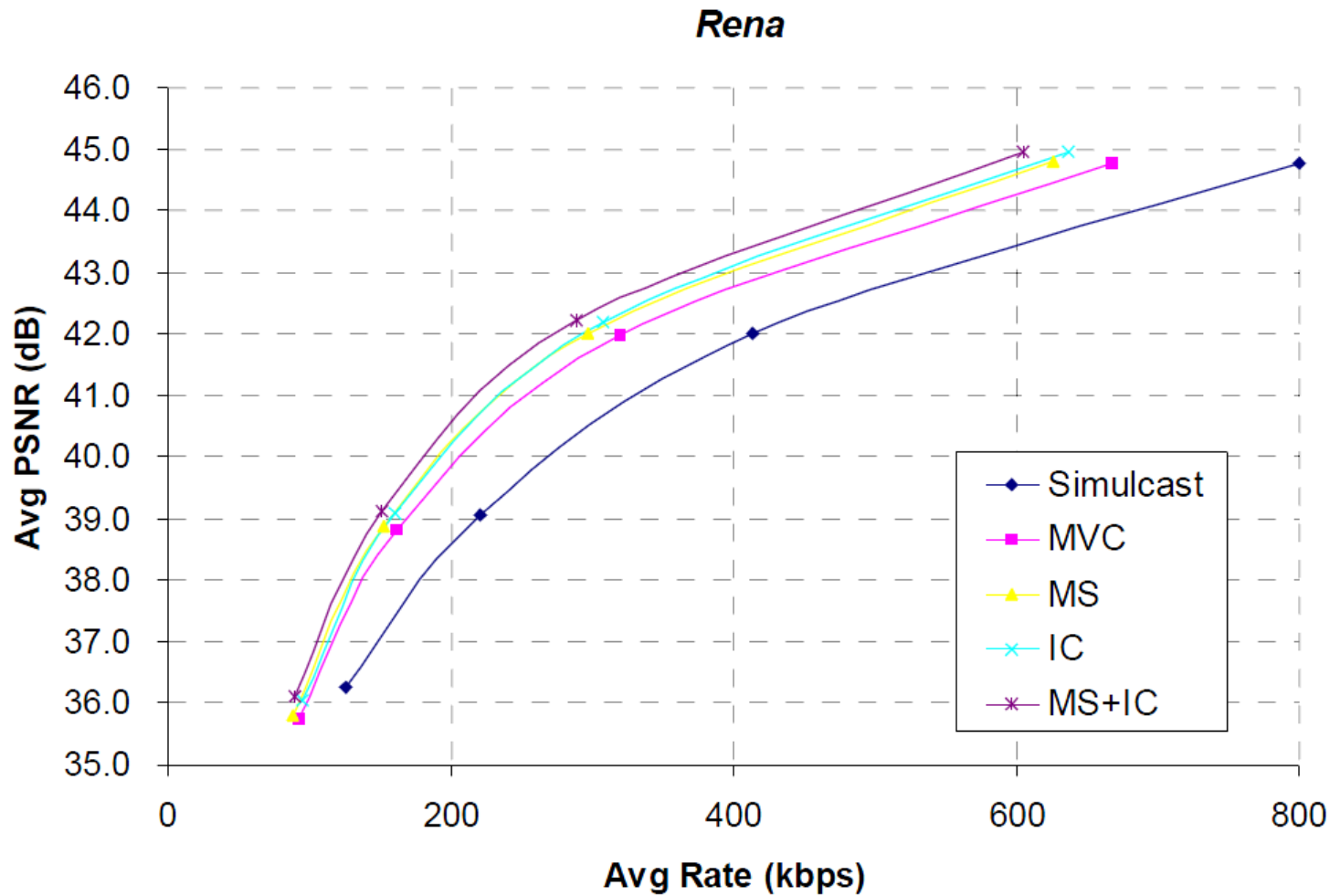
MS – Motion skip

IC – Illumination correction

Sequence	MVC vs Simulcast		MVC vs MS		MVC vs IC		MVC vs MS+IC	
	Bit-rate	Δ PSNR	Bit-rate	Δ PSNR	Bit-rate	Δ PSNR	Bit-rate	Δ PSNR
<i>Akyo&Kayo</i>	34.23%	-1.430	-5.74%	0.294	-6.17%	0.320	-11.48%	0.598
<i>Ballroom</i>	32.29%	-1.105	-1.86%	0.073	-1.90%	0.072	-3.68%	0.144
<i>Exit</i>	16.05%	-0.407	-3.13%	0.087	-2.95%	0.079	-6.12%	0.168
<i>Race1</i>	27.00%	-1.015	-4.88%	0.208	-10.67%	0.462	-14.58%	0.652
<i>Rena</i>	26.94%	-1.051	-7.17%	0.339	-7.07%	0.341	-12.89%	0.635
<i>Breakdancers</i>	12.80%	-0.279	-3.06%	0.066	-6.43%	0.141	-8.69%	0.191
<i>Flamenco2</i>	12.42%	-0.526	-4.53%	0.211	-2.89%	0.135	-7.33%	0.354
<i>Uli</i>	-0.54%	0.022	-1.26%	0.050	-1.43%	0.056	-2.88%	0.114
Average	20.15%	-0.724	-3.96%	0.166	-4.94%	0.201	-8.46%	0.357

Multiview Video Coding

Результаты





Содержание

- Введение
- Некоторые алгоритмы из H.264
- Расширения H.264
- **Новый стандарт H.265**
 - Введение
 - Intra coding
 - Decoder-side motion vectors derivation
 - Алгоритмы фильтрации
- Выводы



Новый стандарт H.265

H.265 или NGVC (Next-generation Video Coding)

- Разрабатывается VCEG (ITU-T Video Coding Experts Group)
- Глобальная цель: достичь 50% улучшения сжатия по сравнению с H.264 High profile при том же качестве
- Текущая цель: наскрести эти 50%



Новый стандарт H.265

Думай о завтрашнем дне сегодня!

- Рост вычислительных мощностей
 - Закон Мура
 - GPGPU
- Улучшение характеристик дисплеев и камер
 - Разрешение
 - Цветопередача
- Рост популярности мобильных устройств с поддержкой видео (3G сети)

Новый стандарт H.265

Чего ждать от нового стандарта

- Основной упор на формат YUV 4:4:4
 - Также поддержка до 14 бит на компоненту
- Новые метрики качества, основанные на психовизуальном восприятии
- Разрешение видео от VGA до 4K
- Scalable Video Coding
- Разумная вычислительная сложность для поддержки устройств различных типов
- Устойчивость к ошибкам передачи

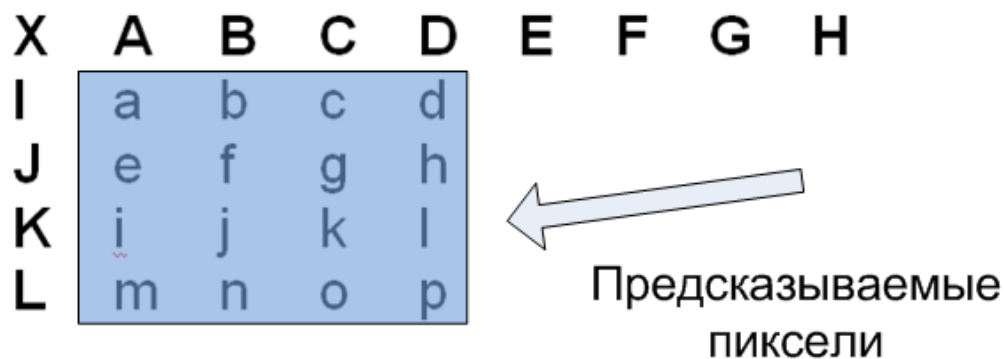


Содержание

- Введение
- Некоторые алгоритмы из H.264
- Расширения H.264
- Новый стандарт H.265
 - Введение
 - **Improved intra coding**
 - Decoder-side motion vectors derivation
 - Adaptive loop filtering
- ВЫВОДЫ

Improved intra prediction

- Пиксели intra-блока можно предсказать на основе соседних пикселей



- В поток пишется разница между исходником и результатом предсказания

Improved intra prediction

$$p_i = \frac{\sum_{j=1}^n w_j^{di} s_j}{\sum_{j=1}^n w_j^{di}}$$

p_i – предсказываемый пиксель
 s_j – соседние пиксели
 w_j^{di} – веса в зависимости от свойств соседей

Набор весов w_j^{di} называется prediction mode

Наборов всего 9

- Итоговая разница очень сильно зависит от направления предсказания
- Чем дальше пиксель от границы, тем больше величина ошибки

Improved intra prediction

- Для каждого prediction mode предлагается использовать отдельное целочисленное преобразование
- Другое улучшение: если все блоки макроблока имеют один и тот же prediction mode, писать эту информацию только на уровне макроблока

Improved intra prediction

Результаты

Table 1: Coding efficiency results for CIF sequences.

Sequence	Δ Bitrate (%)
Mobile	-6.92
Football	-9.80
Harbour	-12.42
Foreman	-6.31
Crew	-8.27
City	-9.17
Bus	-10.02
Paris	-6.07
Tempete	-9.04
Average	-8.67

I-frames only

Table 2: Coding efficiency results for 4CIF sequences.

Sequence	Δ Bitrate (%)
Soccer	-8.29
Harbour	-14.7
Crew	-7.80
City	-12.36
Average	-10.81

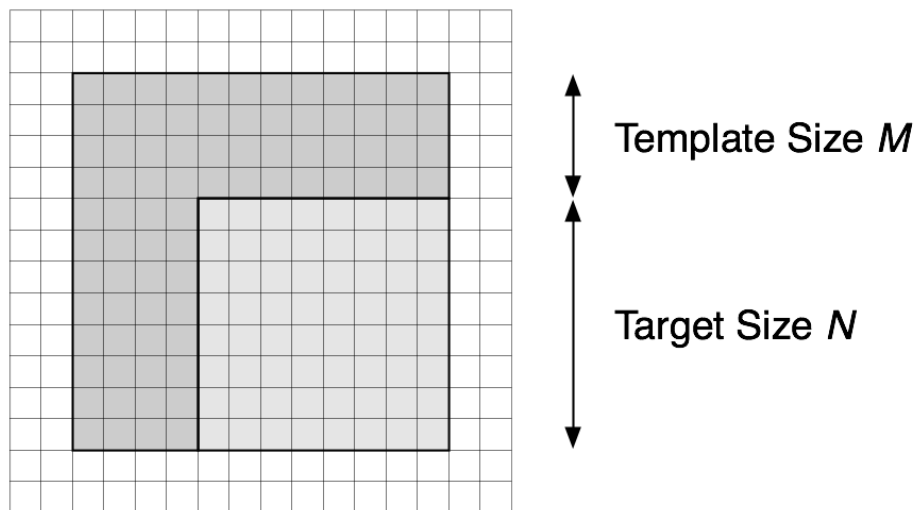


Содержание

- Введение
- Некоторые алгоритмы из H.264
- Расширения H.264
- Новый стандарт H.265
 - Введение
 - Improved intra coding
 - **Decoder-side motion vectors derivation**
 - Adaptive loop filtering
- ВЫВОДЫ

Decoder-side motion vectors derivation

- Не писать вектор движения в поток, если его можно получить во время декодирования
- Использовать уже декодированные данные
- Производить поиск сопоставлением образцов
- Только P-кадры

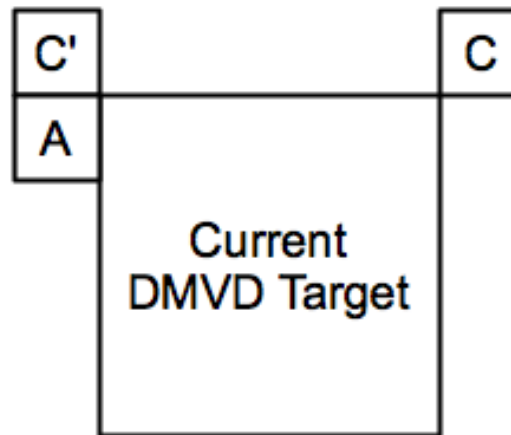


Decoder-side motion vectors derivation



Выбор векторов

- Motion Vector Predictors, 2 либо 4 (Full search)
- MV из левого и из правого-верхнего блоков как кандидаты (Candidate search)



DMVD

Результаты

Results – IPPP-High – BD-Bitrate [%]



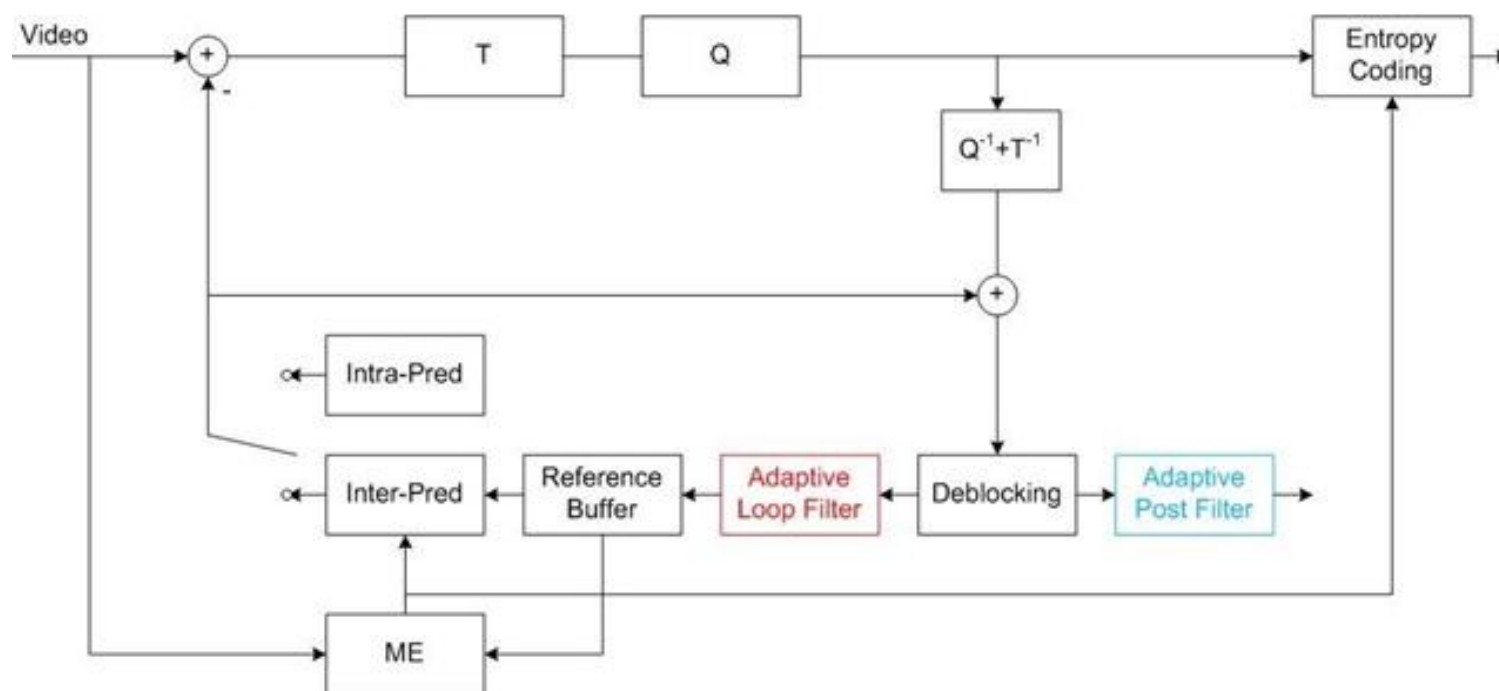
Sequence	Resolution	DMVD 2 Hyp, FullSrch Range 1	DMVD 2 Hyp, FullSrch Range 4	DMVD 4 Hyp, FullSrch Range 1	DMVD 4 Hyp, FullSrch Range 4	DMVD 2 Hyp, CandSrch noSubPel	DMVD 2 Hyp, CandSrch SubPel
foreman	CIF 30Hz	-5.8534	-6.5985	-6.5482	-7.7978	-5.1598	-6.0472
mobile	CIF 30Hz	-2.8640	-3.2016	-5.0458	-5.4924	-3.9170	-5.3951
paris	CIF 15Hz	-1.1907	-1.6025	-1.5916	-2.0272	-1.4172	-1.6776
tempete	CIF 30Hz	-2.8025	-2.7669	-4.5123	-4.4590	-3.1945	-5.2439
bigships	720p 60Hz	-7.9363	-8.1042	-13.5780	-14.1659	-11.0936	-13.0173
city	720p 60Hz	-7.5944	-9.0854	-14.2484	-17.1830	-9.7276	-11.1180
crew	720p 60Hz	-5.2241	-5.4089	-6.9888	-7.3916	-6.5614	-8.1428
night	720p 60Hz	-4.2829	-4.6359	-6.5035	-7.3306	-5.5038	-6.0871
shuttlestart	720p 60Hz	-4.8925	-5.0851	-8.7144	-9.4766	-8.2306	-7.4994
rollingtomatoes	1080p 60Hz	-1.2173	-2.4582	-1.0809	-3.2584	-2.2885	-1.1816
Average	CIF	-3.1777	-3.5424	-4.4245	-4.9441	-3.4221	-4.5910
	HD	-5.1913	-5.7963	-8.5190	-9.8010	-7.2343	-7.8410
	Overall	-4.3858	-4.8947	-6.8812	-7.8583	-5.7094	-6.5410



Содержание

- Введение
- Некоторые алгоритмы из H.264
- Расширения H.264
- Новый стандарт H.265
 - Введение
 - Improved intra coding
 - Decoder-side motion vectors derivation
 - **Adaptive loop filtering**
- ВЫВОДЫ

Adaptive loop filtering



Adaptive loop filtering

- Используем фильтр Винера
- Для подбора коэффициентов решается уравнение Винера-Хопфа

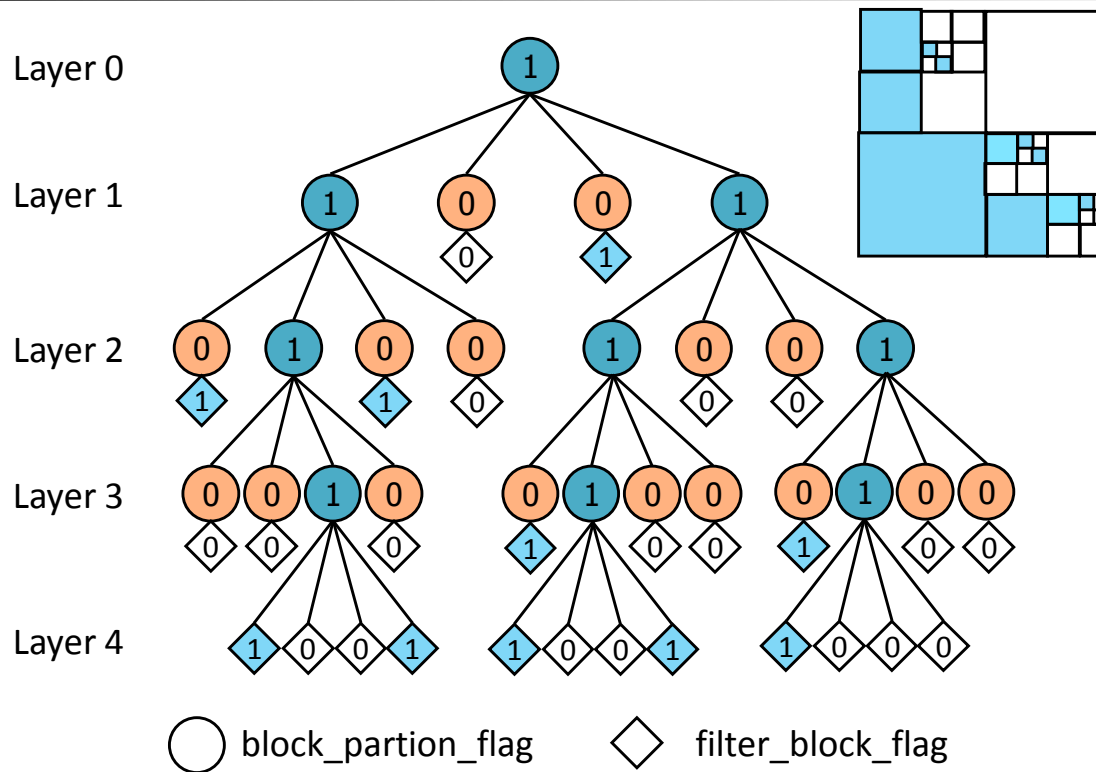
$$cost = E[R'(i, j) - I(i, j)]^2 = E\left[\sum_{k=-K}^K \sum_{l=-L}^L f(k, l)R(i, j) - I(i, j)\right]^2$$

$$\frac{\partial E[R'(i, j) - I(i, j)]^2}{\partial f(k, l)} = \frac{\partial E\left[\sum_{k=-K}^K \sum_{l=-L}^L f(k, l)R(i, j) - I(i, j)\right]^2}{\partial f(k, l)} = 0$$

- При кодировании коэффициентов можно сэкономить за счёт их симметрии

Adaptive loop filtering

Quadtree-based ALF

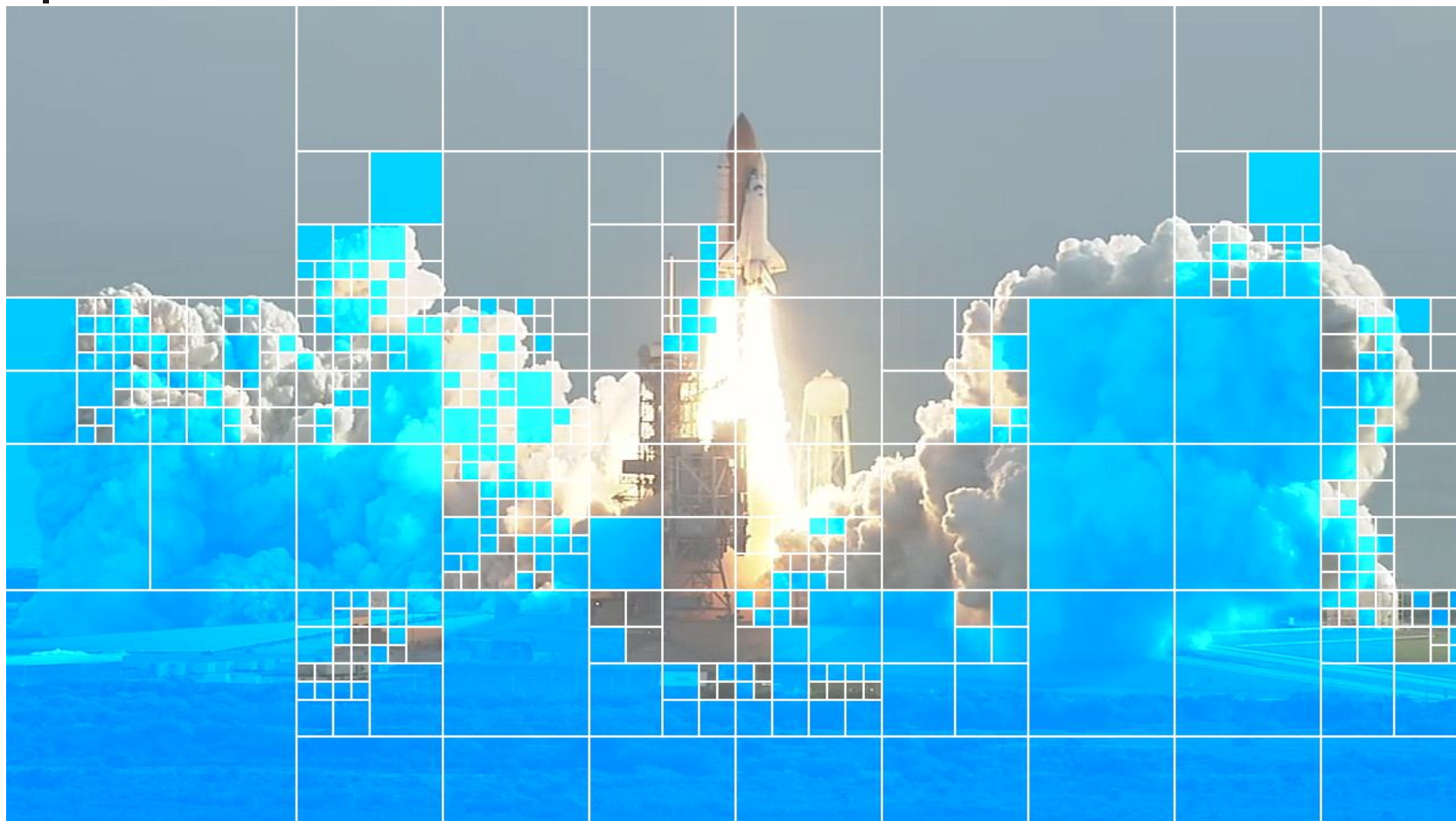


Дерево строится на основе минимизации функции $R + \lambda D$

Specification and experimental results of Quadtree-based Adaptive Loop Filter, Takeshi Chujoh, Naofumi Wada, Takashi Watanabe, Goki Yasuda, Tomoo Yamakage, VCEG-AK22, Japan, 2009

Adaptive loop filtering

Quadtree-based ALF



Adaptive loop filtering

Результаты

Table 1 Δ Bitrate for luminance

Sequence	Size	IPPP		IbBbBbBbP		Average	
		Δ Bitrate (%)	Δ PSNR (dB)	Δ Bitrate (%)	Δ PSNR (dB)	Δ Bitrate (%)	Δ PSNR (dB)
Paris	CIF (352x288)	2.02	0.108	0.70	0.036		
Foreman		5.66	0.241	2.80	0.123		
Mobile		6.53	0.341	7.86	0.367		
Tempete		3.24	0.153	4.23	0.171		
flower4	WVGA (832x480)	6.81	0.274	5.51	0.203		
keiba3		5.96	0.246	4.10	0.186		
nuts5		8.29	0.257	4.90	0.160		
Janine1_8	XGA (1024x768)	7.52	0.297	7.56	0.290		
BigShips	720p (1280x720)	6.23	0.182	8.54	0.223		
City		12.25	0.402	10.26	0.340		
Crew		6.50	0.166	6.93	0.168		
Jets		9.11	0.416	2.22	0.110		
Night		6.26	0.243	4.79	0.163		
Raven		16.00	0.646	9.10	0.351		
CrowdRun	1080p (1920x1080)	3.80	0.170	3.83	0.158		
ParkJoy		4.95	0.247	4.38	0.187		
traffic		3.88	0.171	3.05	0.144		
toys_and_calendar		13.14	0.325	8.20	0.224		
sunflower		30.07	1.284	18.92	0.846		
Average of CIF, WVGA and XGA		5.75	0.240	4.72	0.193	5.24	0.216
Average of 720p and 1080p		10.20	0.387	7.29	0.265	8.75	0.326
Total average		8.33	0.325	6.21	0.235	7.27	0.280



Выводы

- Преимущества H.264
 - Заметный прирост в качестве относительно предыдущих стандартов
 - Гибкость и расширяемость
 - Долгосрочность
 - Поддержка производителей
- Цели H.265
 - Адаптироваться под технологии будущего
 - Разработать новые подходы для улучшения текущих результатов

Список литературы

1. Overview of the H.264/AVC Video Coding Standard. Thomas Wiegand, Gary J. Sullivan, Gisle Bjøntegaard, and Ajay Luthra, IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO TECHNOLOGY, VOL. 13, NO. 7, JULY 2003
2. X264: A HIGH PERFORMANCE H.264/AVC ENCODER. Loren Merritt and Rahul Vanam
3. Trellis-Based R-D Optimal Quantization in H.263+. J. Wen, M. Luttrell, J. Villasenor, IEEE Transactions on Image Processing, Vol.9, No.8, Aug. 2000.
4. Overview and introduction to the fidelity range extensions. G. J. Sullivan, P. Topiwala, and A. Luthra SPIE Conf. on Digital Image Processing, Aug 2004.
5. Overview of the Scalable Video Coding. Extension of the H.264/AVC Standard. Heiko Schwarz, Detlev Marpe, and Thomas Wiegand, IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO TECHNOLOGY, VOL. 17, NO. 9, SEPTEMBER 2007
6. CODING TECHNIQUES IN MULTIVIEW VIDEO CODING AND JOINT MULTIVIEW VIDEO MODEL, Ying Chen et al, Picture Coding Symposium, 2009.
7. Requirements for Next-Generation Video Coding Standard, Shun-ichi Sekiguchi, Yoshihisa Yamada, Yoshiaki Kato, Kohtaro Asai, Tokumichi Murakami, VCEG-AI30, Germany, 2008
8. Improved Intra Coding, Marta Karczewicz, VCEG-AF15, USA, 2007
9. Fast Decoder Side Motion Vector Derivation, Steffen Kamp, Benjamin Bross, Mathias Wien, VCEG-AJ18, USA, 2008
10. Specification and experimental results of Quadtree-based Adaptive Loop Filter, Takeshi Chujoh, Naofumi Wada, Takashi Watanabe, Goki Yasuda, Tomoo Yamakage, VCEG-AK22, Japan, 2009
11. <http://www.h265.net/2009/08/adaptive-post-loop-filters-in-jmkta-part-1.html>



Содержание

- Введение
- Некоторые алгоритмы из H.264
- Расширения H.264
- Новый стандарт H.265
- Выводы