

Метод встраивания информации в
видеопоследовательности, стойкий к ошибкам
потери синхронизации

Митекин В.А., Федосеев, В.А.
ИСОИ РАН

Стойкие ЦВЗ для видеоданных – сценарий использования 1

- ЦВЗ для выявления факта несанкционированного распространения
- Объем ЦВЗ - до 150 бит.
- Встраивание ЦВЗ - централизованное



Стойкие ЦВЗ для видеозаннх – сценарий использования 2

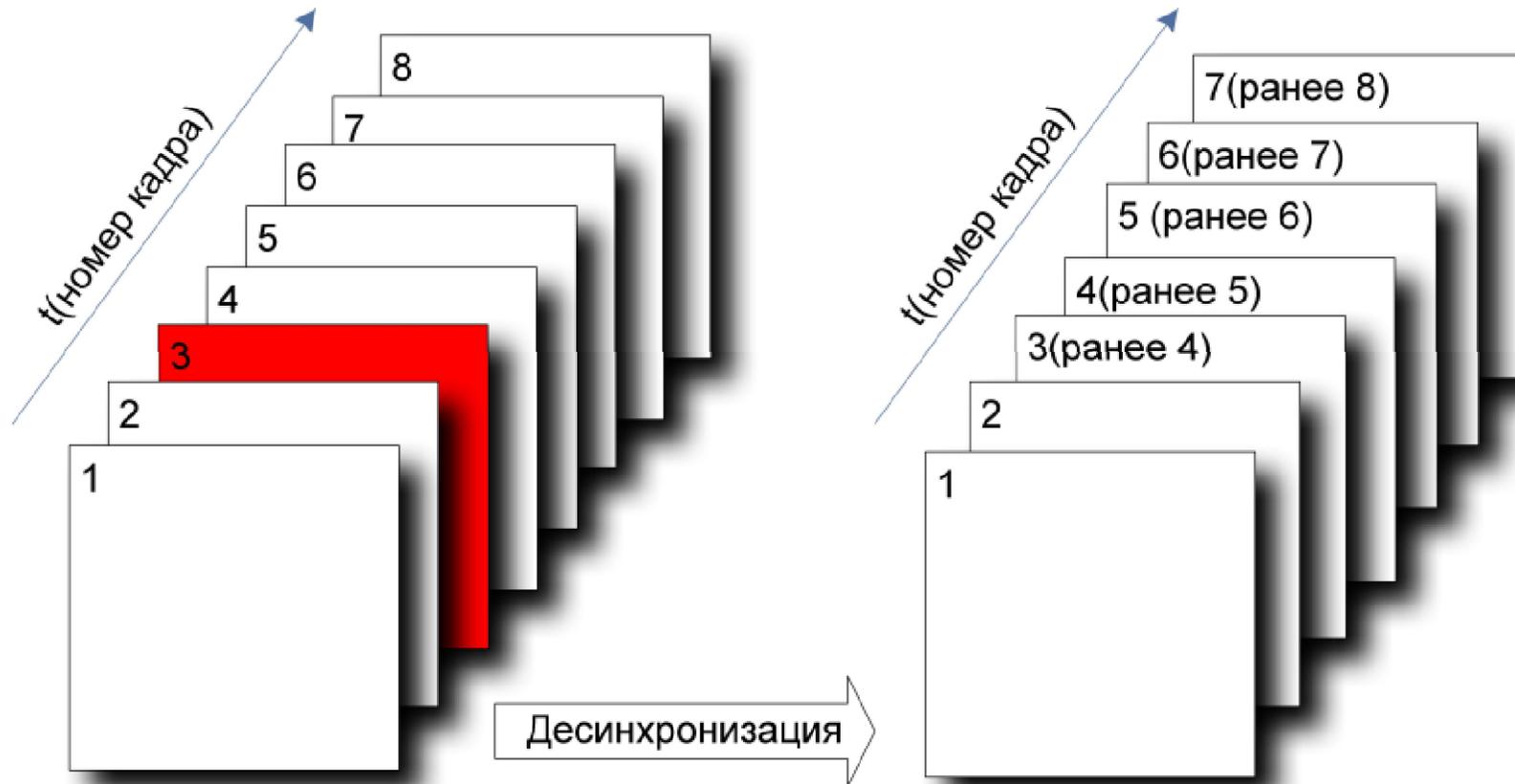
- ЦВЗ для выявления факта несанкционированного распространения и источника утечки
- Объем ЦВЗ - от 200 до 1000 бит.
- Встраивание ЦВЗ - децентрализованное



Встраивание ЦВЗ в видео – основные подходы

- 1) **Видео как набор независимых кадров (изображений)** – дублирование ЦВЗ для всех кадров. Объем ЦВЗ – не зависит от длины видео, не более 150 бит (видео высокого разрешения)
- 2) **Видео как набор строго упорядоченных кадров** – распределение частей ЦВЗ между кадрами по заданному правилу (расписанию). Объем ЦВЗ пропорционален числу кадров.
- 3) **Видео как набор строго упорядоченных кадров** – модуляция коэффициентов 3d вейвлет преобразования, использование преобразований с «шумоподобными» ортогональными базисными векторами. Объем ЦВЗ пропорционален числу кадров.

Атака, основанная на десинхронизации



Предлагаемый метод встраивания – алгоритм разбиения ЦВЗ на фрагменты

В каждый кадр исходного видео встраивается (независимо от других кадров) один из L независимых фрагментов S_0, S_1, \dots, S_{L-1}

$$S_i = i_0 i_1 \dots i_{B_I-1} H_{i,0} H_{i,1} \dots H_{i,B_H-1}$$

$i_0 i_1 \dots i_{B_I-1}$ - бинарное представление индекса i ;

$H_{i,0} H_{i,1} \dots H_{i,B_H-1}$ - фрагмент встраиваемого ЦВЗ (B_H бит);

$B_I = \lceil \log_2 L \rceil + 1$ - объем индексной части каждого фрагмента S_i

Предлагаемый алгоритм покадрового встраивания

- Встраиваемый ЦВЗ – бинарное изображение $W(n, m)$ размером $N' \cdot M' = L$ пикселей. Фрагмент S_i – 17 бит / кадр (максимальное число фрагментов $L = 2^{16}$).
- Секретный ключ встраивания – бинарные изображения Q_1 и Q_2 (максимальное значение ВКФ близко к нулю).
- Схема встраивания – аддитивная, с использованием шумоподобного изображения-ЦВЗ ξ_W

$$I'_t(m, n) = I_t(m, n) + \alpha \cdot \xi_W(m, n)$$

$$\xi_t^W(m, n) = \begin{cases} \widehat{S}_{x', y'}(Q_2(m, n)) - \widehat{S}_{x, y}(Q_1(m, n)), \\ \text{если } W(x - x', y - y') = 1; \\ \widehat{S}_{x', y'}(Q_1(m, n)) - \widehat{S}_{x, y}(Q_2(m, n)), \\ \text{если } W(x - x', y - y') = 0; \end{cases}$$

Алгоритм извлечения ЦВЗ из кадра

- Пусть C_1 и C_2 – максимумы ВКФ между изображением текущего кадра и изображением Q_1 (изображением Q_2).
- Факт обнаружения ЦВЗ

$$F = [(C_1 < -\tau) \wedge (C_2 > \tau)] \vee [(C_1 > \tau) \wedge (C_2 < -\tau)]$$

- Извлеченный информативный бит ЦВЗ

$$W'(n, m) = \begin{cases} 1, & \text{if } (C_1 < -\tau) \wedge (C_2 > \tau), \\ 0, & \text{if } (C_1 > \tau) \wedge (C_2 < -\tau). \end{cases}$$

Способы снижения визуальной заметности ЦВЗ

- 1. Пропуск кадров с низкой дисперсией яркости.

$$\frac{1}{MN} \sum_{m,n} \sigma_{8 \times 8}^2(m,n) \leq \alpha D_{skip}$$

- 2. Повторение фрагмента ЦВЗ для схожих или идентичных последовательных кадров.

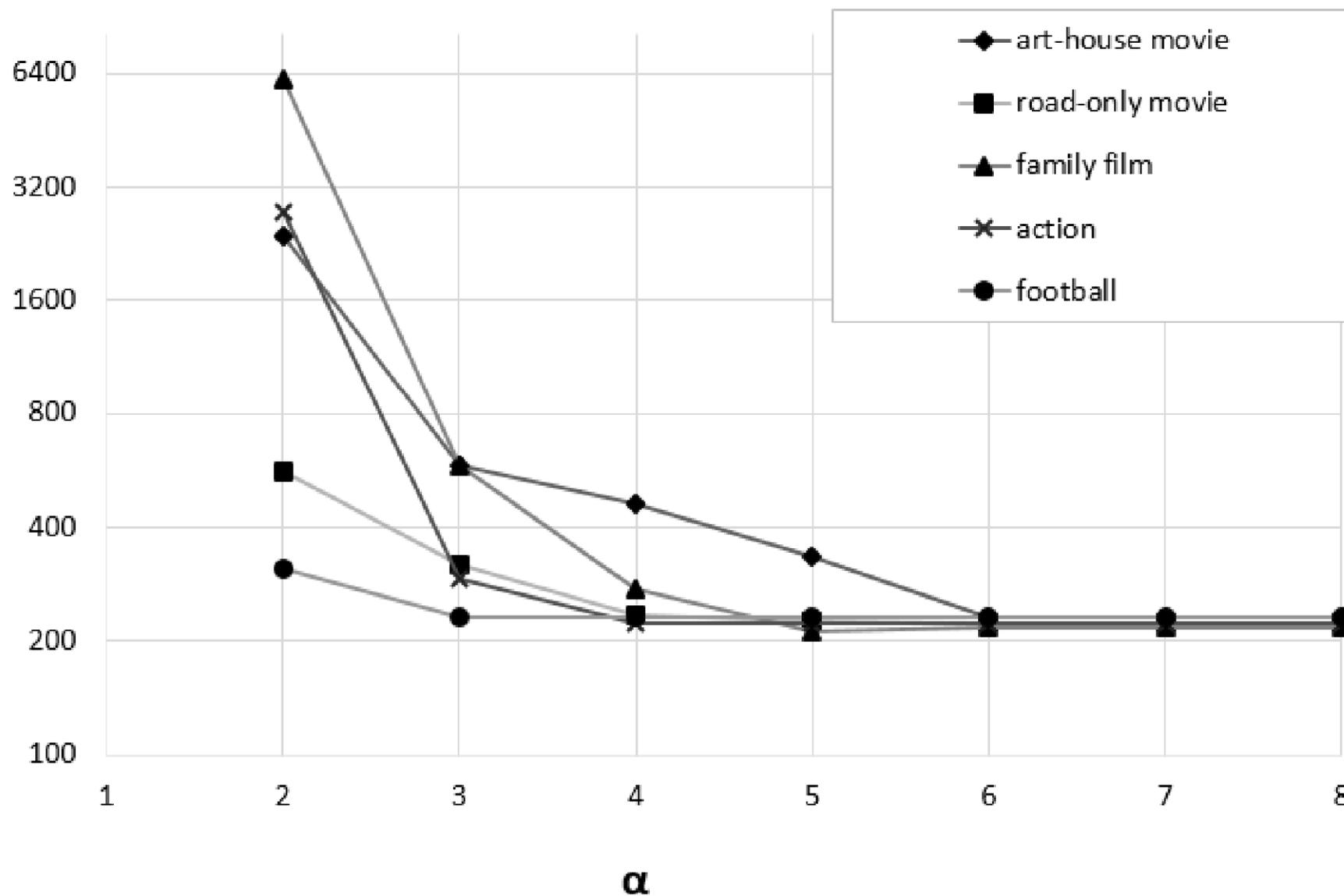
$$\Delta_t = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N |I_t(m,n) - I_{t-1}(m,n)| \leq \tau_\Delta$$

- 3. Внутрикадровое «маскирование»

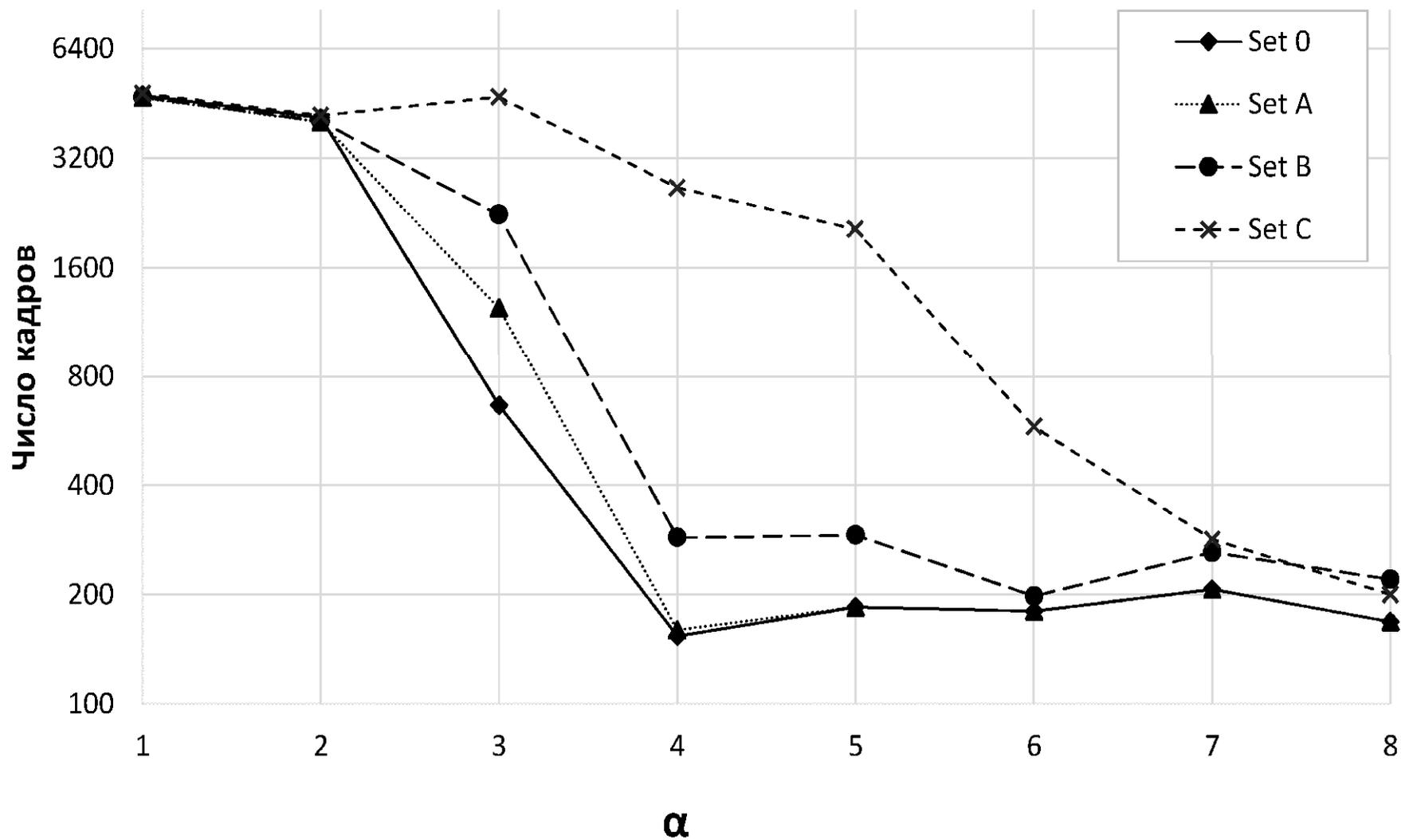
$$I'_t(m,n) = I_t(m,n) + \alpha \cdot \beta(m,n) \cdot \xi_t^W(m,n)$$

$$\beta(m,n) = \min \left\{ \max \left\{ \sigma_{\min}^2, \sigma_{8 \times 8}^2(m,n) \right\}, \sigma_{\max}^2 \right\}$$

Количество кадров, достаточное для безошибочного извлечения ЦВЗ



Количество кадров, достаточное для безошибочного извлечения встроенной информации



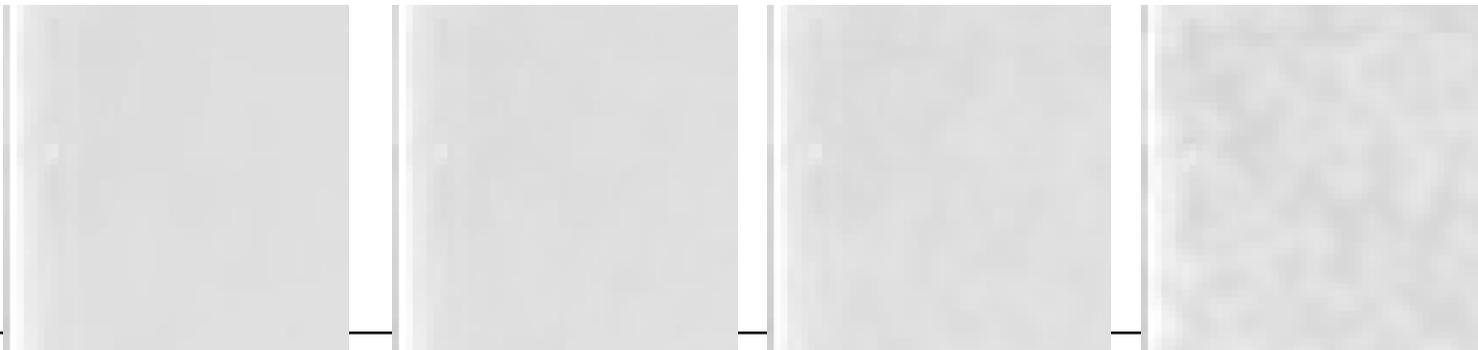


$\alpha=0$

$\alpha=1$

$\alpha=3$

$\alpha=8$



Сравнение с известными методами избыточного кодирования для защиты от десинхронизации

Схема модуляции или кодирования ЦВЗ (λ – длина ЦВЗ в битах)	Кодовая скорость, достаточная для достижения $P_{ext}=0.999$		
	$P_{skip}=0,1$	$P_{skip}=0,2$	$P_{skip}=0,3$
Предложенный метод, $\lambda=112$	0,085	0,075	0,066
Предложенный метод, $\lambda=208$	0,061	0,054	0,047
Предложенный метод, $\lambda=384$	0,057	0,050	0,043
Предложенный метод, $\lambda=704$	0,052	0,046	0,040
Предложенный метод, $\lambda=1280$	0,044	0,039	0,034
Метод Дэйви и МакКея (λ - произвольное)	0,05	нет данных	нет данных

Спасибо за внимание!