

Стандарт MPEG-2

*Из курса лекций «Сжатие
медиаданных»*

Дмитрий Ватолин

*Video Group
CS MSU Graphics & Media Lab*

Содержание



1. Общие сведения об MPEG
2. Профили
3. Структура формата
4. Алгоритм сжатия видео
 - a. Особенности организации потока
 - b. Особенности компенсации движения
 - c. Особенности квантования

MPEG-1, MPEG-2 и MPEG-4



- ◆ MPEG-1 (1992):
 - 1.5 Mb/s
 - CD-ROM

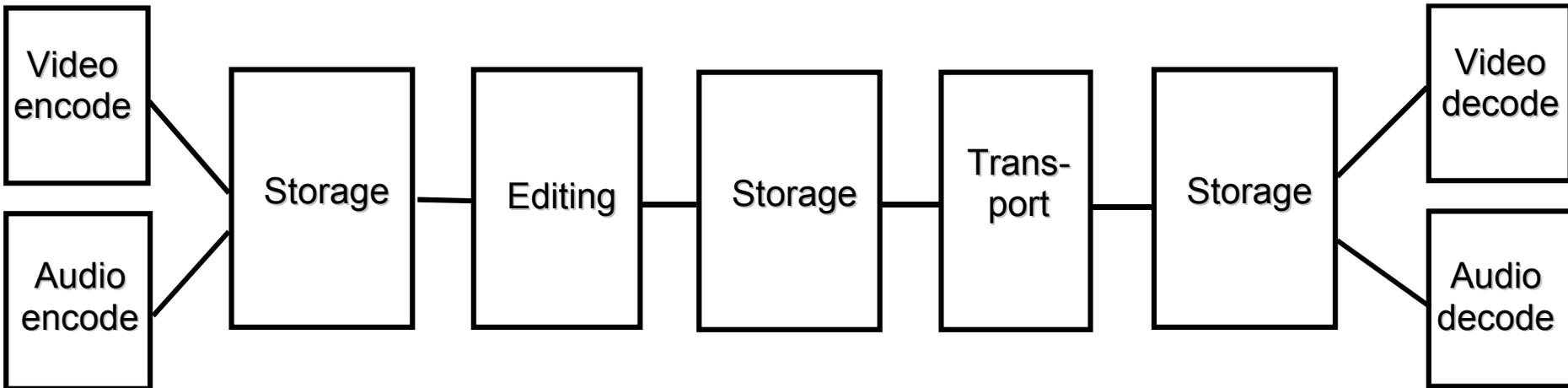
- ◆ MPEG-2 (1994):
 - 4 Mb/s to 80 Mb/s
 - DVD, Digital TV, HDTV

- ◆ MPEG-4 (1999):
 - 5 kb/s - 50 Mb/s
 - Flexible networked multimedia applications

MPEG-1



Стандарт сжатия видео для CD-ROM



Свойства видео в MPEG-1

- ◆ Нормальное воспроизведение
- ◆ Произвольный доступ к фрагментам
- ◆ Обратное воспроизведение
- ◆ Быстрый поиск вперед/назад
- ◆ Синхронизация видео и аудио потоков
- ◆ Устойчивость к ошибкам
- ◆ Редактируемость
- ◆ Гибкость формата
- ◆ Дешевизна

Пример видео в MPEG-1

Format	SIF (стандарт 525)	
	Lines/Frame	Pixels/Line
Luminance (Y)	240	352
Chrominance (Cb)	120	176
Chrominance (Cr)	120	176

Поток несжатого видео в формате SIF
30 кадров в секунду – 30.4Mb/s

MPEG-2: Свойства

- ◆ Совместимость с MPEG-1
- ◆ Поддержка множества форматов видеопоследовательностей
- ◆ Кадровая/блочная структура картинки
- ◆ Кадровая/блочная двунаправленная адаптивная компенсация движения
- ◆ Кадровое/блочное адаптивное DCT
- ◆ Альтернативное сканирование DCT коэффициентов
- ◆ Формат картинки: (4:2:0),(4:2:2),(4:4:4)
- ◆ Нелинейная таблица квантования

MPEG-2: отличия от MPEG-1



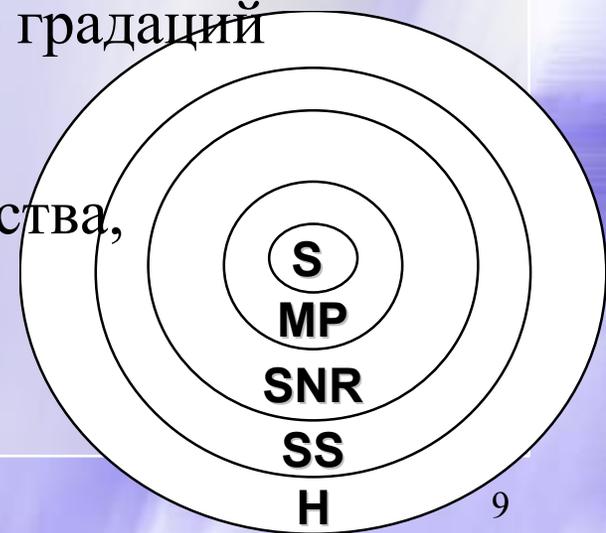
- ◆ Кодирование последовательностей с интерлейсингом
- ◆ Масштабируемость – позволяет декодировать видеопоток с меньшим качеством, разрешением и частотой кадров, чем он был закодирован

Профили



Каждый из профилей обладает набором свойств, используемых в различных областях применения видео:

- **Simple Profile:** видеоконференции («в железе»)
- **Main Profile:** для большинства приложений
- **SNR Profile:** несколько градаций качества
- **Spatially Scaleable Profile:** несколько градаций качества и разрешения
- **High Profile:** несколько градаций качества, разрешения и цветового формата



Профили и уровни

Уровень	Профиль				
	Simple 4:2:0	Main 4:2:0	SNR Scalable 4:2:0	Spatially Scalable 4:2:0	High 4:2:0 or 4:2:2
High 1920x1152 (60 frames/s)		80 Mbit/s			100 Mbit/s for 3 layers
High-1440 1440x1152 (60 frames/s)		60 Mbit/s		60 Mbit/s for 3 layers	80 Mbit/s for 3 layers
Main 720x576 (30 frames/s)	15 Mbit/s	15 Mbit/s	15 Mbit/s for 2 layers		20 Mbit/s for 3 layers
Low 352x288 (30 frames/s)		4 Mbit/s	4 Mbit/s for 2 layers		

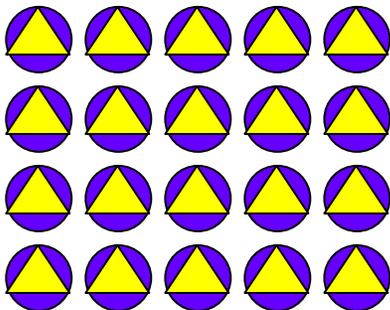
MPEG-2: разрешения и форматы

- ◆ Разрешение картинки – до 16k x 16k
- ◆ Частоты: 23.98, 24, 25, 29.97, 30, 50, 59.94, 60 кадров в секунду
- ◆ Поддерживает форматы цветности:
4:2:0, 4:2:2 и 4:4:4

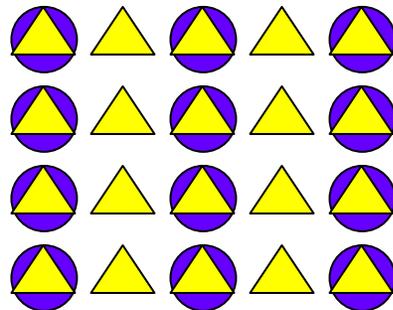
Форматы цветности

● Значения яркости точек

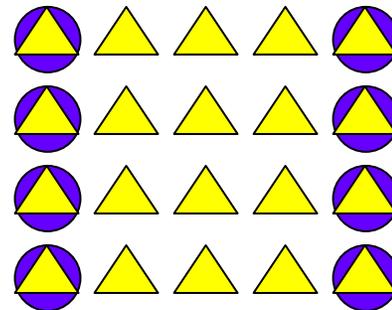
▲ Значения цвета точек



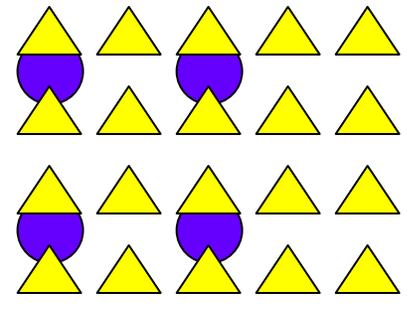
a)



b)



c)

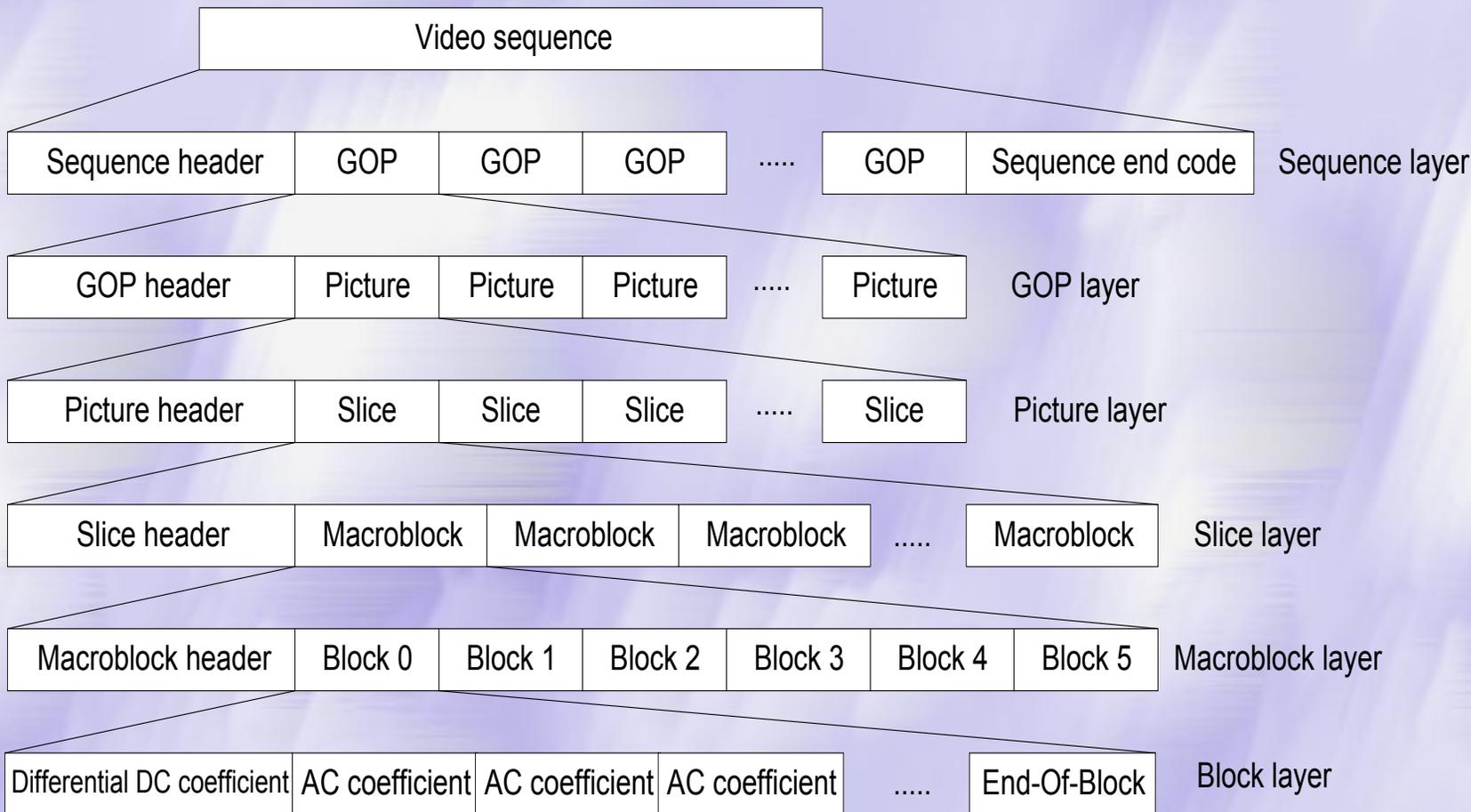


d)

Luminance and chrominance samples:

- a) 4:4:4 b) 4:2:2
c) 4:1:1 d) 4:2:0

Иерархическая структура слоев MPEG

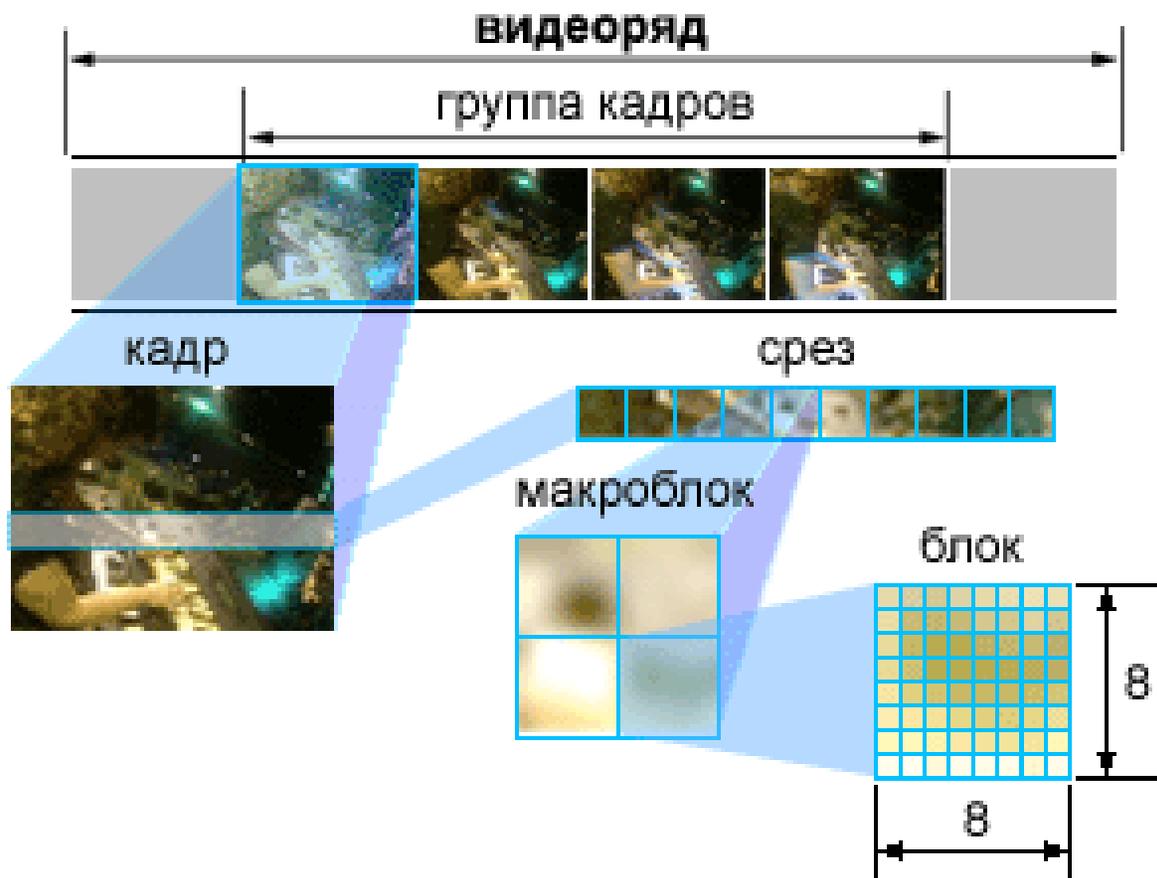


Иерархическая структура слоев MPEG(2)



- ◆ Видеоряд: произвольный доступ к содержанию
- ◆ GOP (Group of Pictures): структура произвольного доступа к содержанию. Наименьшая независимая структура кодирования в последовательности
- ◆ Кадр: основная структура кодирования
 - Intra-Frame (I)
 - Predicted-Frame (P)
 - Bidirectional-Predicted-Frame (B)
- ◆ Срез: структура ресинхронизации
- ◆ MB (Макроблок) (16x16): структура компенсации движения
- ◆ Блок (8x8): DCP- структура

Иерархическая структура слоев MPEG(3)



Видеоряд



Связанная информация:

- ◆ картинка и соотношение ее сторон
- ◆ поток картинок
- ◆ битовый поток
- ◆ минимальный размер буфера декодера
- ◆ флаг ограничения параметров
- ◆ Таблица квантования
- ◆ Пользовательские данные

Group of picture (GOP)

Связанная информация:

- ◆ код времени
- ◆ флаг закрытого состояния GOP
- ◆ broken link флаг
- ◆ пользовательская информация

Кадр



Связанная информация:

- ◆ время
- ◆ тип кадра
- ◆ инициализация буфера
- ◆ разрешение векторов движения и порядок
- ◆ пользовательские данные

Срез



Связанная информация:

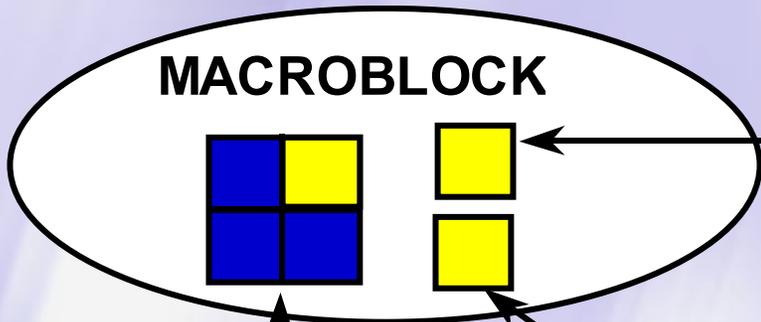
- ◆ вертикальная позиция
- ◆ масштаб квантования

Макроблок

Связанная информация:

- ◆ тип макроблока
- ◆ масштаб квантования
- ◆ вектора движения
- ◆ увеличение адреса
- ◆ шаблон кодируемого блока
- ◆ DCT коэффициенты

Макроблок(2)



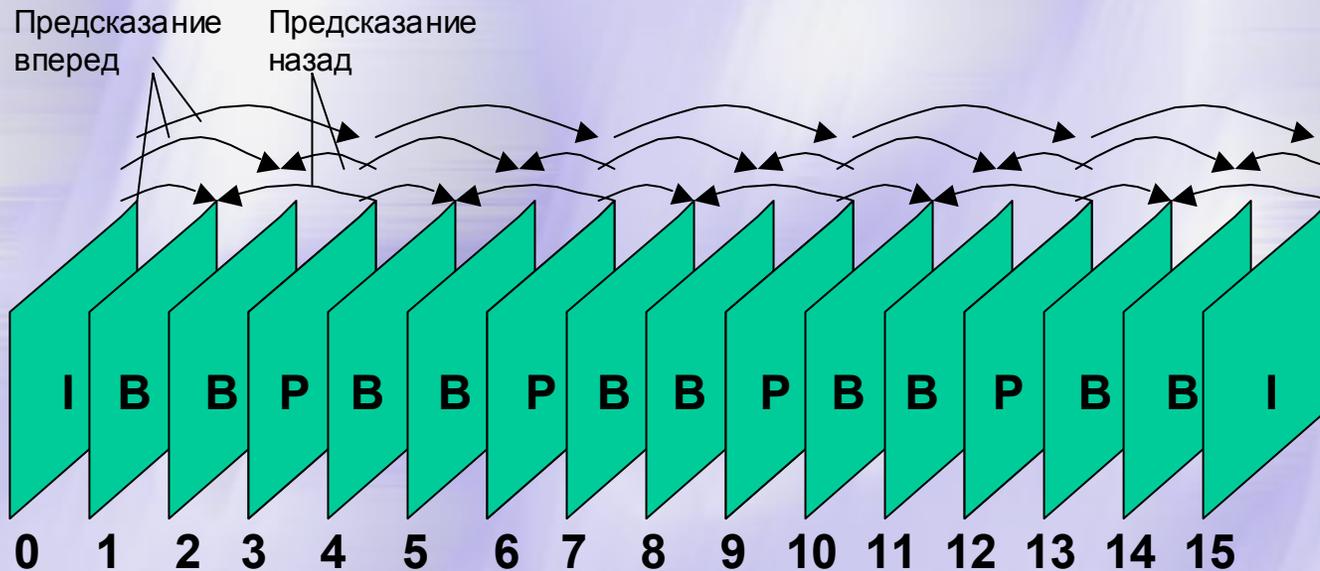
SLICE		
SLICE		
SLICE		
Y LUMINANCE		
SLICE 14		
SLICE 15		

SLICE		
SLICE		
SLICE		
Cb		
SLICE		
SLICE		

SLICE		
SLICE		
SLICE		
Cr		
SLICE		
SLICE		

Group of picture (GOP)

- Содержит I, P и B кадры
- N =количество кадров в GOP
- M =интервал предсказания ($M-1$ интервал B-кадров)



I, P и B -кадры

◆ I-кадры:

- Кодируются без участия других кадров подобно JPEG (блоки 8x8)
- Могут использоваться для произвольного доступа
- Низкая степень сжатия

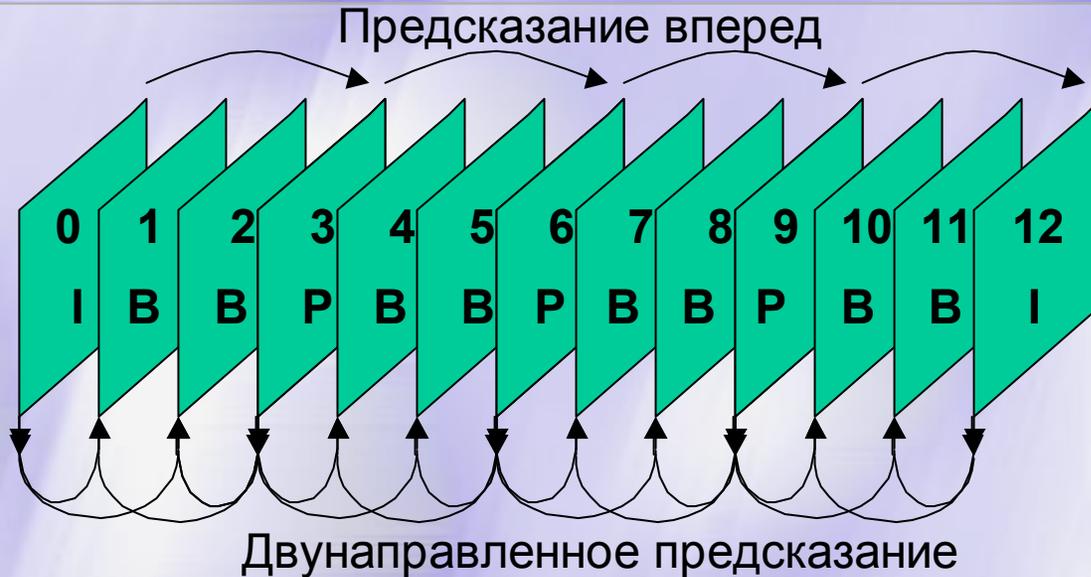
◆ P-кадры:

- Кодируются с использованием прошлых I и P кадров (макроблоки 16x16)

◆ B-кадры:

- Кодируются как интерполяция между предыдущим и следующим кадрами (используются I и P -кадры)

Пример временной структуры кадров



Порядок на экране

I	B	B	P	B	B	P	B	B	P	B	B	I
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

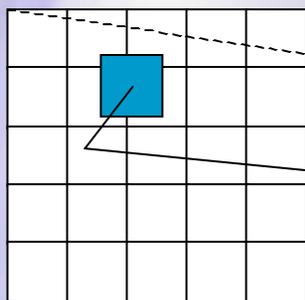
Порядок при кодировании

I	P	B	B	P	B	B	P	B	B	I	B	B
0	3	1	2	6	4	5	9	7	8	12	10	11

Двунаправленная КОМПЕНСАЦИЯ

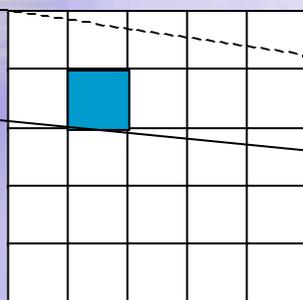
Для предсказания используется информация с предыдущего, следующего, или сразу обоих кадров

ПРЕДЫДУЩИЙ P-FRAME

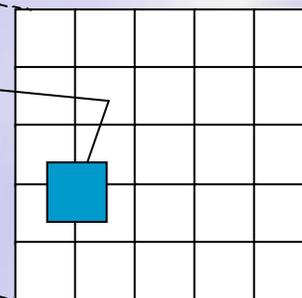


ЛУЧШЕЕ
СООТВЕТСТВИЕ

ДАННЫЙ B-FRAME



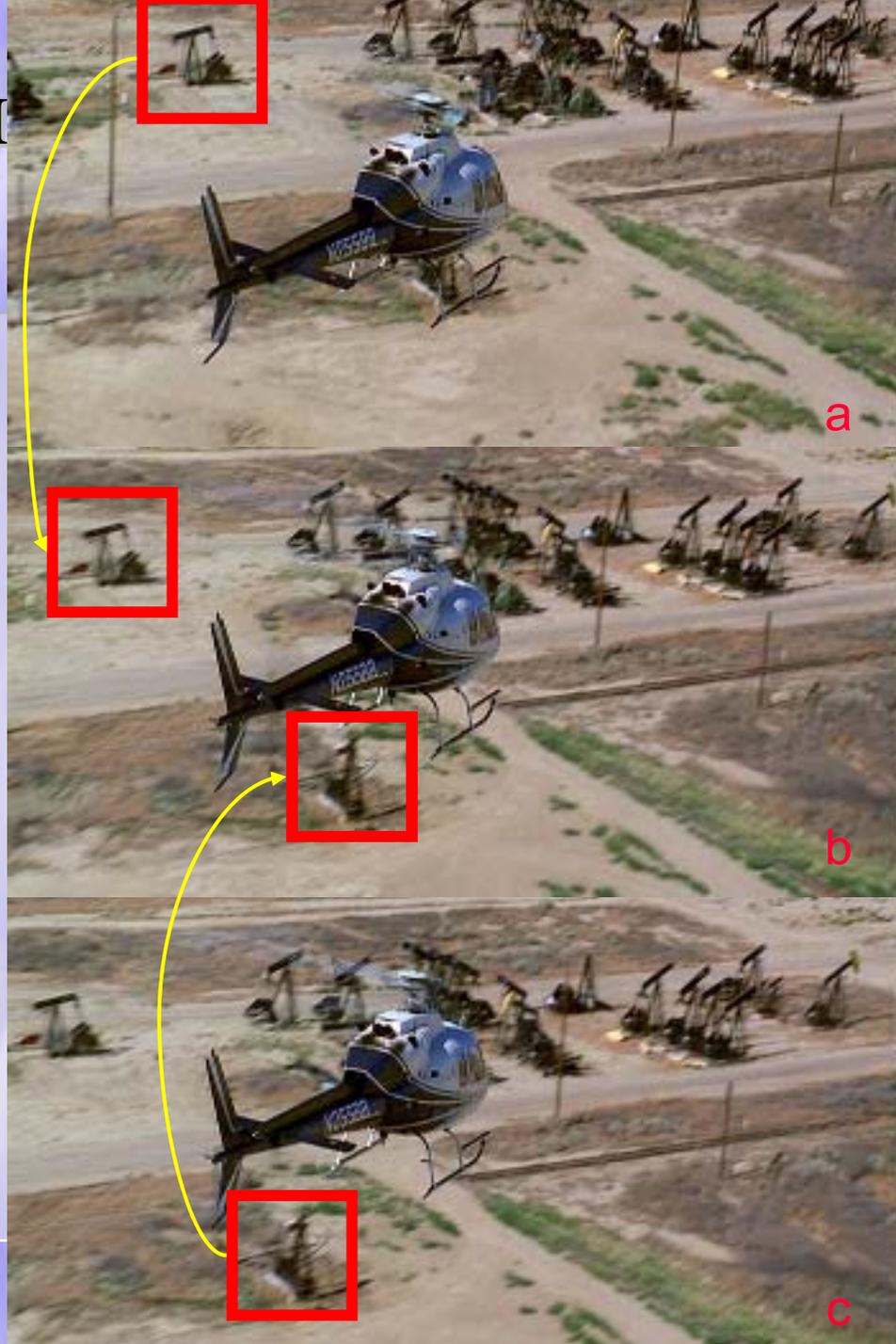
СЛЕДУЮЩИЙ P-FRAME



ЛУЧШЕЕ
СООТВЕТСТВИЕ

Двунаправленная КОМПЕНСАЦИЯ

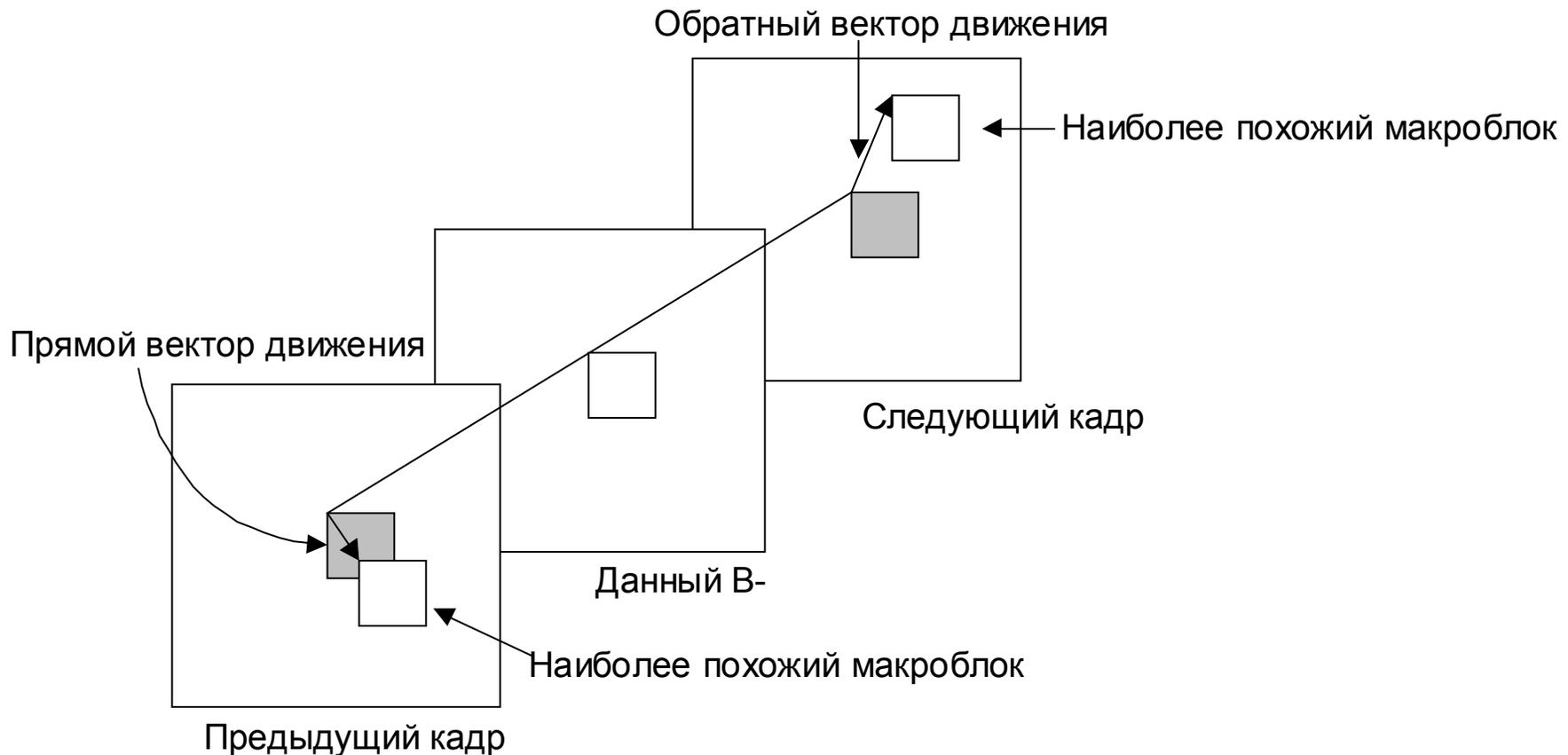
- a) Предыдущий кадр
- b) Данный кадр
- c) Следующий кадр



BI-DIRECTIONAL ME(2)



Прямое, обратное или усредненное предсказание: 1 или 2 вектора на блок 16x16

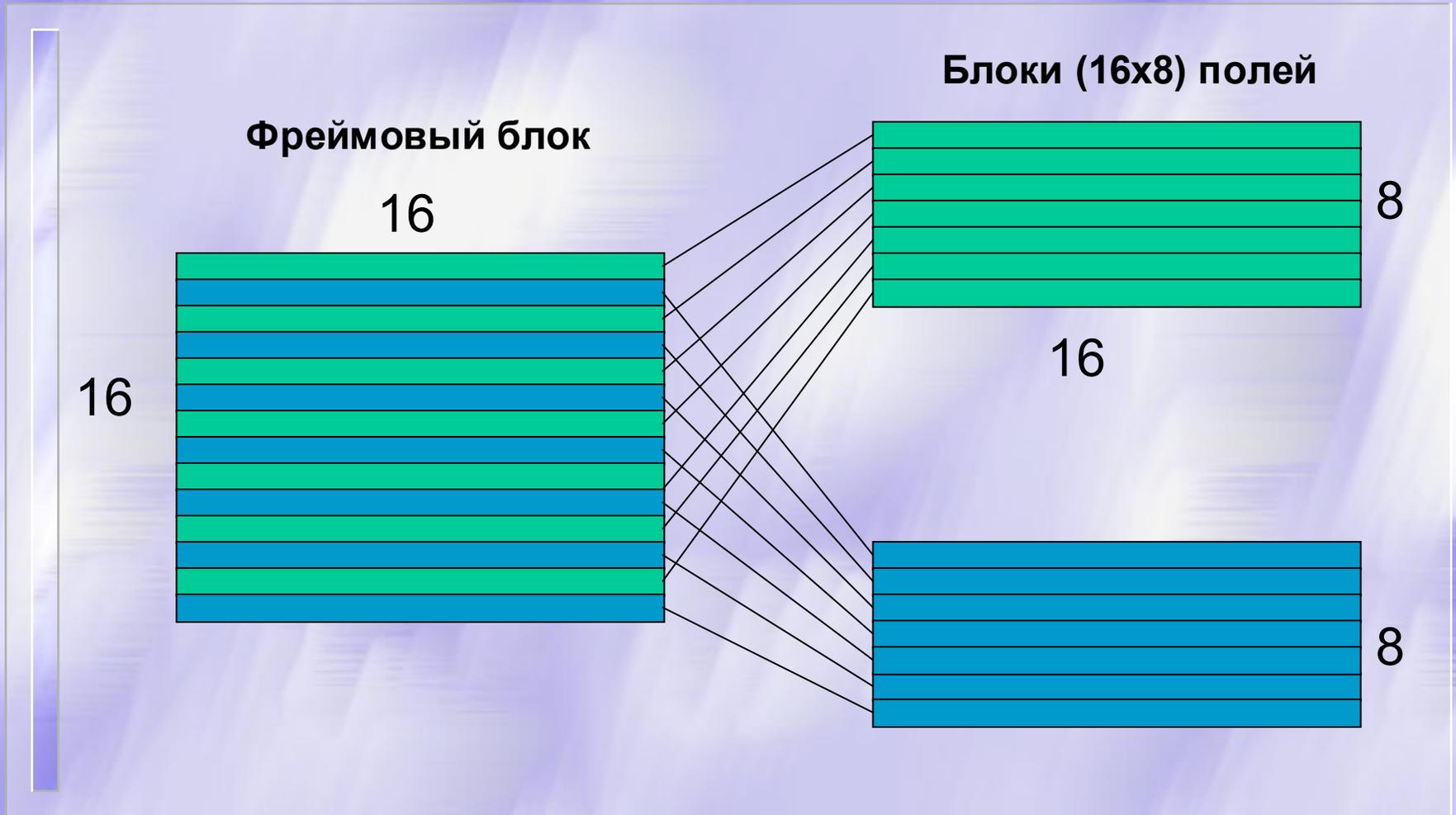


BI-DIRECTIONAL ME(3)



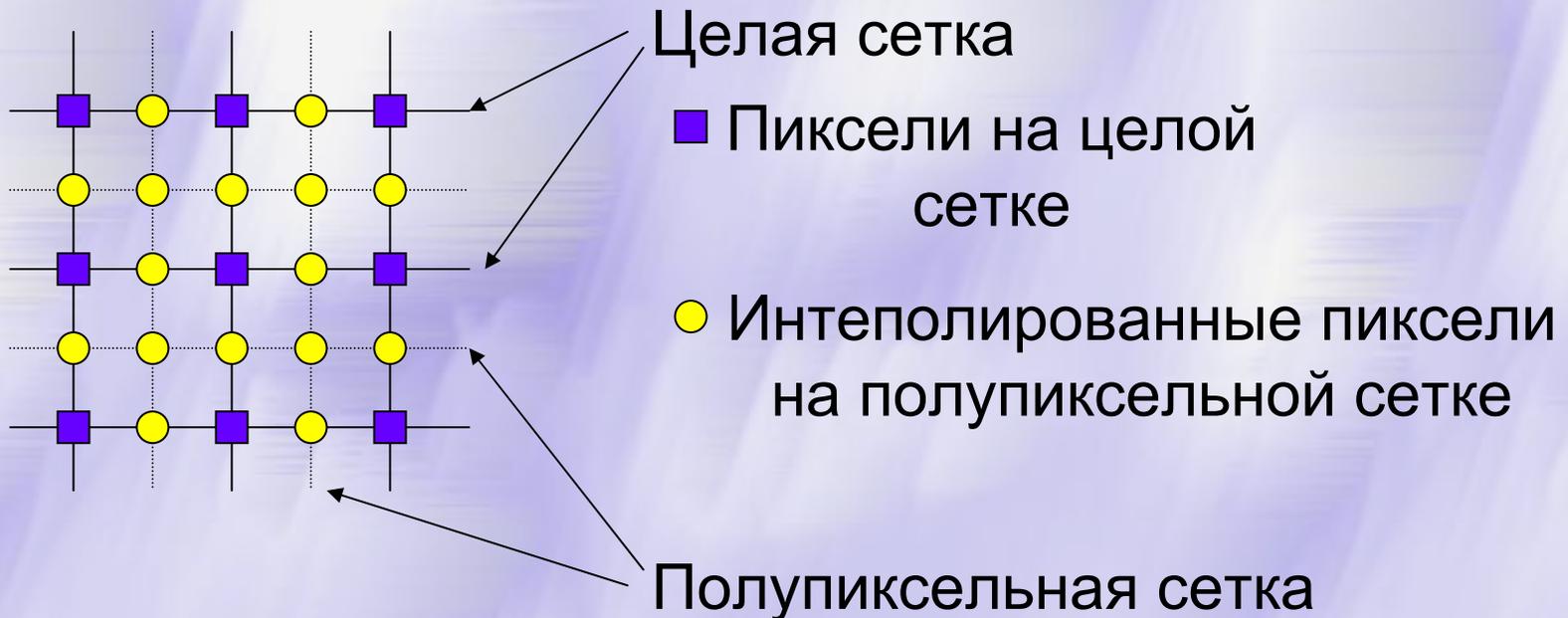
Для каждого блока в В-кадре выбираем один из блоков, определенных векторами движения, с предыдущего или следующего кадра, или некий средний, минимизируя ошибку. А затем ее кодируем.

Фреймы и поля для МС



Полупиксельный поиск

Движение происходит далеко не всегда на целое количество пикселей. Полупиксельный поиск улучшает точность

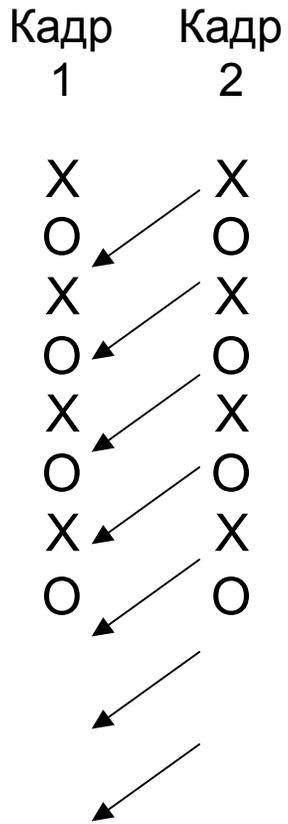


МС: видео с интерлейсингом

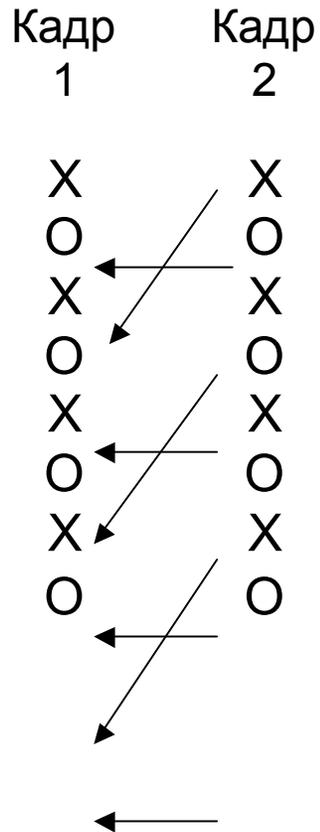


- ◆ Предсказание фреймов для кадров-фреймов (как в MPEG-1)
- ◆ Предсказание полей для кадров-полей
- ◆ Предсказание полей для кадров-фреймов
- ◆ Двухосновное предсказание
 - кадры-фреймы и кадры-поля
 - только для P-кадров
- ◆ 16x8 МС для полей кадров

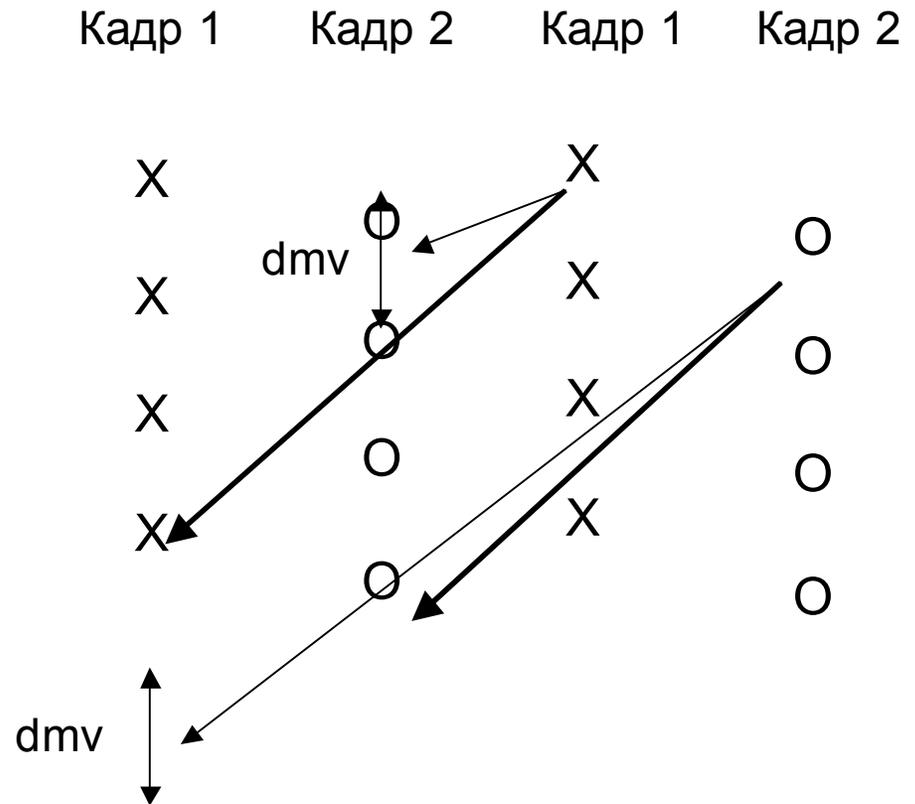
Режимы предсказания



Предсказание
фреймов



Предсказание
полей

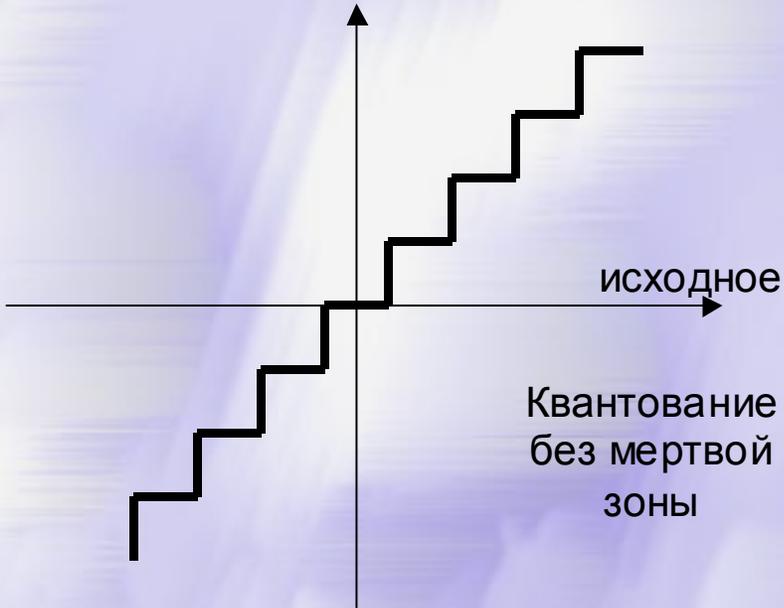


Двухосновное предсказание

Квантование



КВАНТОВАННОЕ



Intra
(Nearest integer)

КВАНТОВАННОЕ



Nonintra
(Rounded down)

Матрица квантования

Матрица квантования для I-frame

8	16	19	22	26	27	29	34
16	16	22	24	27	29	34	37
19	22	26	27	29	34	34	38
22	22	26	27	29	34	37	40
22	26	27	29	32	35	40	48
26	27	29	32	35	40	48	58
26	27	29	34	38	46	56	69
27	29	35	38	46	56	69	83

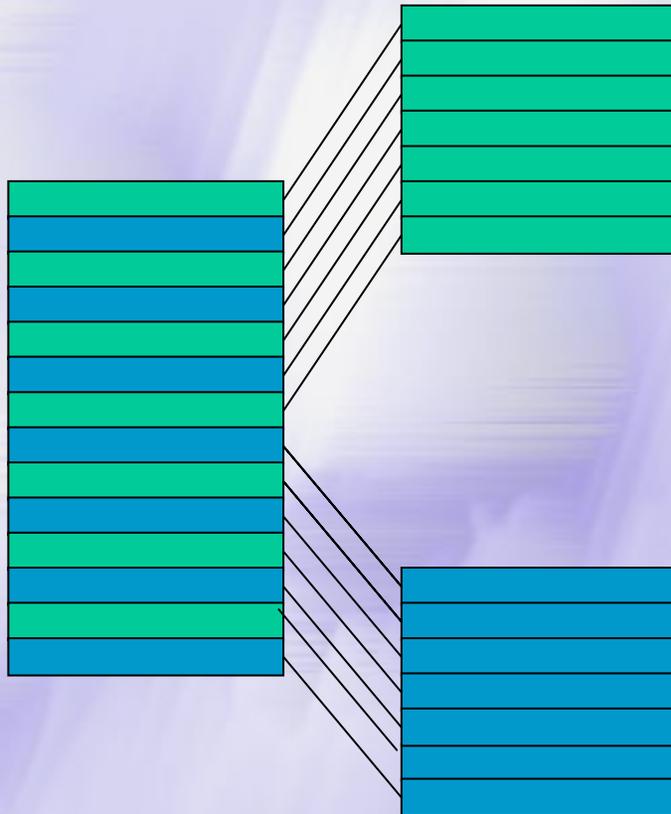
Матрица квантования(2)

Матрица квантования для P-frame

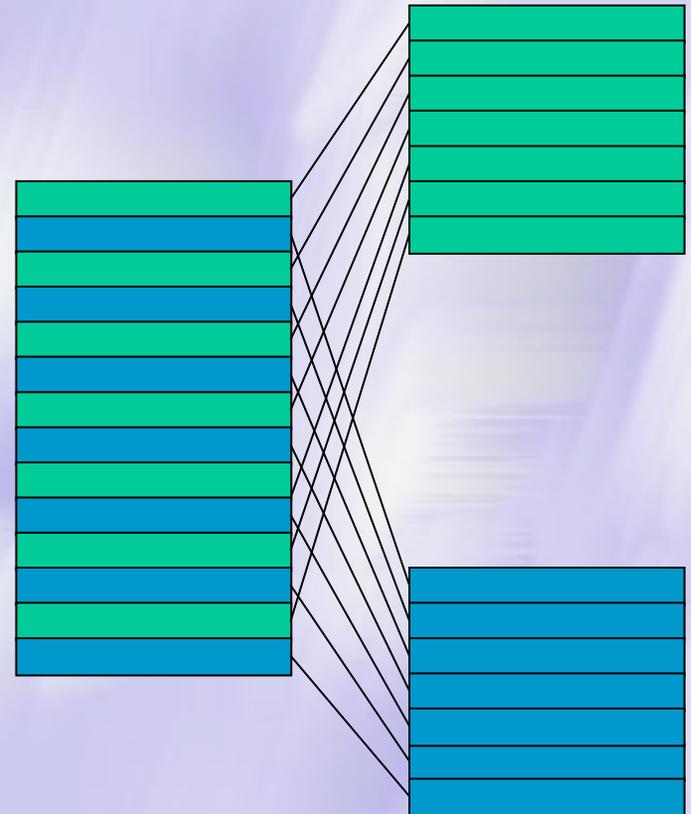
16	16	16	16	16	16	16	16
16	16	16	16	16	16	16	16
16	16	16	16	16	16	16	16
16	16	16	16	16	16	16	16
16	16	16	16	16	16	16	16
16	16	16	16	16	16	16	16
16	16	16	16	16	16	16	16
16	16	16	16	16	16	16	16

DCT: кадр/поле

Формат кадра

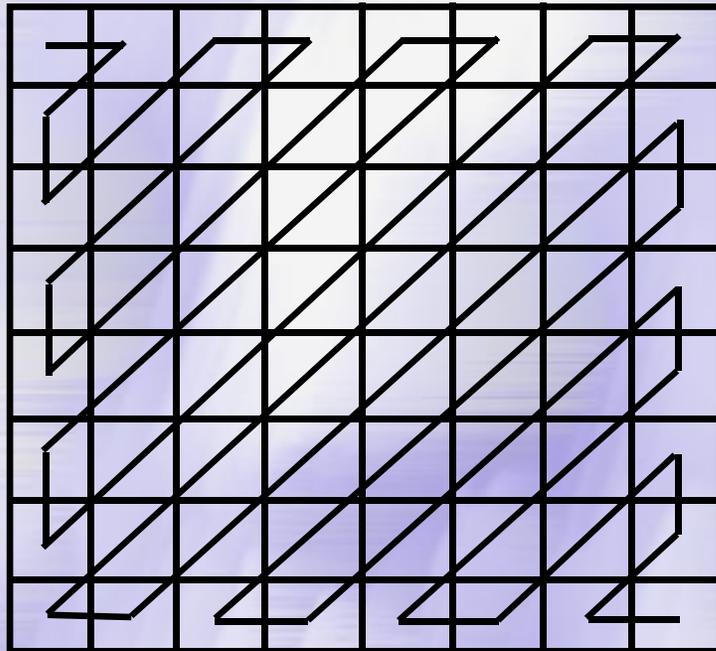


Формат поля

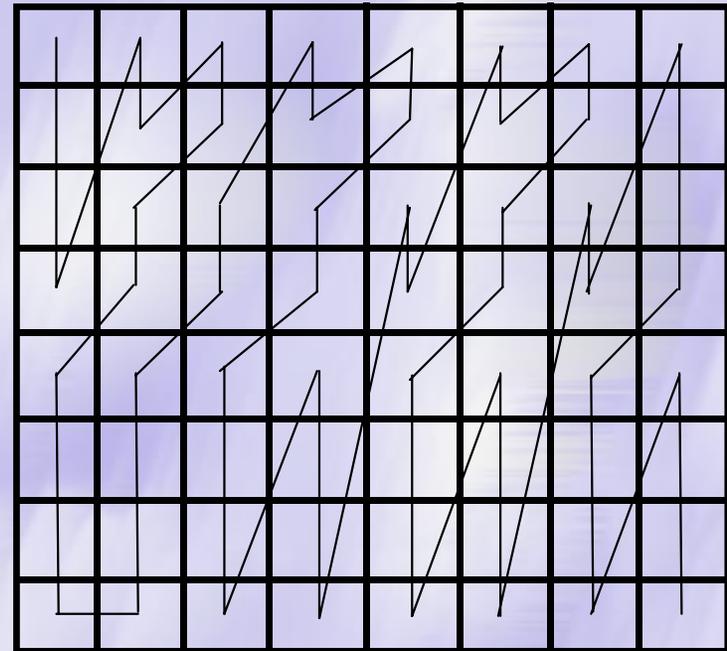


Поиск: без/с интерлейсингом

Зигзаг (нормальный)



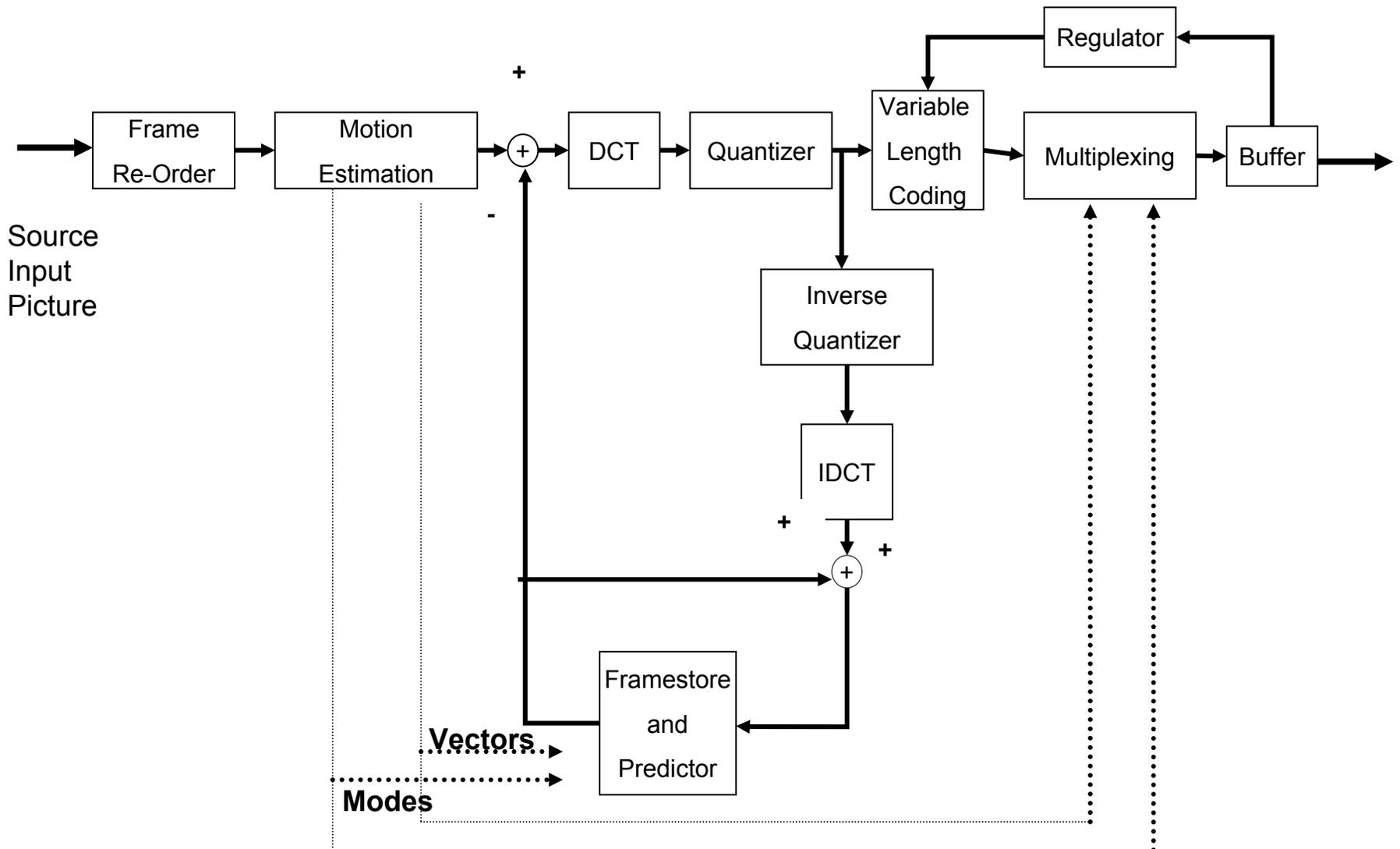
Альтернативный (интерлейсинг)



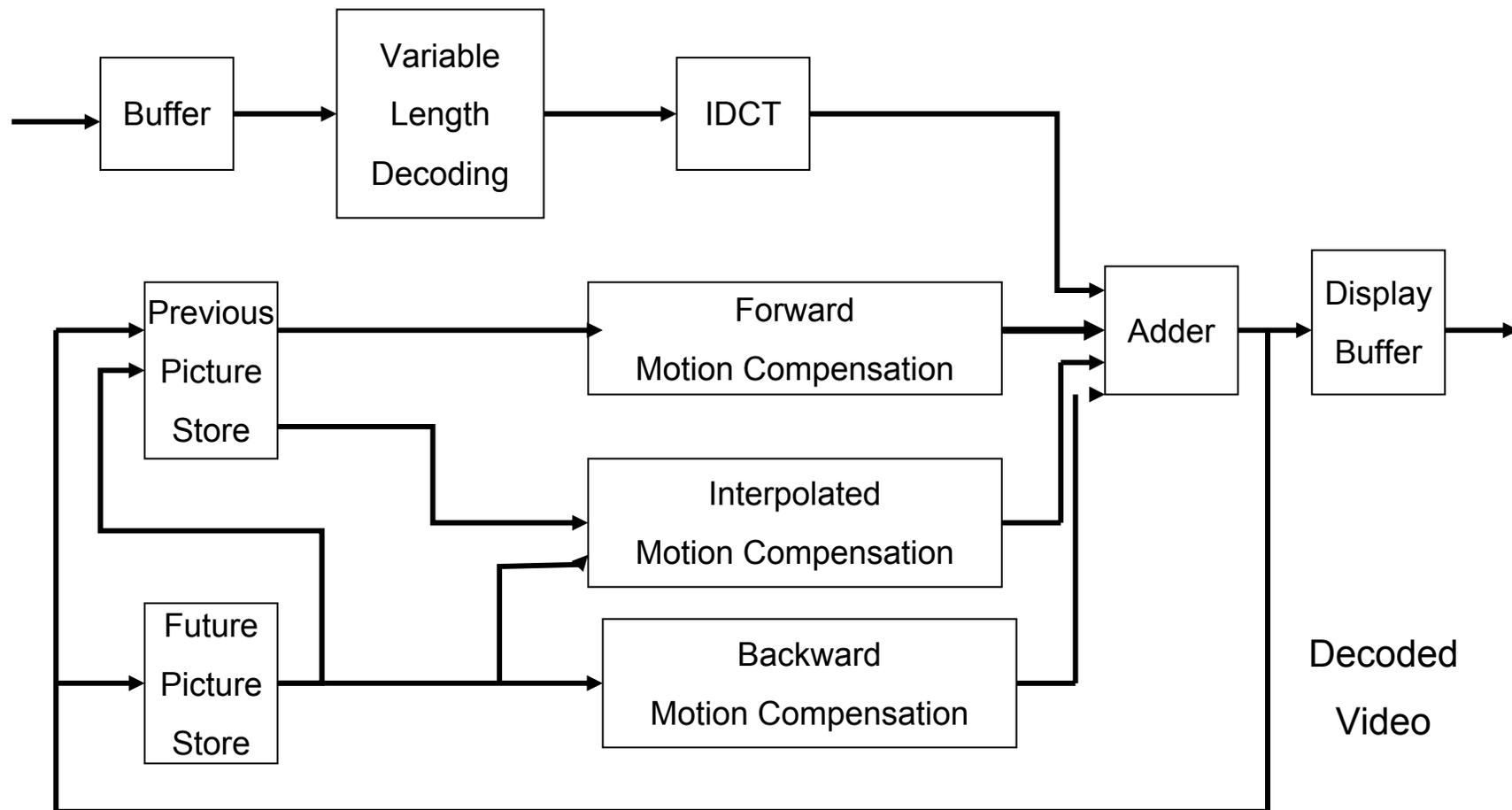
Устойчивость к ошибкам

- ◆ Многослойная структура
- ◆ Маскировка векторов движения
- ◆ Распределение данных
- ◆ SNR масштабируемость
- ◆ Пространственная масштабируемость
- ◆ Временная масштабируемость
- ◆ Intra-кадры
- ◆ Intra-слои

MPEG кодер



MPEG декодер



Литература



- ◆ Supavadee Aramvith, Ming-Ting Sun, “MPEG-1 and MPEG-2 Video Standards”
- ◆ Chia-Wen Lin “MPEG-2”
- ◆ Nicholas Beser, “Image Compression and Packet Video”
- ◆ Mei-Juan Chen, “Video Coding”
- ◆ Максим Проскурня “Цифровой формат видеозаписи MPEG-2”
- ◆ Luigi Filippini MPEG-2