

# Обзор методов обнаружения ошибок в видео

---

Кира Рагулина

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



# Содержание

---

- **Введение**

- Постановка задачи
- Область применения
- Проблемы
- Классификация алгоритмов

- Алгоритм, основанный на DCT-коэффициентах
- Алгоритм, использующий обучение
- Алгоритм для JPEG
- Алгоритм модификации H.263
- Алгоритм для SISO



# Постановка задачи

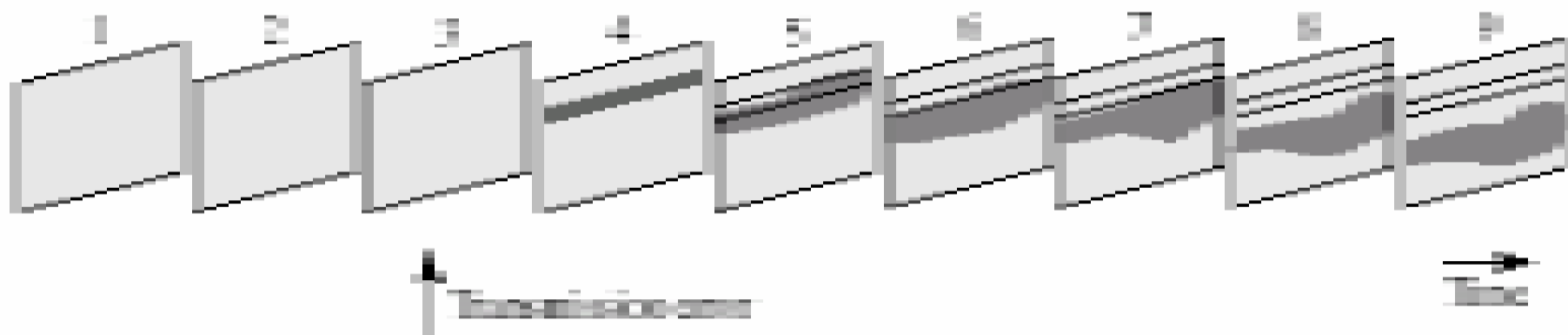
---

Для заданного визуального качества на стороне получателя найти наилучший способ (с меньшей пропускной способностью, меньшей задержкой, более эффективный) передать видео сигнал, используя защиту от ошибок, исправление ошибок и/или маскирование ошибок.



# Пример

## Распространение ошибки





# Область применения

---

- Потеря данных при передаче через проводные каналы
- Потеря данных при передаче через спутниковые каналы



# Общие проблемы

---

- Потеря заголовков и синхронизации
- Сложность определение точного места ошибки
- Распространение ошибки
- Передача в реальном времени и высоком качестве
- Противоречивость требований

# Классификация алгоритмов обнаружения ошибок



- Алгоритмы, использующие преимущества специального метода кодирования или структуры сигнала (синтаксические методы)
  - Неуниверсальные
  - Требуют большей пропускной способности для передачи
  - Находят далеко не все ошибки
  - Неточно определяют место ошибки, либо обладают большой вычислительной сложностью
  - Плохо работают при частых ошибках (высокий BER)
- Алгоритмы, использующие дополнительную информацию (водяные знаки)
  - Неуниверсальные
  - Трудно подобрать хороший водяной знак
  - Требуют большей пропускной способности для передачи
- Алгоритмы, использующие повторную передачу
  - Не пригодны для приложений реального времени
  - Создают задержки передачи
- Алгоритмы, использующие избыточность видео сигнала
  - Универсальны
  - Используют пространственную, временную, частотную избыточность



# Содержание

---

- **Введение**

- Постановка задачи
- Область применения
- Проблемы
- Классификация алгоритмов

- Алгоритм, основанный на DCT-коэффициентах
- Алгоритм, использующий обучение
- Алгоритм для JPEG
- Алгоритм модификации H.263
- Алгоритм для SISO



# Алгоритм, основанный на DCT-коэффициентах



## ■ Обнаружение

### ■ VCL уровень

Декодирует слова. Если встречается недопустимое или зарезервированное слово или слово с синтаксической ошибкой, то оно и слайс, в который оно входит, помечается как ошибочный и включается следующий уровень. Если встречается старт-код, то также включается следующий уровень.

### ■ Уровень синхронизации

Ищет байт, соответствующий старт-коду.

### ■ Уровень данных

## ■ Восстановление

### ■ Копирование из предыдущего кадра

# Алгоритм, основанный на DCT-коэффициентах



- Уровень данных

Проверяет индивидуальные блоки на аномалии. Считает изменение средней энергии у 4 соседних в кадре блоков, если она больше порога  $T_1$ , то проверяется наличие границ в блоке. Если в блоке нет границ, то он помечается как содержащий ошибку. Если есть границы, то считается их главное направление. Далее сравнивается изменение энергии блока по направлению этой границы. Если оно больше порога  $T_2$ , блок помечается как содержащий ошибку.

- $T_1 = 150, T_2 = 50$

# Алгоритм, основанный на DCT-коэффициентах



- Уровень данных
  - Изменение средней энергии – изменение DC DCT-коэффициентов яркости блоков.
  - Определение границы в блоке – сравнение блока с 8 ее соседними блоками:

$$A = \sum_{u=0}^4 \sum_{v=0}^4 |F_{u,v}|$$

- Определение направления границы:

$$\tan\theta = F_{0,1}/F_{1,0}$$



# Характеристики

---

- Очень быстрый алгоритм
- Очень простой алгоритм
- Применим для кодеков, использующих DCT преобразование



# Содержание

---

- **Введение**

- Постановка задачи
- Область применения
- Проблемы
- Классификация алгоритмов

- Алгоритм, основанный на DCT-коэффициентах
- Алгоритм, использующий обучение
- Алгоритм для JPEG
- Алгоритм модификации H.263
- Алгоритм для SISO

# Алгоритм, использующий обучение

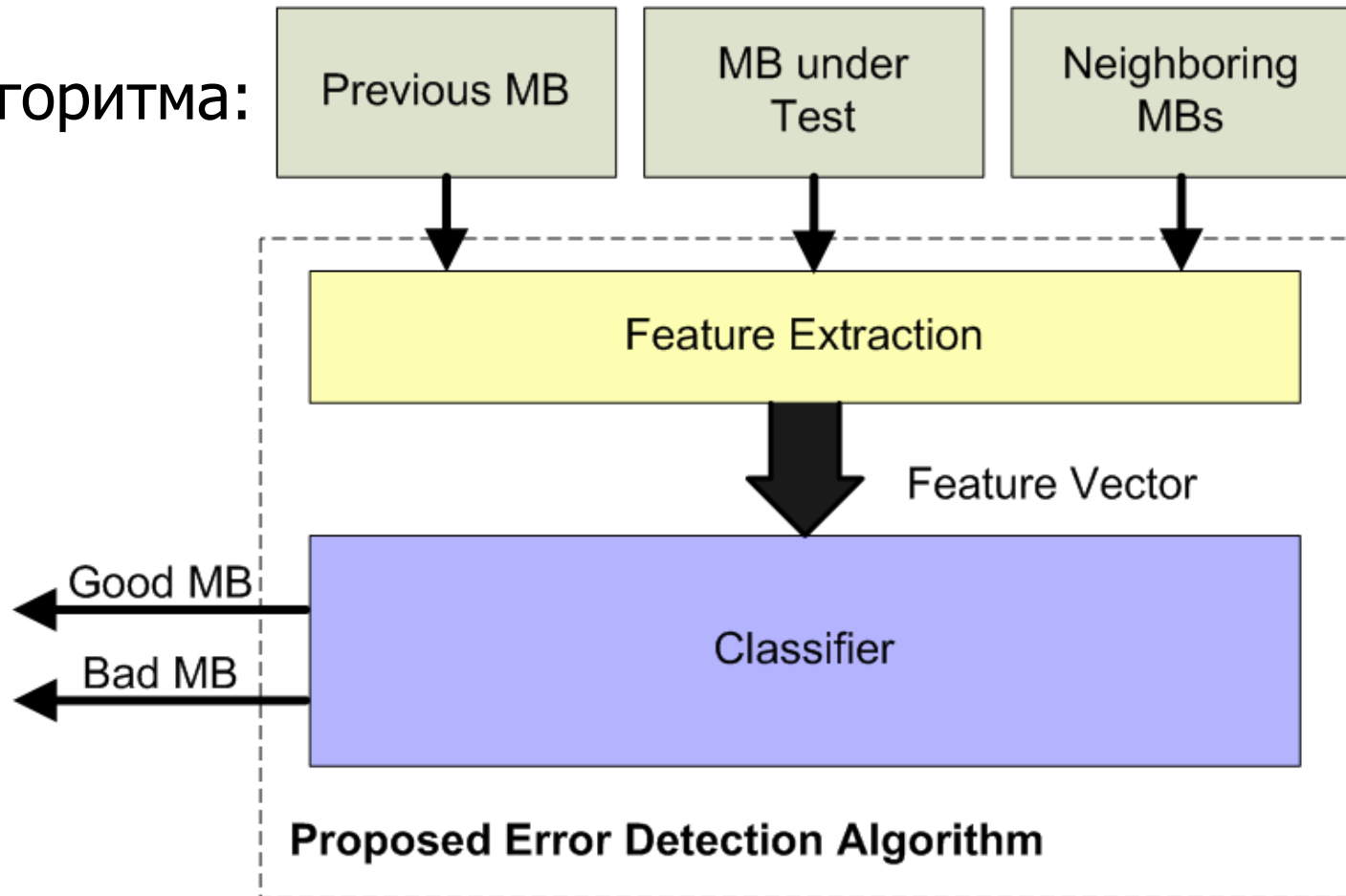


Классификация ошибок: использует Mean Option Score

Distortion Level (DL)	Description
0	Uncorrupted/Imperceptible
1	Perceptible but not annoying
2	Slightly Annoying
3	Annoying
4	Very Annoying

# Алгоритм, использующий обучение

Схема алгоритма:



ENHANCING ERROR RESILIENCE IN WIRELESS  
TRANSMITTED COMPRESSED VIDEO SEQUENCES  
THROUGH A PROBABILISTIC NEURAL NETWORK  
CORE, *Reuben A. Farrugia and Carl J. Debono, 2007.*

# Алгоритм, использующий обучение



- Характеристики:
  - Пространственные
    - AIDB – средняя разница между границами соседних MB
    - IAID - средняя разница между границами блоков в MB
    - $IAID_{block}$  - средняя разница между границами блоков в MB в расчете на блок
    - SED между MB текущего и предыдущего кадра
    - ISED – max SED между блоками в MB текущего и предыдущего кадров

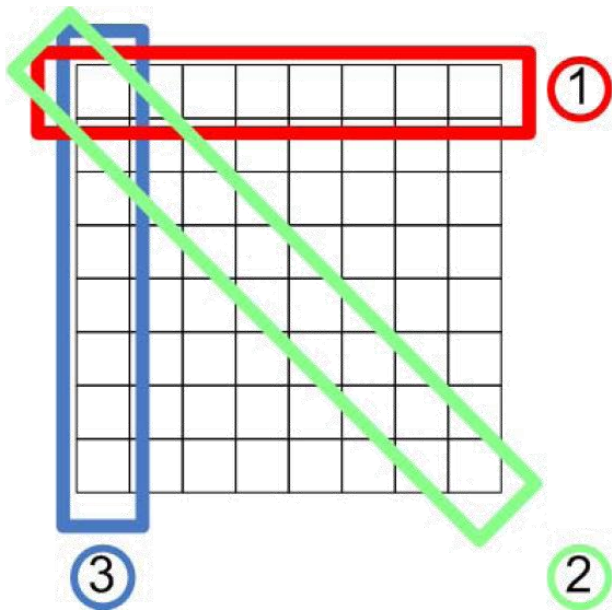
ENHANCING ERROR RESILIENCE IN WIRELESS TRANSMITTED COMPRESSED VIDEO SEQUENCES THROUGH A PROBABILISTIC NEURAL NETWORK CORE, *Reuben A. Farrugia and Carl J. Debono, 2007.*



# Алгоритм, использующий обучение



- Характеристики:
  - Частотные



- $d_{1\text{spat}}$ ,  $d_{2\text{spat}}$ ,  $d_{3\text{spat}}$  – суммы коэффициентов, расположенных по вертикали, диагонали и горизонтали в соседних блоках MB
- $d_{1\text{spat}}$ ,  $d_{3\text{spat}}$  – разница сумм коэффициентов, расположенных по вертикали и горизонтали в MB из текущего и предыдущего кадров

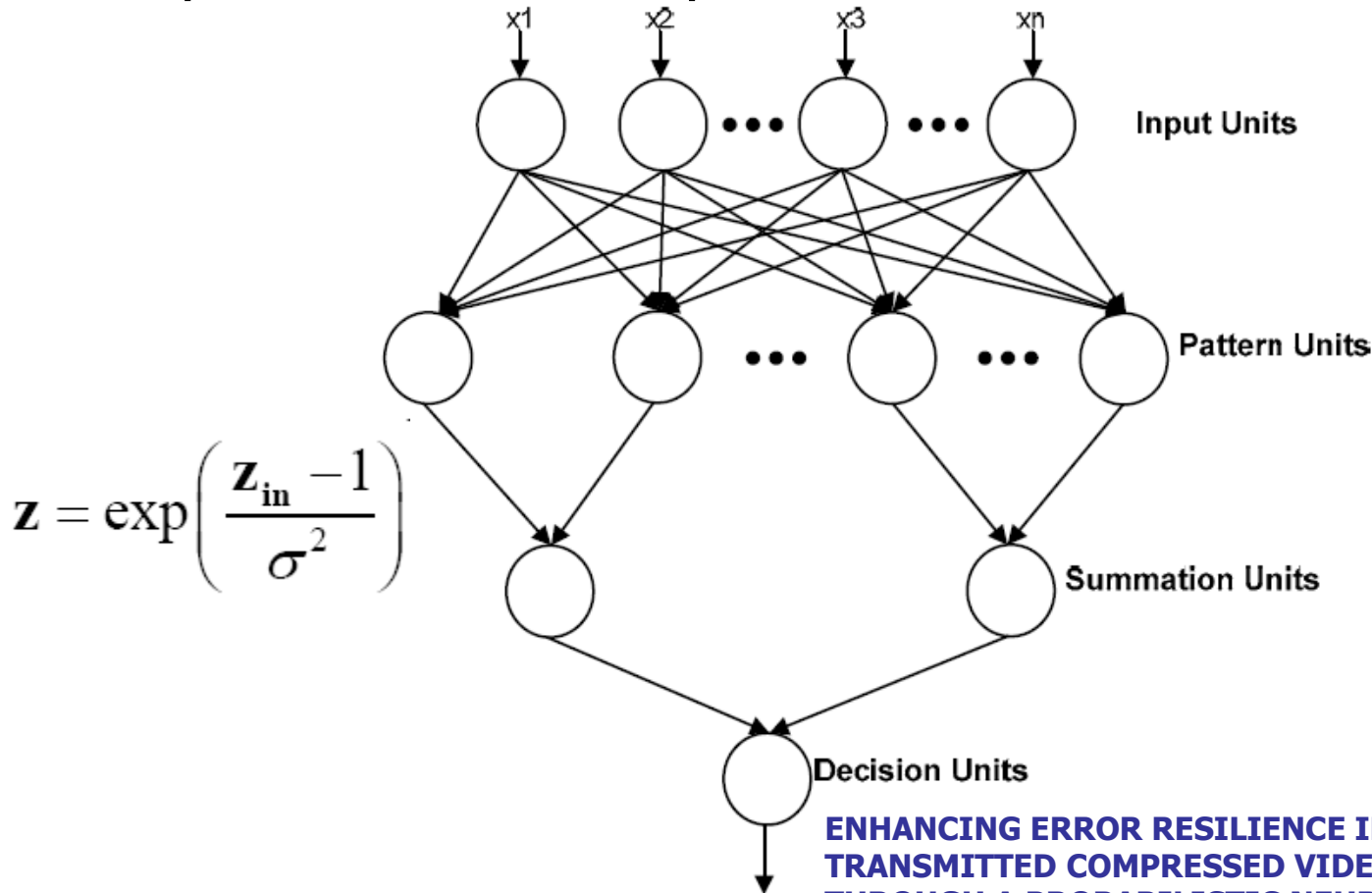
# Алгоритм, использующий обучение



- Бинарный классификатор:
  - Вычисляет веса компонент вектора
  - Использует обучение – 500 векторов на класс
  - Рассматривалось 3 классификатора:
    - Линейный классификатор Фишера
    - Нейронная сеть с обратным распространением ошибки
    - Вероятностная нейронная сеть

# Алгоритм, использующий обучение

- Вероятностная нейронная сеть



ENHANCING ERROR RESILIENCE IN WIRELESS  
TRANSMITTED COMPRESSED VIDEO SEQUENCES  
THROUGH A PROBABILISTIC NEURAL NETWORK  
CORE, *Reuben A. Farrugia and Carl J. Debono, 2007.*

# Результаты

- Кодек H.263++, BER 1.31E-03

Classifier	Average Class <sup>n</sup> Rate
AIDB	0.4413
Spatial Feature	0.6100
Fisher LDA	0.7480
Probabilistic NN	0.9216
Backpropagation NN	0.9080

Video Sequence	PNN
Erik	0.9394
Silent	0.9574
Akiyo	0.9360
Football	0.9302
Tennis	0.9333

DL	PNN	BPNN
1	0.5517	0.7241
2	0.8454	0.7938
3	0.9091	0.8751
4	0.9336	0.9231

**ENHANCING ERROR RESILIENCE IN WIRELESS TRANSMITTED COMPRESSED VIDEO SEQUENCES THROUGH A PROBABILISTIC NEURAL NETWORK CORE**, *Reuben A. Farrugia and Carl J. Debono, 2007.*



# Содержание

---

- **Введение**

- Постановка задачи
- Область применения
- Проблемы
- Классификация алгоритмов

- Алгоритм, основанный на DCT-коэффициентах
- Алгоритм, использующий обучение
- Алгоритм для JPEG
- Алгоритм модификации H.263
- Алгоритм для SISO

# Алгоритм восстановления для JPEG



- Обнаружение ошибок в словах по коду
- Обнаружение ошибок по частотной информации
  - Сравниваются AC коэффициенты ранга  $k$  соседних блоков, хотя бы один должен быть похож
- Обнаружение ошибок по пространственной информации
- Маскирование ошибок

# Алгоритм для JPEG

- Обнаружение ошибок по частотной информации

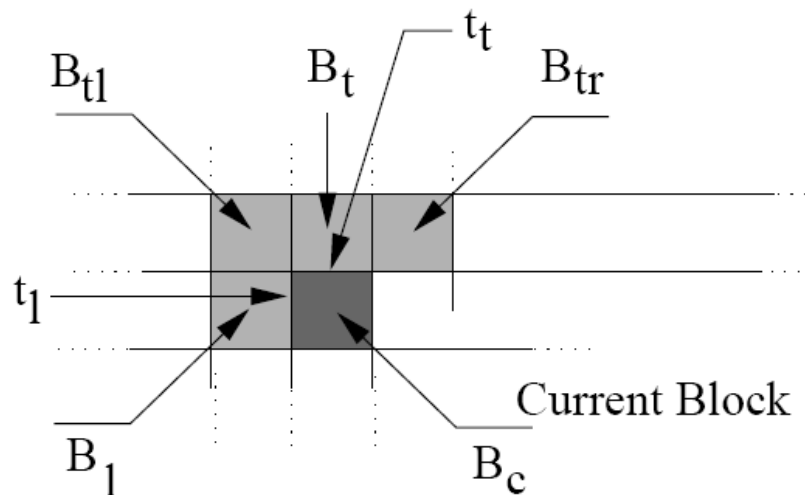
- Коэффициент ошибочный, если

$$|B_c(k)| \geq \alpha (\max (|B_l(k)|, |B_t(k)|, |B_{tl}(k)|, |B_{tr}(k)|) + 1)$$

- ИЛИ

$$|B_c(k)| \leq \beta (\min (|B_l(k)|, |B_t(k)|, |B_{tl}(k)|, |B_{tr}(k)|) + 1)$$

$$\alpha = \frac{1}{\beta} = k + 1$$



# Алгоритм для JPEG

- Обнаружение ошибок по пространственной информации
  - $V_1, V_2$  – 2 блока с общей границей
  - $m_1, m_2$  – средняя яркость границ блоков  $V_1, V_2$
  - $\sigma_1, \sigma_2$  – дисперсия яркости границ блоков  $V_1, V_2$
  - Сравнение блоков - адаптивный порог для  $t$ :

$$t = 2 \frac{|m_1 - m_2|}{\sigma_d} \quad \text{where } \sigma_d^2 = \frac{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}{2}$$

$$t_{threshold} = t_m(\text{last correct block}) + t_{opt}$$

$t_m(\text{last correct block})$   $t$  для последнего верно декодированного блока

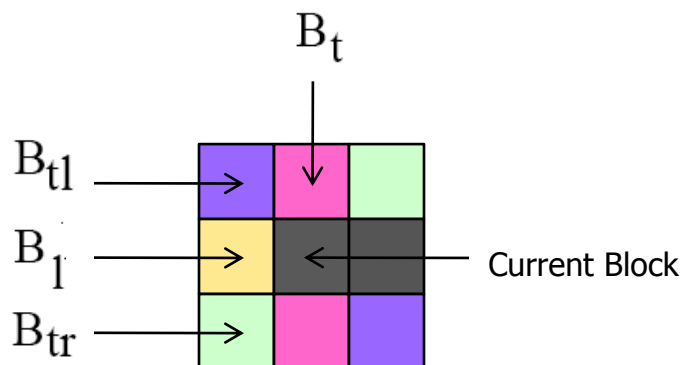
$$t_{opt} = 2.92$$



# Алгоритм для JPEG

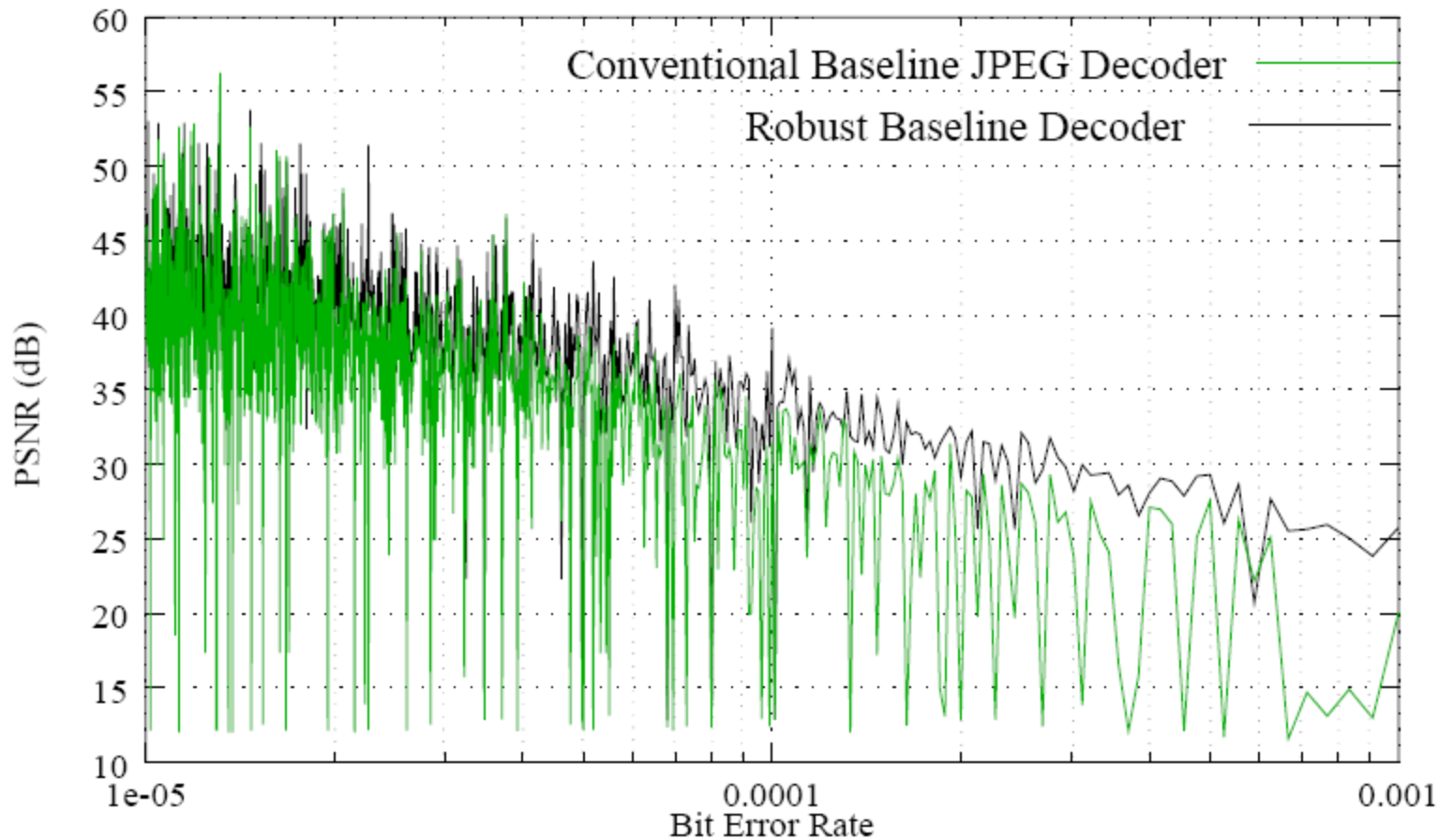
- Маскирование ошибок
  - DC коэффициент – среднее соседних DC коэффициентов
  - AC коэффициент ранга  $k$  – интерполяция 8 соседей

$$B_c(k) = \frac{(\maxabs(B_l(k), B_t(k))) + \maxabs(B_{tl}(k), B_{tr}(k))}{2}$$



# Результаты

- PSNR 3-4dB





# Содержание

---

- **Введение**

- Постановка задачи
- Область применения
- Проблемы
- Классификация алгоритмов

- Алгоритм, основанный на DCT-коэффициентах
- Алгоритм, использующий обучение
- Алгоритм для JPEG
- Алгоритм модификации H.263
- Алгоритм для SISO

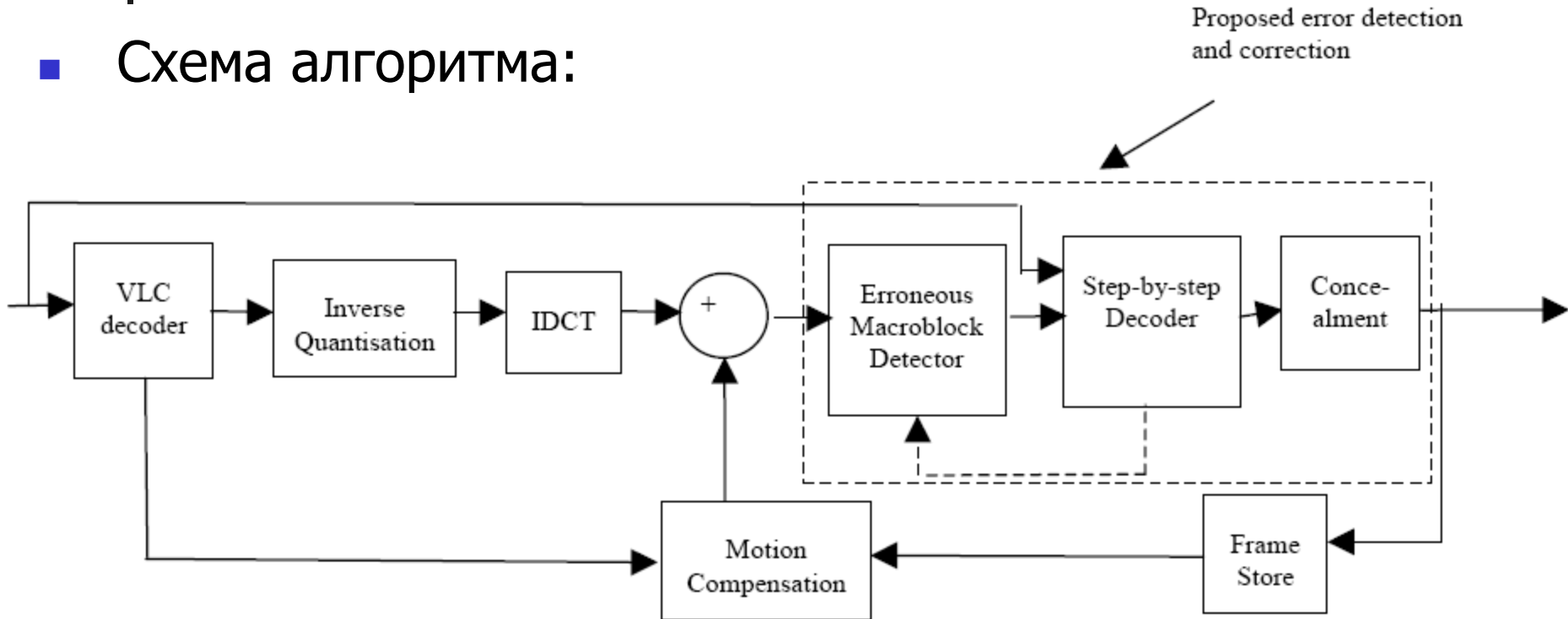
# Алгоритм модификации H.263



- Предназначен для слайс-структурированного режима потока
- Проблема: при потере 1 или более МВ в середине слайса становится невозможно декодировать остаток слайса.
- Алгоритм решает эту проблему путем незначительной модификации потока
- Модификация затрагивает уровень МВ и слайсов

# Алгоритм модификации H.263

- Схема алгоритма:



# Алгоритм модификации H.263



- Модификация потока:
  - уровень слайсов:
    - SSTUF – изменяется
    - LQUANT (последняя информация квантайзера) добавляется
    - LMVV (значение последнего MV) добавляется
  - уровень MB:
    - прогноз MVD (разница MV) добавляется

# Алгоритм модификации H.263



- Типы MB при ошибке передачи:
  - не декодируемые MB  
определяются при декодировании слайса
  - верно декодируемые MB  
определяются после декодирования слайса
  - кодируемые, но с ошибками MB  
определяются после декодирования слайса

# Алгоритм модификации H.263



- При декодировании слайса MB помечается как недекодируемый и заполняется серым, если
  - неверный VLC код обнаружен
  - информация квантайзера вне допустимого диапазона
  - неверный INTRA DC коэффициент обнаружен
  - потеря TCOEF с уровнем 0 обнаружена
  - коэффициенты достигли переполнения
  - MV ссылаются вне кадра
- При декодировании слайса MB помечается как кодируемый, но содержащий ошибку, если
  - число битов, использованных при декодировании слайса, больше числа битов в слайсе
  - информация квантайзера в последнем MB отличается от LQUANT
  - MV последнего декодированного MB отличается от LMOV



# Алгоритм модификации H.263



- Для выявления поврежденных МВ используются следующие меры схожести:
  - МВ характеристики
    - граница МВ
    - среднее значение МВ
  - характеристики внутренних блоков МВ
    - внутренняя граница
    - границы отдельных DCT блоков МВ
    - среднее значение DCT блоков МВ
- Каждая из характеристик вычисляется и сравнивается с абсолютным и/или относительным порогом
- Если она больше абсолютного порога, то МВ помечается как содержащий ошибку
- Если она больше относительного порога, то МВ помечается как кандидат на ошибку и проверяются остальные характеристики

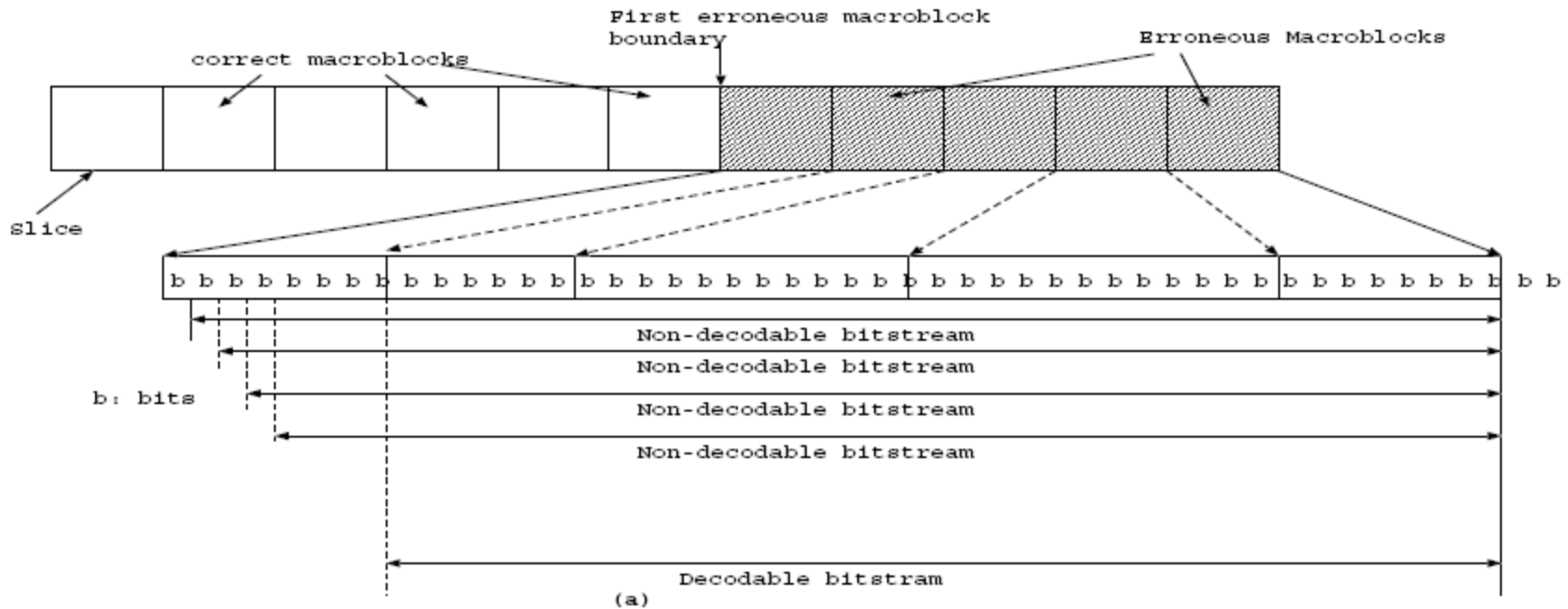
# Алгоритм модификации H.263



- Исправление
  - Допустим декодер знает позицию первого блока с ошибкой (если он есть в слайсе). Тогда применяется алгоритм:
    - Декодируется предшествующая часть слайса
    - Указатель устанавливается на 2 бит первого блока с ошибкой
    - Остаток слайда, начиная с указателя, проверяется на возможность декодирования
    - Если он недекодируем, то к указателю прибавляется 1 бит
    - Процесс продолжается, пока остаток не станет верно декодируемым
  - Если число верно декодируемым MB меньше количества MB в слайсе, то они выравниваются справа, пропавшие MB заполняются серым
  - Процесс запускается для каждого отмеченного слайса с ошибкой
  - Кадр декодируется с помощью такой процедуры, пока новые испорченные MB не будут обнаруживаться

# Алгоритм модификации H.263

- Схема метода исправления:



(b) Error Detection and Correction in H.263 coded video over wireless network, E.Khan, H.Gunji, S. Lehmann and M.Chanbani 2001

# Алгоритм модификации H.263



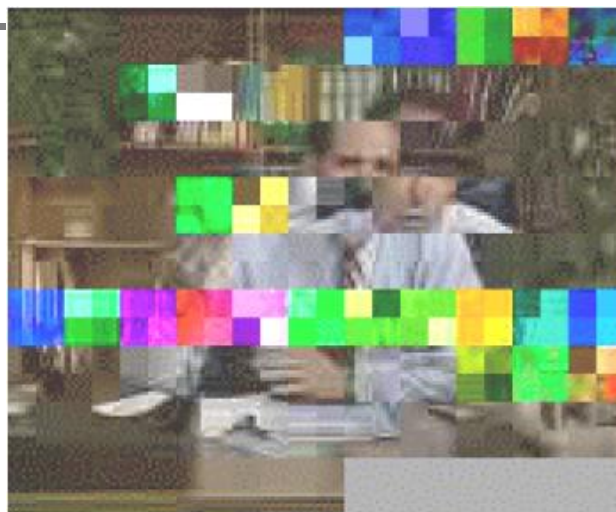
- Маскирование
- После исправления в слайсе остается хотя бы 1 серый MB с ошибкой
- Он заполняется любым стандартным методом маскирования:
  - Пространственным
    - для INTRA кадров
    - медиана 8 соседних блоков
  - Временным
    - для INTER кадров
    - простое ME временное маскирование
    - MV MB с ошибкой приравнивается медиане MV соседних 8 MB
    - если соответствующие MV недоступны, вместо них берется 0
    - Соответствующий MV MB предыдущего кадра копируется в текущий кадр

# Результаты

- 'Salesman' , QCIF, 176x144, 4:2:0, 10 frame/sec, IPPPP...
- 64kbps, H.263
- Канал BSC в 100 состояниях
- PSNR по кадру складывается из 3 компонентов – среднее по состояниям канала
- PSNR по видео складывается из 3 компонентов – среднее PSNR по всем кадрам и всем состояниям канала

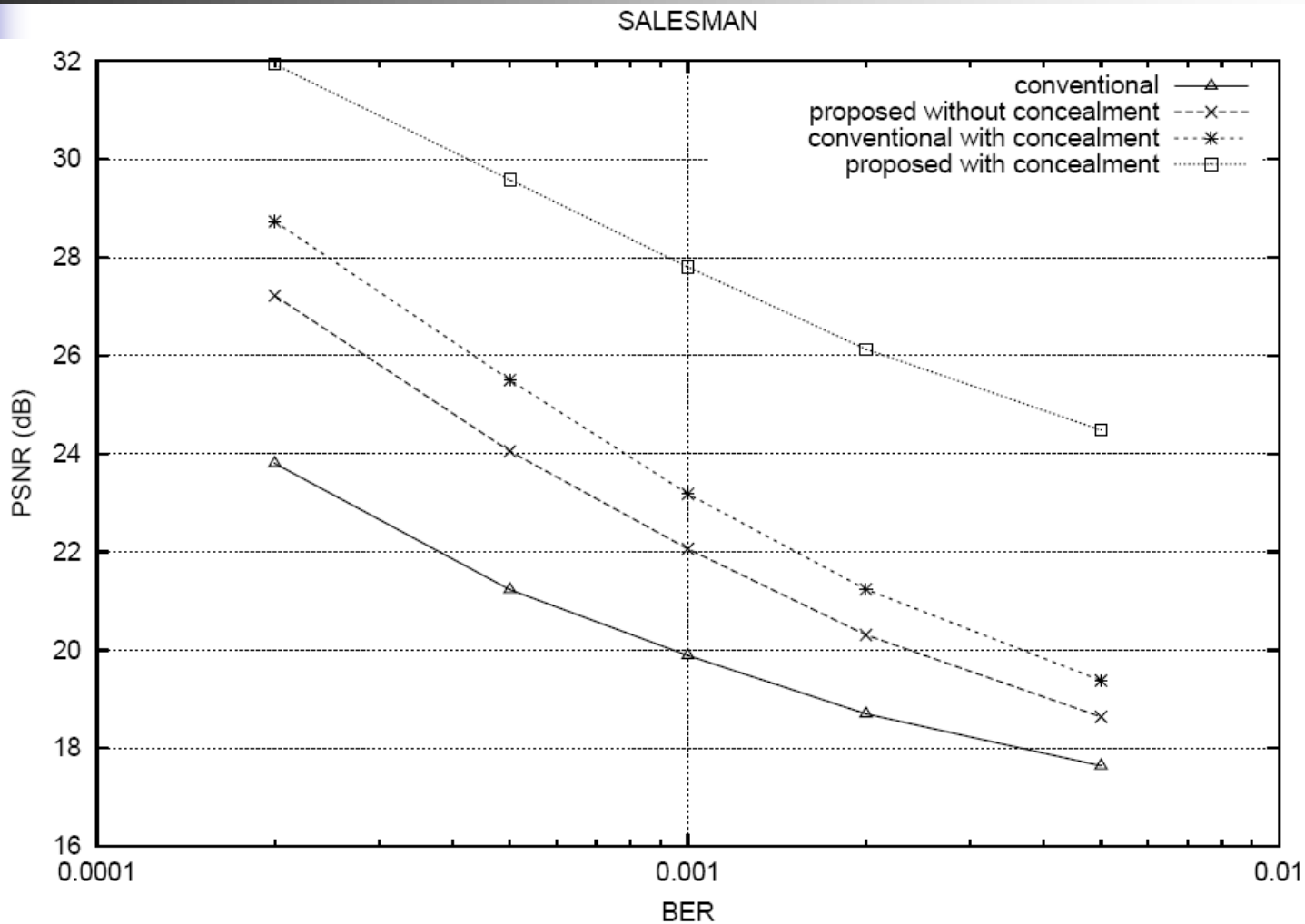


# Результаты



Error Detection and Correction in H.263 coded video over wireless network, *E.Khan, H.Gunji, S. Lehmann and M.Chahari 2001*

# Результаты





# Содержание

---

- **Введение**

- Постановка задачи
- Область применения
- Проблемы
- Классификация алгоритмов

- Алгоритм, основанный на DCT-коэффициентах
- Алгоритм, использующий обучение
- Алгоритм для JPEG
- Алгоритм модификации H.263
- Алгоритм для SISO



# Алгоритм для SISO

- Применяется для H.263
- Процедура обнаружения ошибок:
  - Сначала осуществляется обнаружение ошибок с помощью канала – MB, содержащие биты с маленькой вероятностью правдоподобия (по порогу), и все, следующие за ними в слайсе, отмечаются как подозрительные
  - Блоки, содержащие синтаксические ошибки, и все, следующие за ними в слайсе, отмечаются как содержащие ошибку. Декодер останавливается
  - Проверяется похожесть границ подозрительных MB. Если суммарная разница превосходит цветовые пороги, то блок и все, следующие за ними в слайсе, отмечается как содержащий ошибку

# Алгоритм для SISO

- Мера похожести границ

$$D = \sum_{k=0}^7 |B_n[k, 0] - B_{n-1}[k, 7]|$$

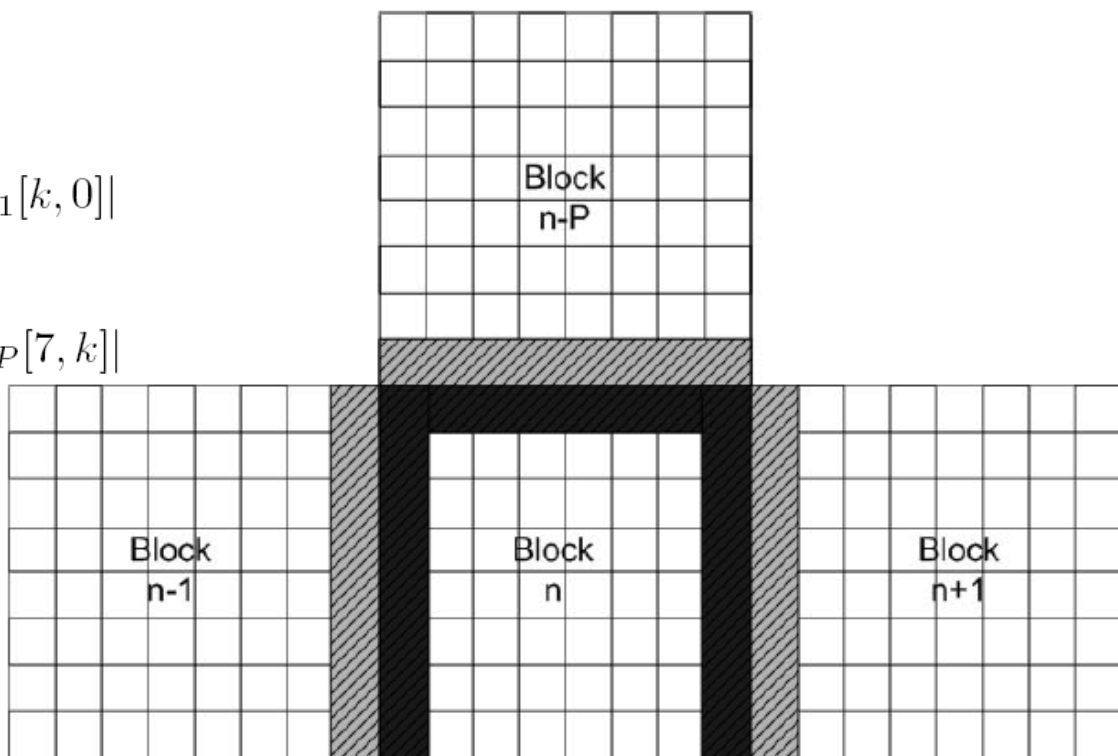
$$+ \sum_{k=0}^7 |B_n[k, 7] - B_{n+1}[k, 0]|$$

$$+ \sum_{k=0}^7 |B_n[0, k] - B_{n-P}[7, k]|$$

- Вычисляется в DCT области

- Порог для каждого слайса надежно передается и

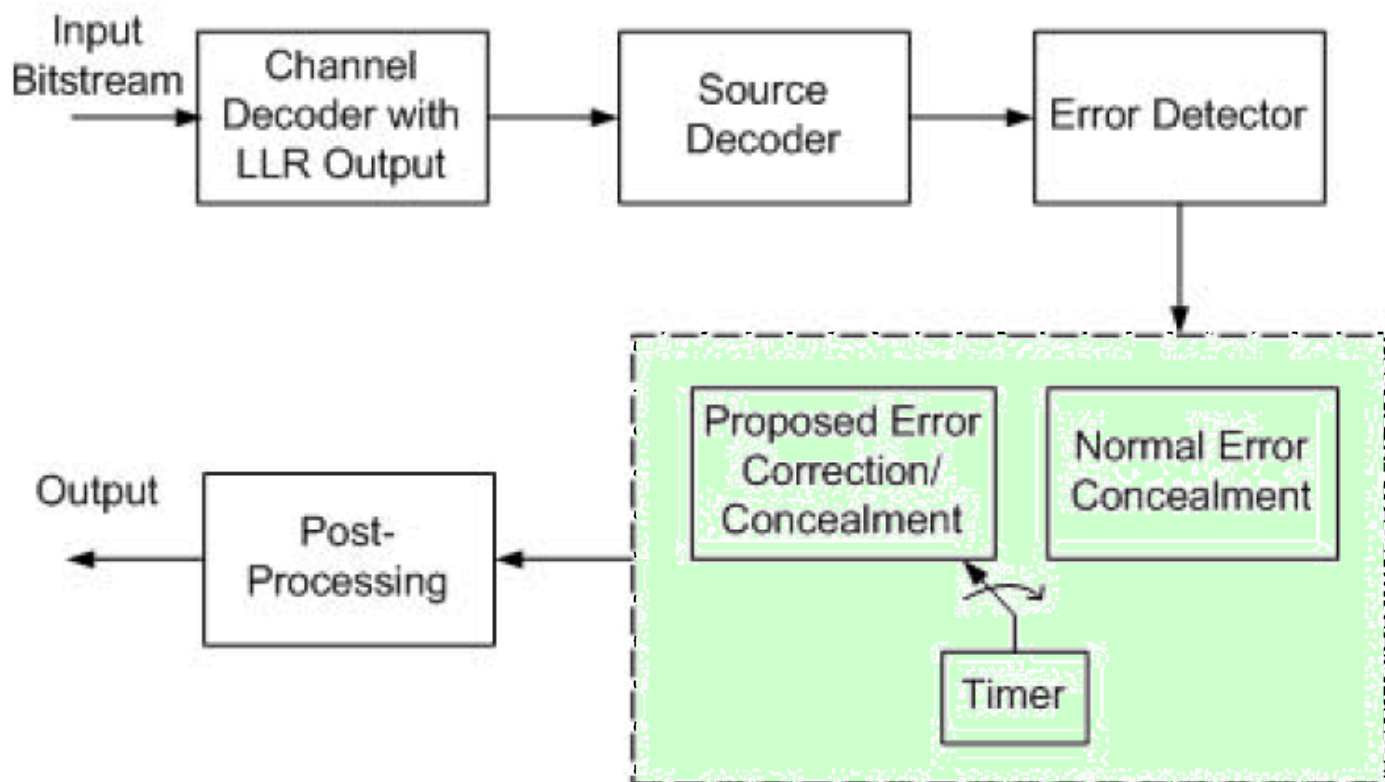
обновляется при смене сцен или других сильных изменениях



A Novel Bitstream Level Joint Channel Error  
Concealment Scheme for Realtime Video over  
Wireless Networks, X.Ding, K.Roy, INFOCOM,2004.

# Алгоритм для SISO

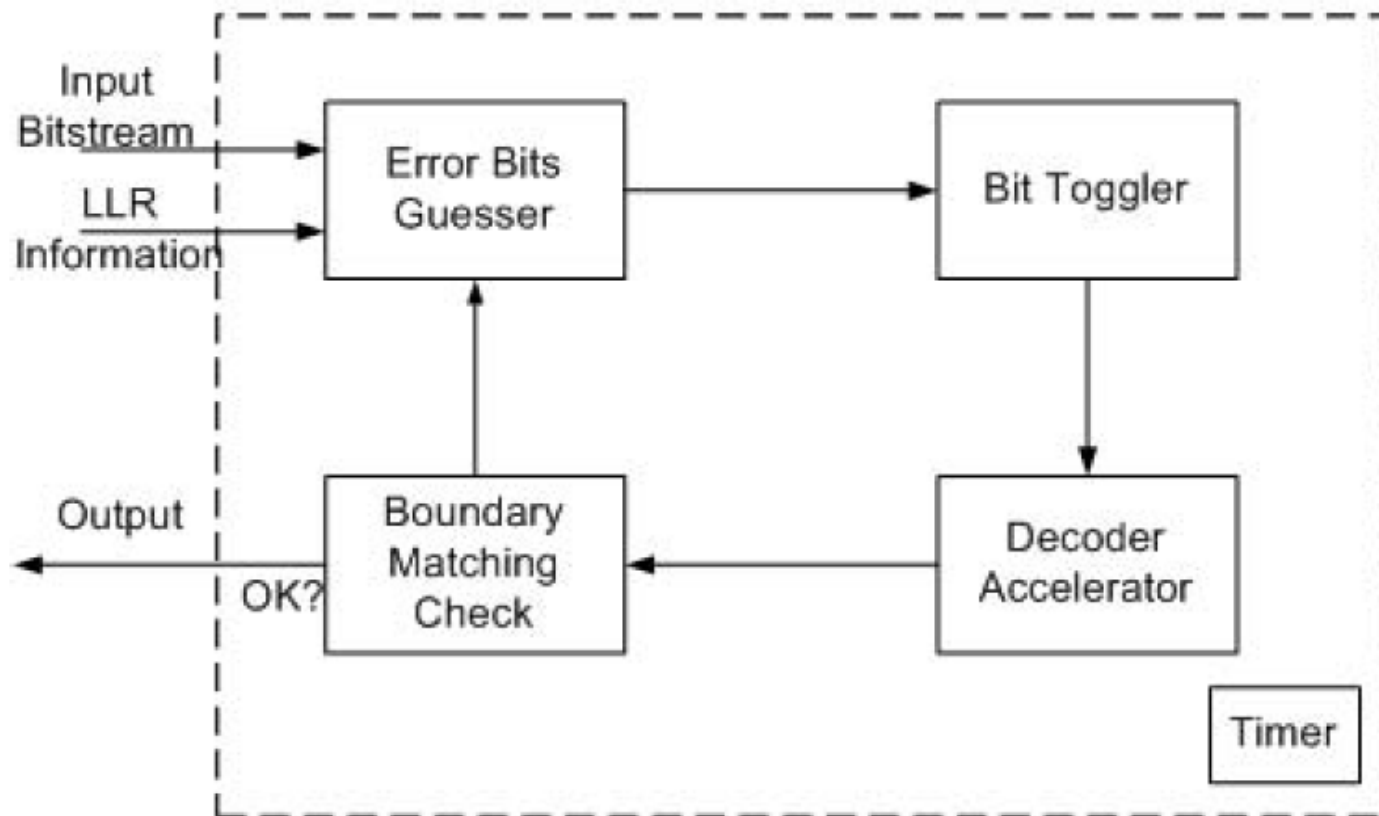
- Исправление и маскирование: схема



**A Novel Bitstream Level Joint Channel Error  
Concealment Scheme for Realtime Video over  
Wireless Networks, X.Ding, K.Roy, INFOCOM,2004.**

# Алгоритм для SISO

- Итеративно работающий блок исправления/маскирования



A Novel Bitstream Level Joint Channel Error  
Concealment Scheme for Realtime Video over  
Wireless Networks, X.Ding, K.Roy, INFOCOM,2004.

# Алгоритм для SISO

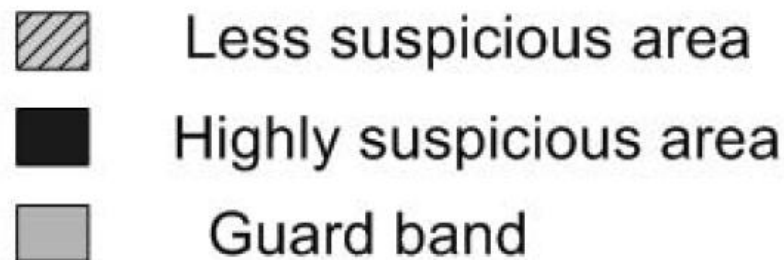
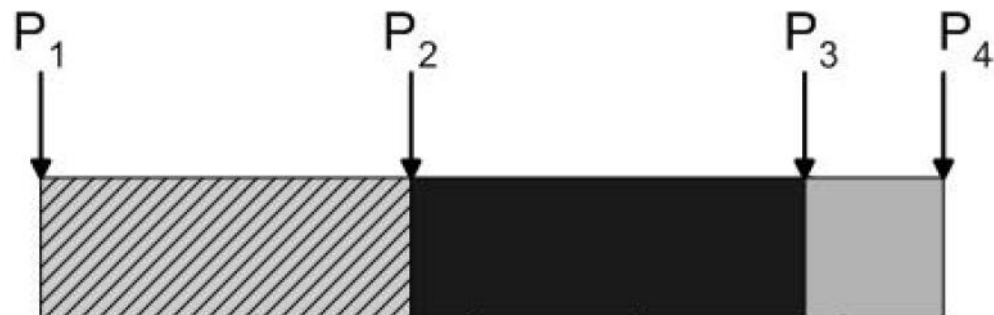
- Предсказатель битовых ошибок выдает  $N$  наиболее вероятных битовых ошибок среди подозрительных битов
- Битовый переключатель переворачивает биты из переданных ему согласно нескольким шаблонам и выдает результат декодеру
- Декодер декодирует измененную область (обычно небольшую)
- Сопоставитель границ отбрасывает варианты перевернутых битов по порогу, вычисляя разницу между границами MB, оставляя образец с  $\min$  разницей
- Если время вышло, а маскирование не завершилось, то вызывается традиционное маскирование (простое и быстрое)

# Алгоритм для SISO

- Среди подозрительных битов может быть одиночная или пакетная ошибка
- Поэтому предсказатель битовых ошибок выбирает  $N$  наименее правдоподобных битов из тех, у которых вероятность правдоподобия меньше порога
- Тогда область поиска равна  $2^N$ . Для сокращения пространства поиска используется 3 метода:
  - Разделение слайса на 3 области
  - Применение профилей поиска
  - Сам алгоритм поиска

# Алгоритм для SISO

- Разделение слайса на 3 области
- Применение профилей поиска  
Использует пакетный характер потерь, придавая значения отдельным областям и пренебрегая другими
- Сам алгоритм поиска  
Алгоритм отсекаания граничных веток графа, использует тот факт, что если какой-то шаблон не декодер остановился в середине, то все коды с таким префиксом содержат ошибку, это шаблон ошибки



# Алгоритм для SISO

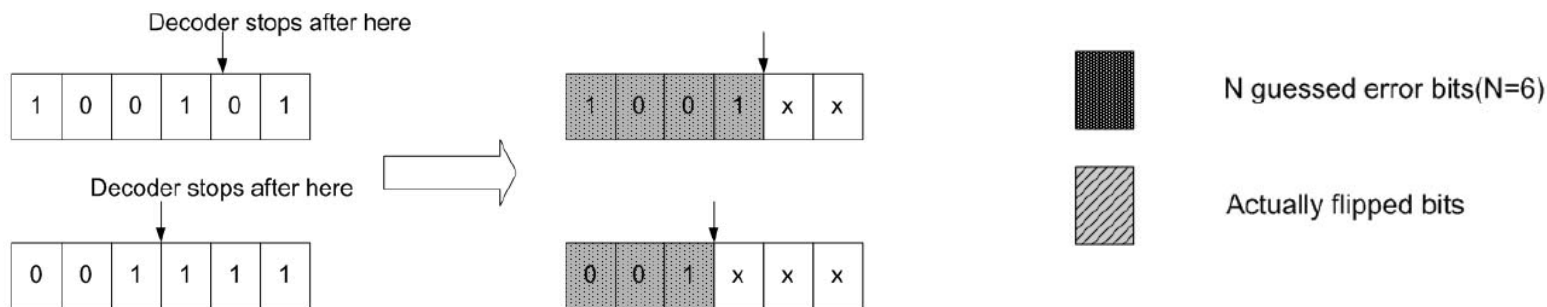
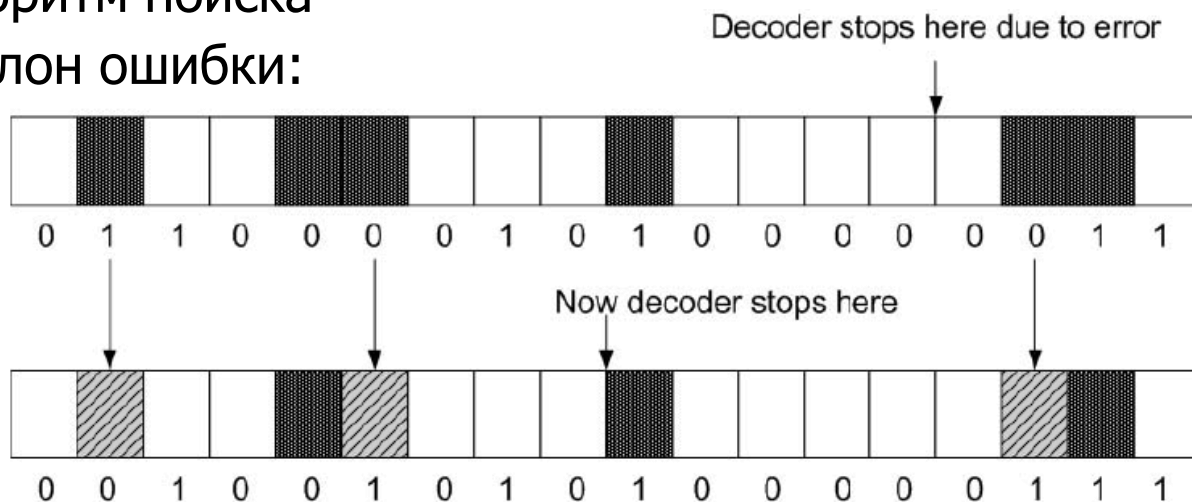
- Разделение слайса на 3 области
  - P3 – точка останова декодера
  - Пусть N1, N2, N3 – количества предполагаемых ошибок в областях
  - $N = N1 + N2 + N3$  отражает надежность канала
- Применение профилей поиска
  - Определяет количество ошибок пропорционально длинам подобластей
  - Выделяет первую и вторую области
  - Выделяет вторую и третью области
  - Выделяет первую и третью области (иногда встречается)
  - Выделяет вторую область

$$\begin{cases} N_1 = \max(\lfloor \frac{(P_2 - P_1) \cdot N}{P_4 - P_1} \rfloor, 1) \\ N_3 = \max(\lfloor \frac{(P_4 - P_3) \cdot N}{P_4 - P_1} \rfloor, 1) \\ N_2 = \max(N - N_1 - N_3, 0) \end{cases}$$



# Алгоритм для SISO

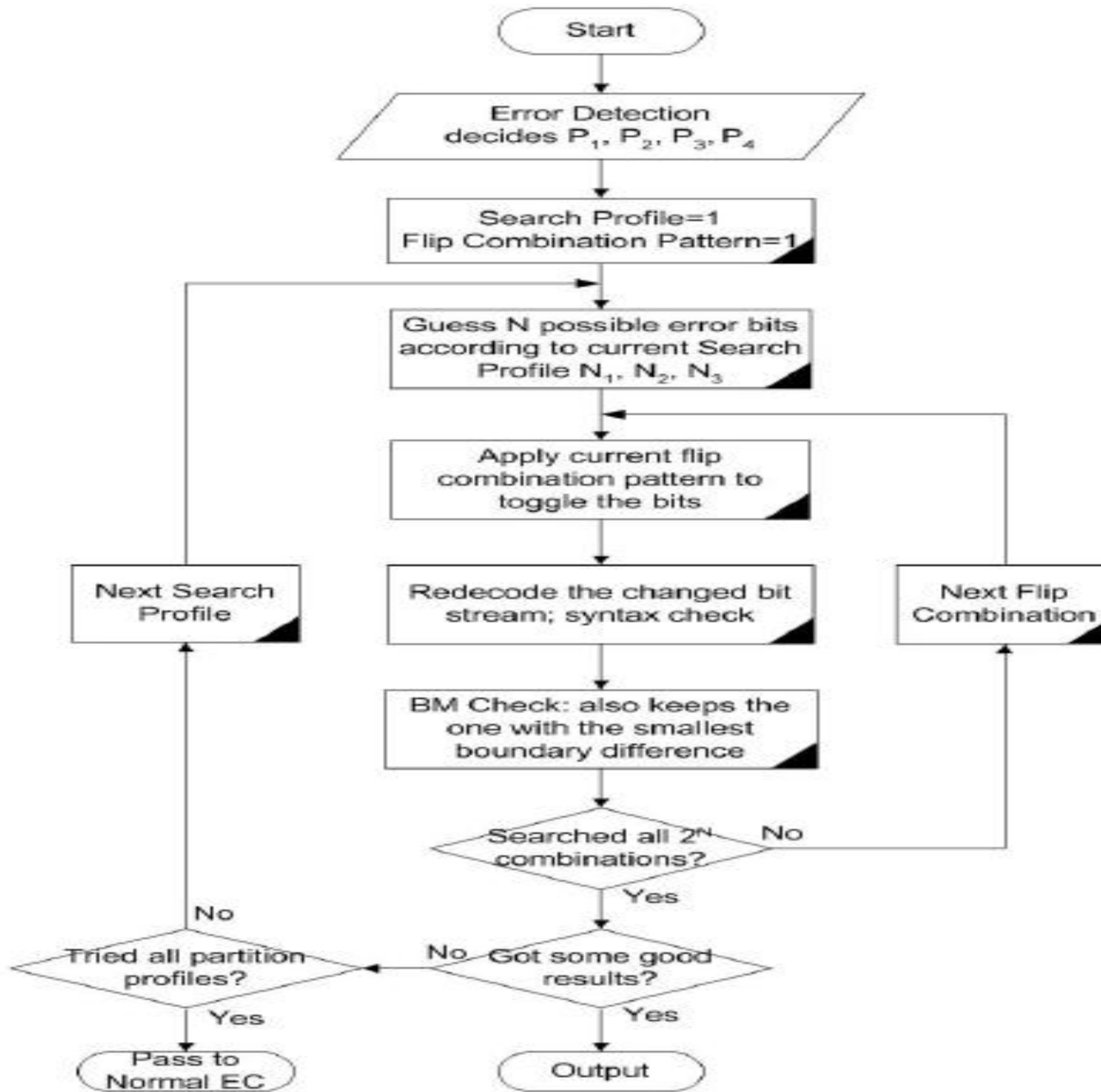
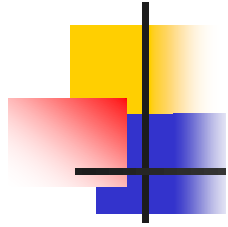
- Сам алгоритм поиска
  - Шаблон ошибки:



Extracted view of the two combinations

Forbidden combinations(x: don't care)

**A Novel Bitstream Level Joint Channel Error  
Concealment Scheme for Realtime Video over  
Wireless Networks, X.Ding, K.Roy, INFOCOM,2004.**



# Результаты (Foreman)

BER	Segment 1		Segment 2	
	Frames 246, 249, ... , 267		Frames 100, 103, ... , 148	
	No Error: 29.10 dB		No Error: 29.13 dB	
	ECCP	MVEC	ECCP	MVEC
0.030%	28.64	20.57	27.75	21.21
0.035%	27.72	19.22	27.25	20.77
0.040%	25.31	18.90	27.98	18.37
0.045%	27.76	18.27	28.05	19.28
0.050%	26.34	17.96	27.52	18.12
0.055%	28.33	17.40	27.84	19.16
0.060%	25.73	18.28	27.09	17.94
0.065%	26.04	17.22	27.56	17.32
0.070%	28.69	18.05	27.52	18.54
0.075%	23.84	17.00	26.31	17.35
0.080%	25.96	16.78	26.72	15.87
0.085%	24.92	17.32	26.85	16.34
0.090%	25.83	16.45	26.03	17.46
0.095%	25.11	16.81	25.05	16.32
0.100%	25.22	15.06	24.50	14.83
0.150%	24.01	15.17	25.21	16.04
0.200%	22.50	15.06	23.85	15.47
0.250%	20.36	14.89	21.99	15.33
0.300%	17.42	14.22	21.68	14.18
0.350%	18.88	13.70	20.36	14.85
0.400%	17.50	13.98	18.38	14.21
0.450%	16.76	13.18	17.54	13.71
0.500%	16.32	12.64	16.21	13.22

if

# Результаты

BER	Segment 1		Segment 2	
	Frames 100, 103, ..., 133		Frames 250, 253, ..., 298	
	No Error: 30.82 dB		No Error: 30.02 dB	
	ECCP	MVEC	ECCP	MVEC
0.030%	29.60	27.80	29.74	28.16
0.035%	28.95	26.97	29.08	27.85
0.040%	28.98	26.26	29.64	26.60
0.045%	28.37	25.62	29.10	25.98
0.050%	29.29	26.31	29.31	26.14
0.055%	29.09	25.86	28.62	25.22
0.060%	27.89	25.06	27.95	24.87
0.065%	28.15	25.50	28.79	25.22
0.070%	28.40	25.88	29.12	24.81
0.075%	29.11	24.73	27.88	26.60
0.080%	28.62	24.68	25.43	24.57
0.085%	26.45	23.33	27.60	23.93
0.090%	27.12	23.07	26.35	21.89
0.095%	26.63	22.40	29.30	22.55
0.100%	26.00	20.43	27.46	22.43
0.150%	23.74	18.38	25.93	24.86
0.200%	25.00	19.57	23.11	23.05
0.250%	22.53	18.83	21.26	20.18
0.300%	19.84	16.26	20.14	20.00
0.350%	18.01	15.97	19.11	17.55
0.400%	17.42	14.57	18.49	16.80
0.450%	16.74	14.38	18.34	15.19
0.500%	16.30	14.01	17.38	15.80

ECCP – усреднение 4 соседей

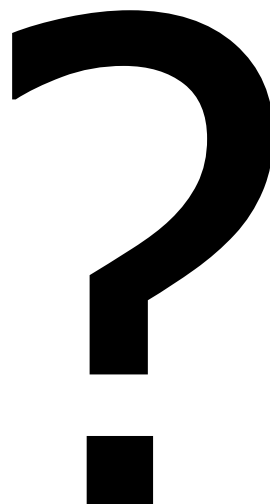
MVEC – маскирование с использованием MV

A Novel Bitstream Level Joint Channel Error Concealment Scheme for Realtime Video over Wireless Networks, X.Ding, K.R.52/85  
INFOCOM, 2004.



# Вопросы

---



# Литература

1. "A Novel Bitstream Level Joint Channel Error Concealment Scheme for Realtime Video over Wireless Networks", X.Ding, K.Roy, INFOCOM,2004.
2. "Error Detection and Correction in H.263 coded video over wireless network", E.Khan, H.Gunji, S. Lehmann and M.Ghanbari, Audio and Video Networking Laboratory Department of Electronic Systems Engineering, University of Essexm, UK, 2001.
3. "Error detection and concealment in JPEG Images", M.Abdat, Z.Alkachouh, M.Bellanger,1995.
4. "DCT Coefficient-Based Error Detection Technique for Compressed Video Stream", K. Bhattacharyya, H. S. Jamadagni, IEEE, 2000.
5. "Enhancing error resilience in wireless transmitted compressed video sequences through a probabilistic neural network core", Reuben A. Farrugia and Carl J. Debono, Department of Communications and Computer Engineering, University of Malta, 2007.