



Национальный исследовательский
университет

ВИДЕОТЕХНОЛОГИИ КОДИРОВАНИЕ ВИДЕО (ТЕОРИЯ)

Денис Королев



- Аналоговая
- Требуется оцифровка
- Аналого-цифровое преобразование – что это?
- Какие два основных процесса происходят при АЦП?
- **Дискретизация (Sampling)**
- **Квантование (Quantization) цветоповых пространств и модели**



+ Дискретизация (Sampling)

- О том, как превратить свет и звук в цифры
- Могут встречаться формулы!
- Надо будет вспомнить физические основы из КГ
- Все это по материалам Параграфа 2 из **Книги***

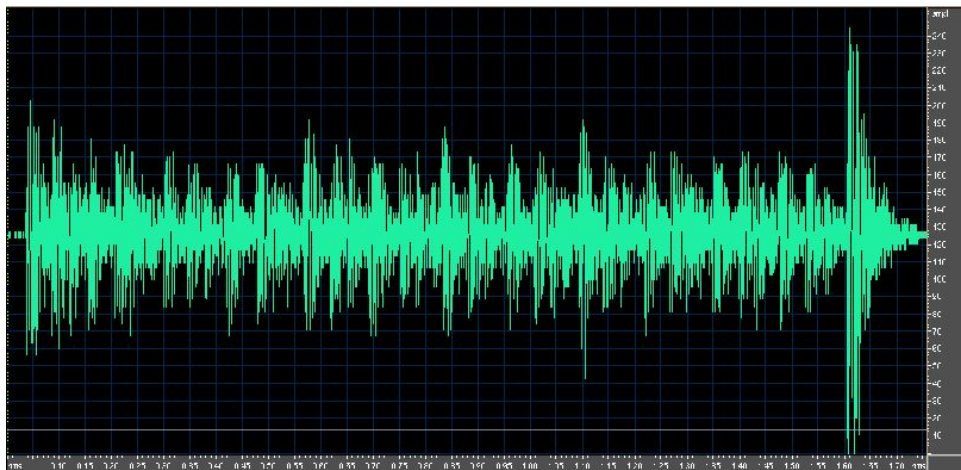
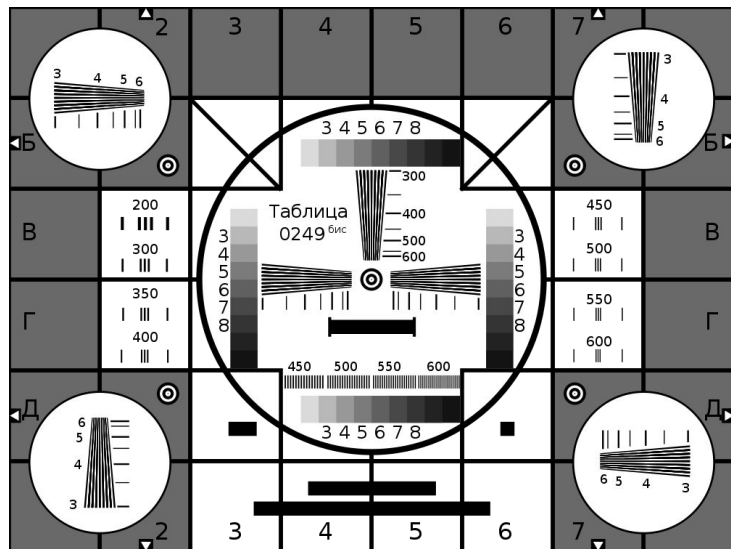
• * Рекомендованная вам книга **Compression for Great Video and Audio** – B. Waggoner, Elsevier, 2010, p. 15



- Свет и звук – это непрерывный **аналоговый** сигнал.
- Сигнал для датчиков (глаза, уха, камеры, микрофона)
- Непрерывный – значит бесконечно подробный
- Мы не можем записать в дискретной форме **всё** ->
- **Как часто мы будем измерять сигнал?**
- **Это частота дискретизации**

Пространство Время

DPI/LPI, lines, pixels fps, Hz





- Теорема Найквеста-Шеннона
- В России называется теоремой Котельникова

Если аналоговый сигнал имеет конечный (ограниченный по ширине) спектр, то он может быть восстановлен однозначно и без потерь по своим отсчётам, взятым с частотой, большей или равной удвоенной верхней частоте



Почему колеса в кино крутятся «назад»?



6Hz (90° per rotation): motion is clear



11Hz (165° per rotation): can still see direction of motion



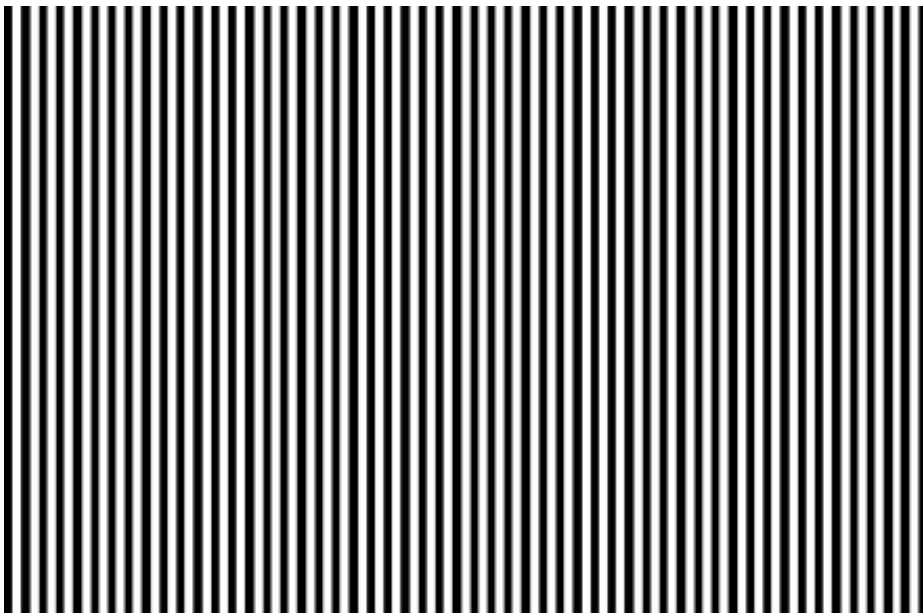
13Hz (195° per rotation): motion appears backwards



25 Hz (375° per rotation): motion forward again, but very slowly (more than one full rotation between frames)

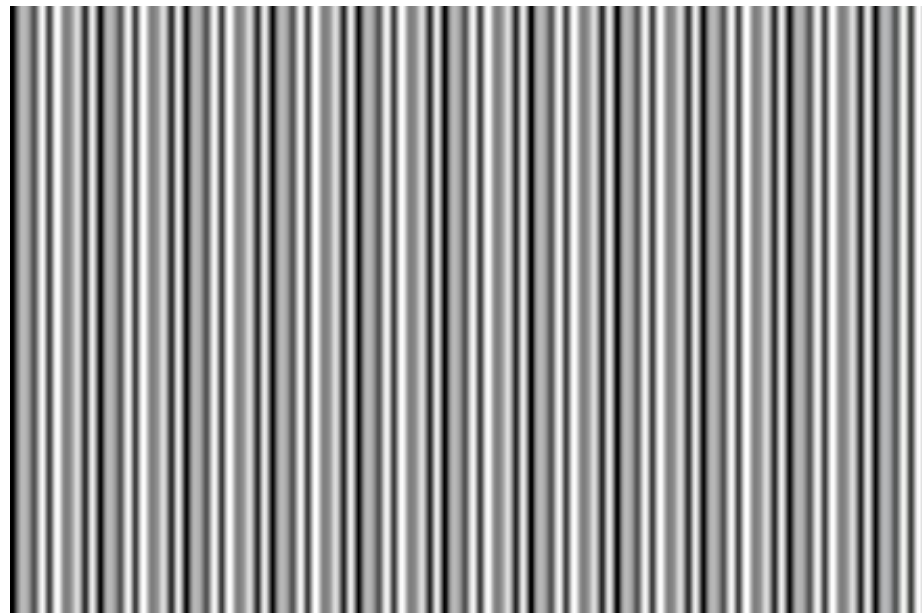


Критерий Найквеста в пространстве



3 px

$$256/320 * 3 = 2,4$$



2 px

$$256/320 * 2 = 1,6$$

320x240 -> 256x192



- Сколько значений может принимать каждый дискретный элемент (sample) 2^x bit
- Помним допустимые пределы:
8bit RGB: 0 255 (256)
8bit YCbCr: 16 235 (219) – «так принято»



- Помните, что это?
- Для монитора отношение яркости около 4000:1
- В кинозале шагов может быть чуть больше 100.
- Человек видит разницу, а не абсолютное значение
- Для яркости могут выделять больше бит (10-16)
- Цветность обычно урезают (субдискретизация)



- Профиль
- Уровень
- Поток (data rate)

Кодек	Профиль	Цветовая субдискретизация	Уровень
H.264	High	4:2:0	@ 2.1



Национальный исследовательский университет

Эффективность сжатия



A

800kbps **160x120** Apple Video codec



B

800kbps **640x480** H.264
High profile 3-pass Quality optimized



Терминология объёма памяти (вдруг забыли?)

Computer industry numbers

- “K” = Kib = $2^{10} = 1024$
- “M” = Mib = $2^{20} = 1,048,576$
- “G” = Gib = $2^{30} = 1,073,741,824$

Correct numbers

- K = $10^3 = 1000$
- M = $10^6 = 1,000,000$
- G = $10^9 = 1,000,000,000$

Difference between values

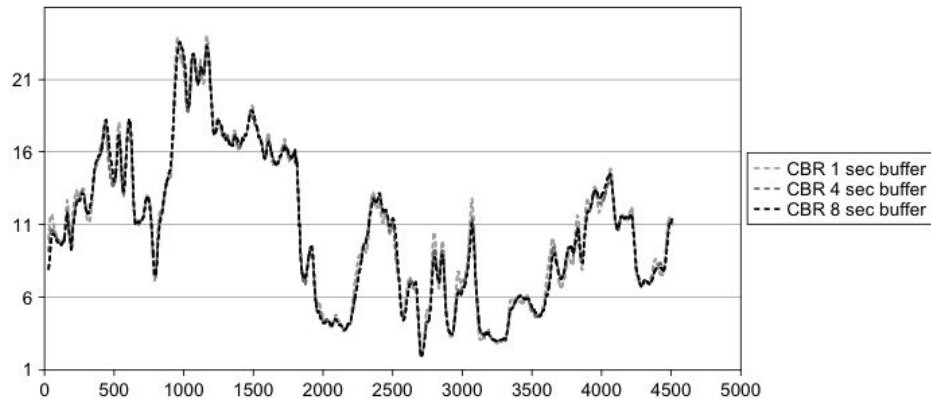
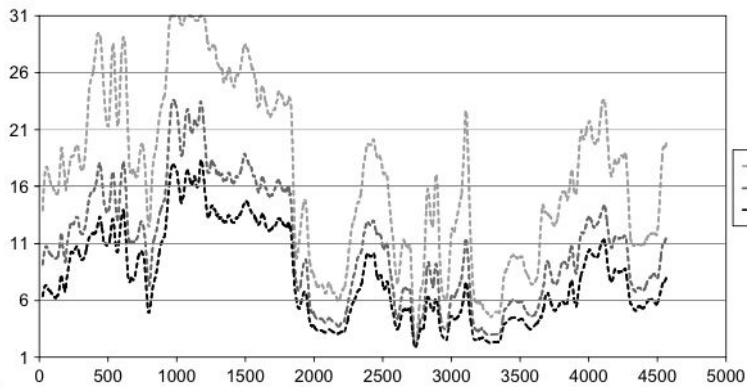
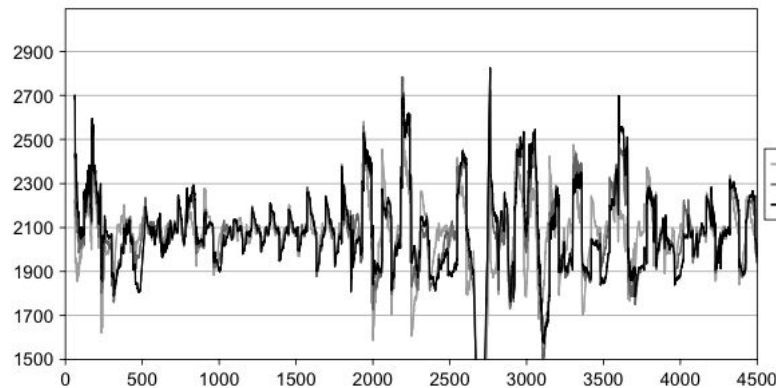
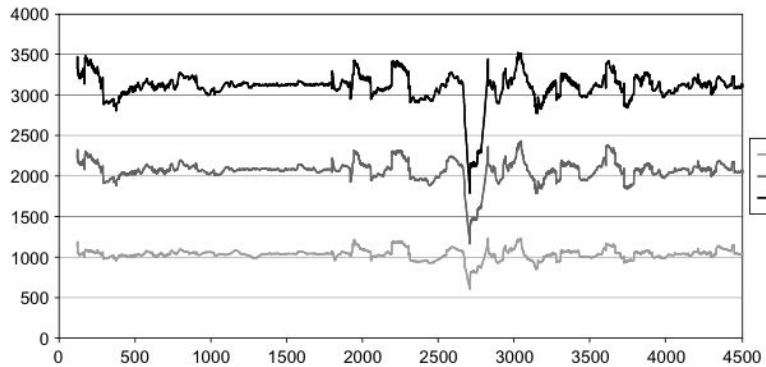
- K v. Ki = 2.4 percent
- M v. Mi = 4.8 percent
- G v. Gi = 7.37 percent



- VBV (Video buffering verifier): under/over-run
- CBR for streaming
- VBR for download
- Quality-limited VBR

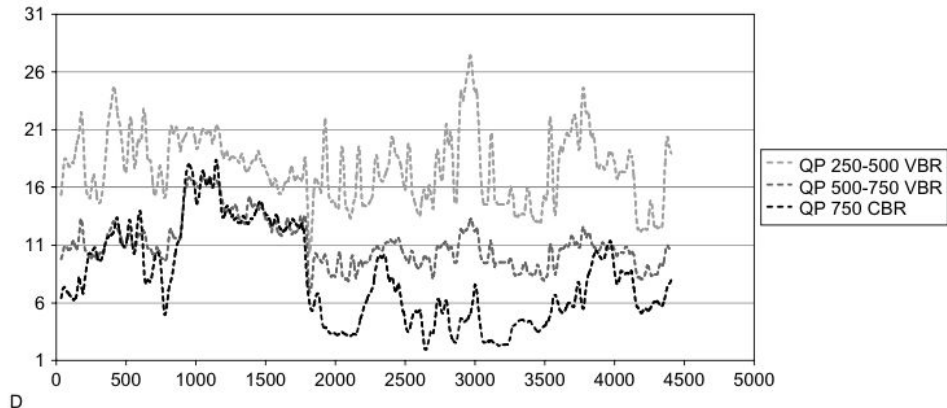
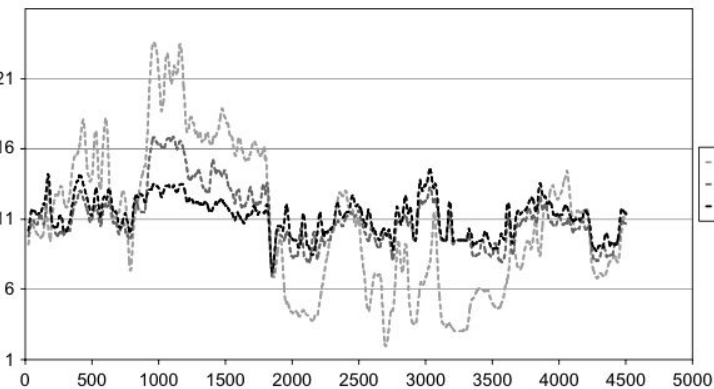
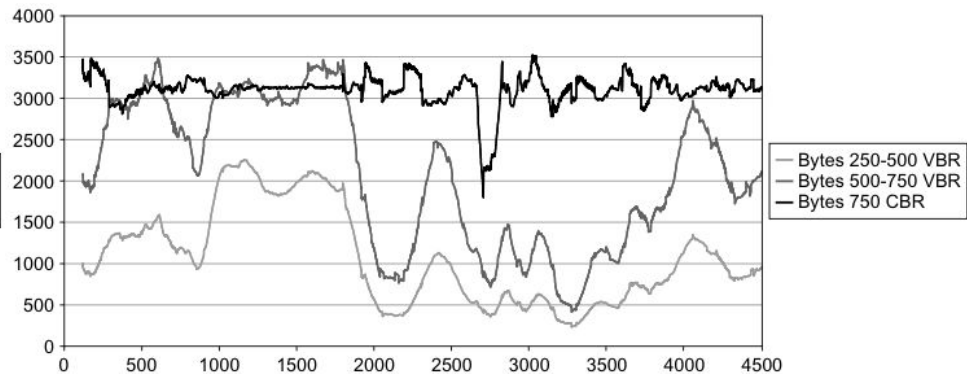
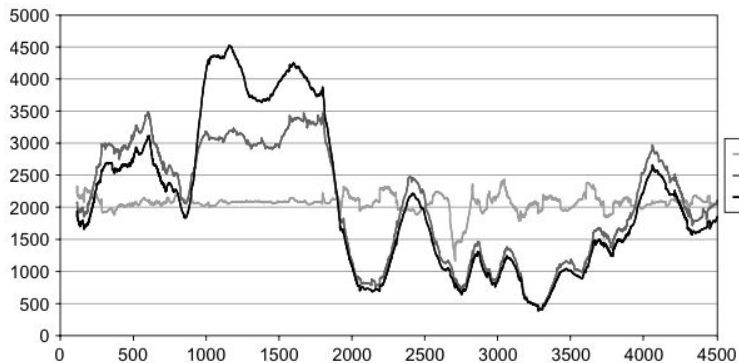


Поток и квантование





Поток и квантование



- 1-pass
- 1-Pass lookahead
- 2-pass
- Segment re-encoding

CPU-Auslastung



Verlauf der CPU-Auslastung





Rule of “ $4^{0,75}$ ”

640 x 360 @ 1000 Kbps

1280 x 720 @ ?

$$(1280 \times 720) / (640 \times 360) = 4$$

$$4^{0.75} = 2.828$$

$$1000 \text{ Kbps} \times 2.828 = 2828 \text{ Kbps}$$

- Когда это требуется выходным форматом (DVD).
- Когда это определено исходным форматом.
- При активном движении по одной оси.

- Компьютерное видео имеет квадратный пиксель.



- Обычно: 8 бит/канал
- Профессиональные кодеки: 10, 12, 16 бит/канал
- Для съемки и промежуточного сохранения
- Просмотр – только 8 бит/канал.

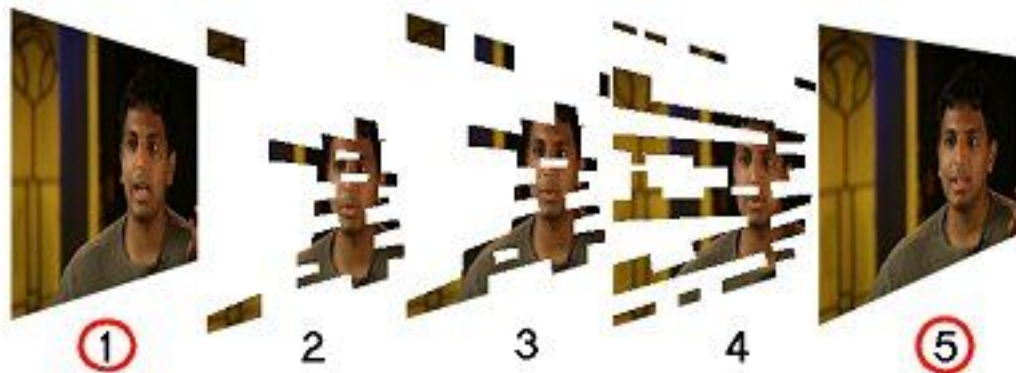


Частота кадров

Frame Rate	Full	Half	Third	Quarter	Fifth
23.976	23.976	11.988	7.992	5.994	4.795
24.000	24.000	12.000	8.000	6.000	4.800
25.000	25.000	12.500	8.333	6.250	5.000
29.970	29.970	14.985	9.990	7.493	5.994
30.000	30.000	15.000	10.000	7.500	6.000
50.000	50.000	25.000	16.667	12.500	10.000
59.940	59.940	29.970	19.980	14.985	11.988
60.000	60.000	30.000	20.000	15.000	12.000
120.000	120.000	60.000	40.000	30.000	24.000



Частота ключевых кадров

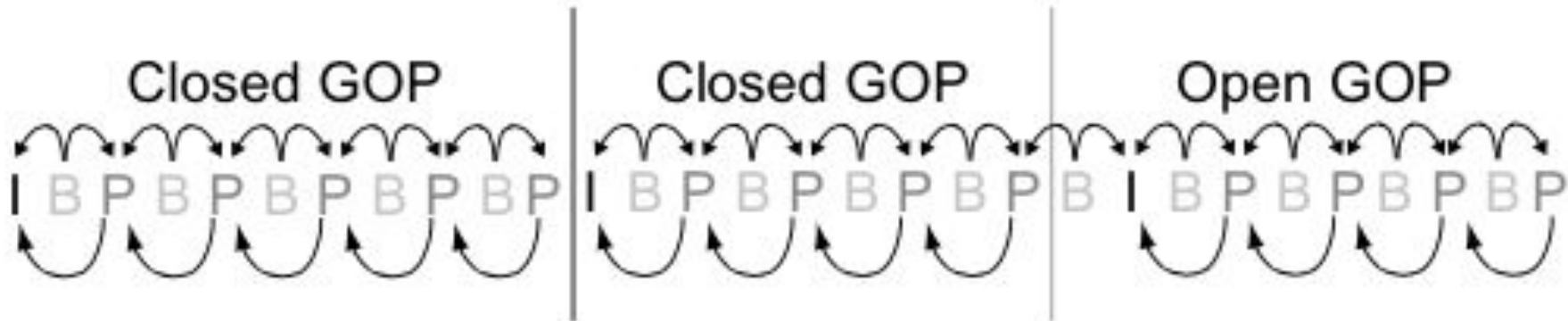




- Минимальный размер,
- Могут быть хуже, на них никто не ссылается.
- Сэкономленное место уходит в I, P кадры, на которых строятся те же В кадры.
- Их можно пропускать, от них другие не зависят
- Упрощают навигацию – меньше P кадров декодировать



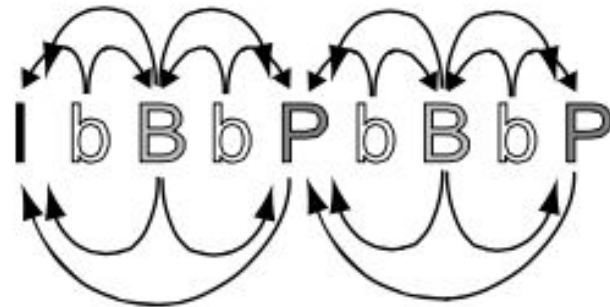
Open/Closed GOP





Pyramid B-frames

Они все-таки ссылаются на обычные b-кадры.
Но и на I и P тоже.





- CABAC Entropy Coding
- Context Adaptive Binary Arithmetic Coding
 - +40% нагрузки на декодер*
 - +10-20% эффективности сжатия (при сильном сжатии)
 - Не используется в Baseline профиле.

* По сравнению с ранее применявшимся CAVLC.



Профили и уровни H.264

	Baseline	Extended	Main	High	High 10	High 4:2:2	High 4:4:4 Predictive
I and P Slices	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
B Slices	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Multiple Reference Frames	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
In-Loop Deblocking Filter	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
CAVLC Entropy Coding	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
CABAC Entropy Coding	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Interlaced Coding (PicAFF, MBAFF)	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
8x8 vs. 4x4 Transform Adaptivity	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Quantization Scaling Matrices	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Separate Cb and Cr QP control	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Separate Color Plane Coding	No	No	No	No	No	No	Yes
Predictive Lossless Coding	No	No	No	No	No	No	Yes



Профили и уровни H.264





Итого: Критерии выбора кодека

- Эффективность сжатия
- Производительность воспроизведения
- Доступность на стороне зрителя