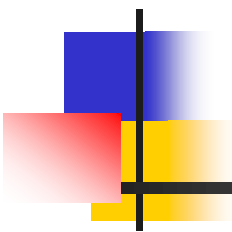


Некоторые методы повышения качества построения стерео



Юрий Бердников

CS MSU Graphics & Media Lab
Video group

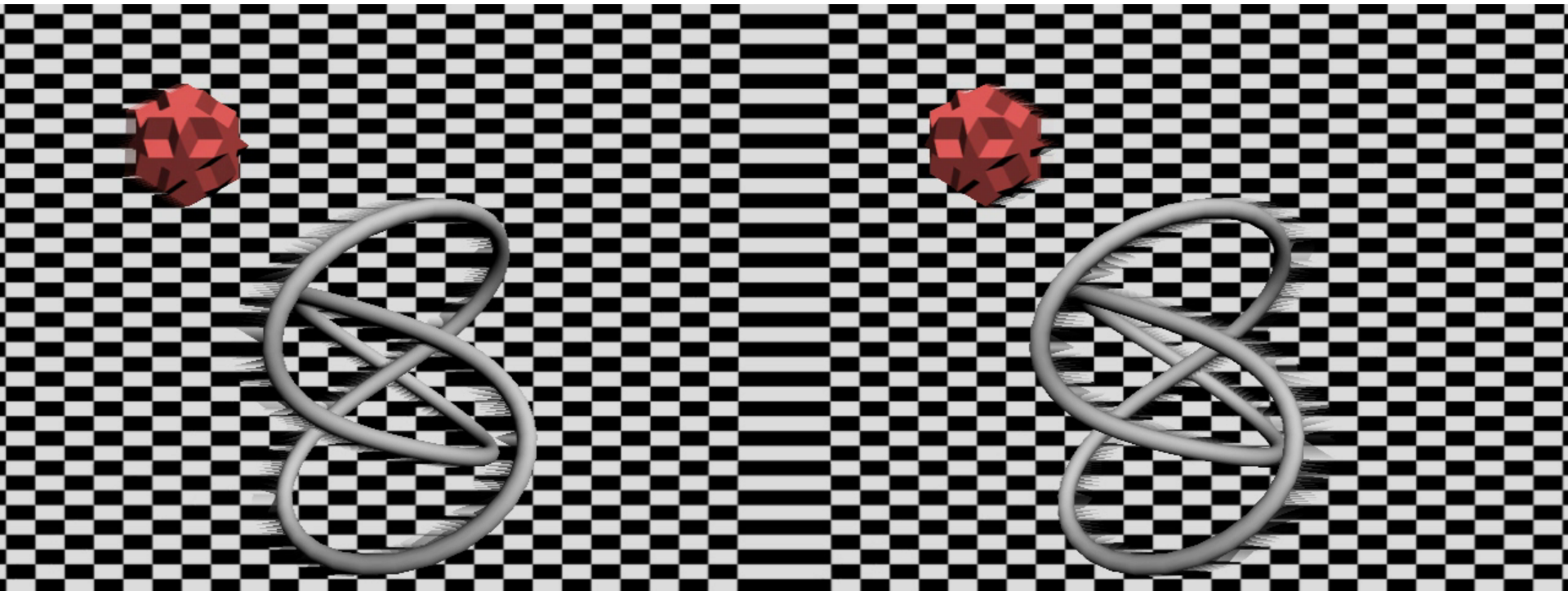


Содержание

- **Введение**
- Оценка стабильности во времени
- Алгоритм Do и Zinger
- Финско-итальянский вариант Exemplar-Based
- Тайваньский вариант Exemplar-Based
- Китайский вариант Exemplar-Based
- Заключение

Стандартный метод

Врага нужно знать в лицо



Алгоритмы заполнения

Требования

- Отсутствие заметных статических искажений (Spatial consistency)
- Стабильность во времени (Temporal consistency)
- Приемлемое время работы



Содержание

- Введение
- **Оценка стабильности во времени**
- Алгоритм Do и Zinger
- Финско-итальянский вариант Exemplar-Based
- Тайваньский вариант Exemplar-Based
- Китайский вариант Exemplar-Based
- Заключение

Стабильность во времени

- Неформальное определение:
«область мерцает сильнее, чем надо»
- Возникающие вопросы:
 - Что есть «сильнее, чем надо» ?
 - Что есть «область» в контексте видео ?

Мерцание

Измерение мерцания

- **Модельный случай:**
 - Объект неподвижен
 - Фон движется
 - Область заполнения неподвижна

- Рассмотрим яркость пикселя во времени

График яркости пикселя

Ground Truth

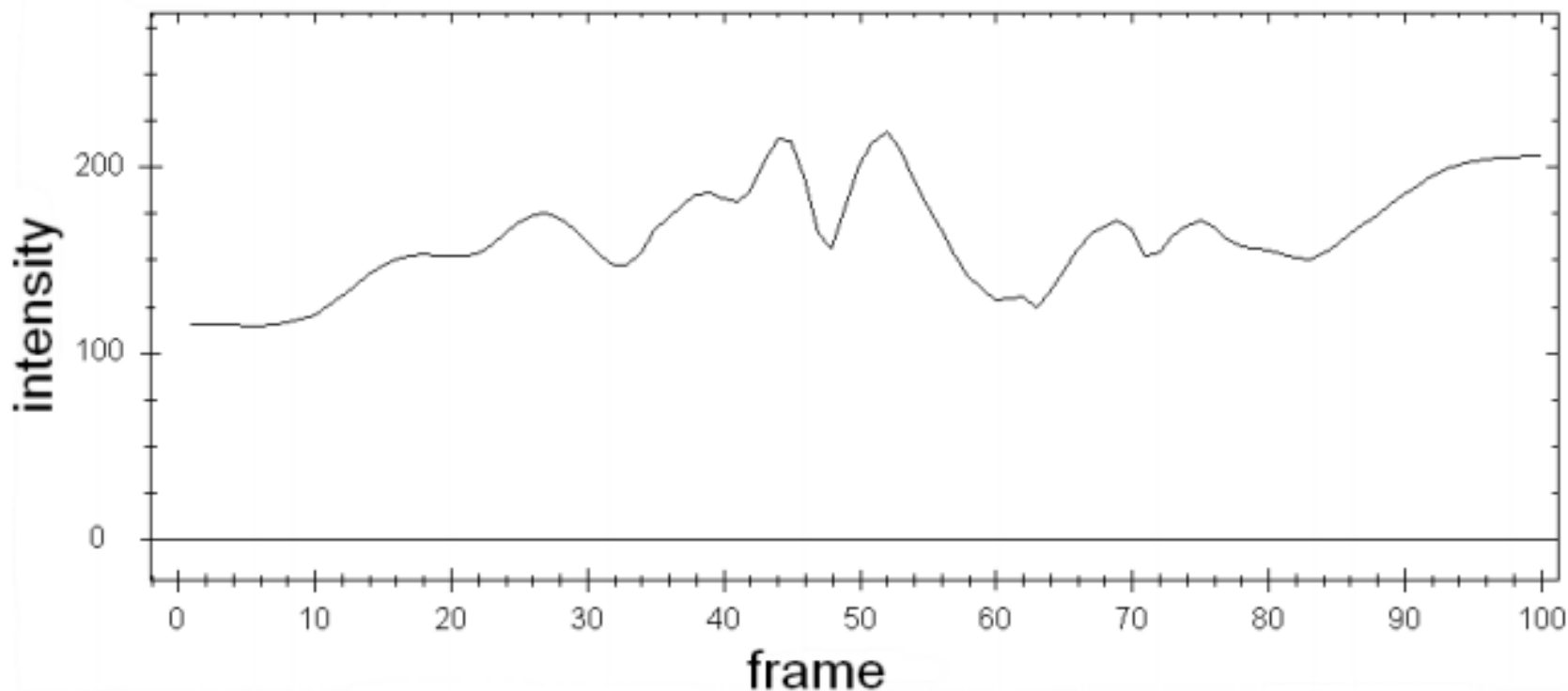
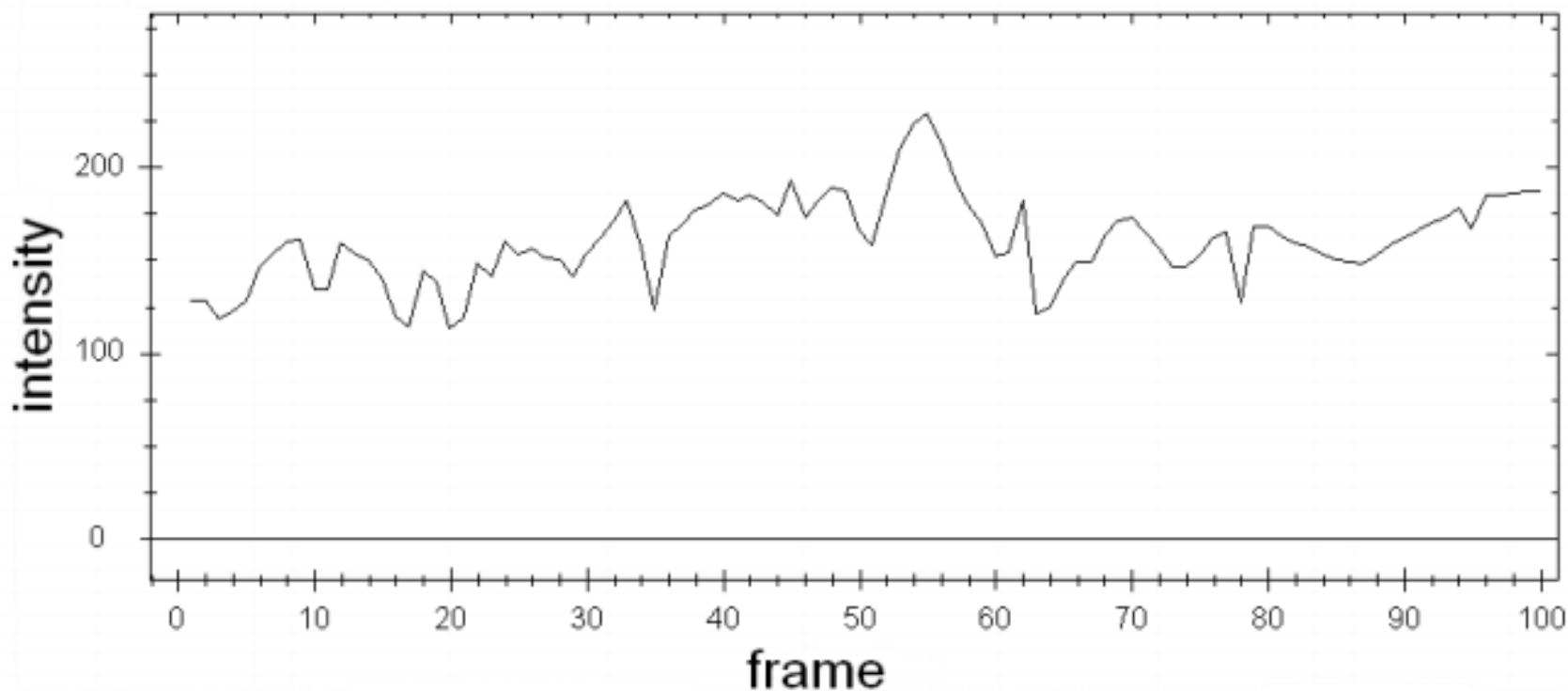


График яркости пикселя

Результат алгоритма заполнения



Измерение мерцания

Формализация подхода

- Степень мерцания пикселя

$$\kappa_p = \frac{1}{|T_p|} \sum_t |I_t(p) - I_{t-1}(p)|$$

- Степень мерцания области

$$\kappa_D(I) = \frac{1}{|D|} \sum_{T_p \in D} \kappa_p$$

- Оценка увеличения мерцания области

$$FDF(I) = \kappa_D(I) - \kappa_D(G)$$

Тестовые данные



video 1



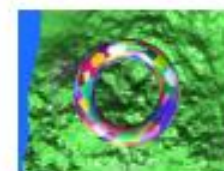
video 2



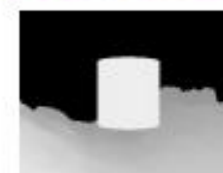
video 3



video 4



video 5



video 6



video 7



video 8



video 9

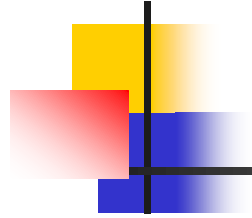


video 10

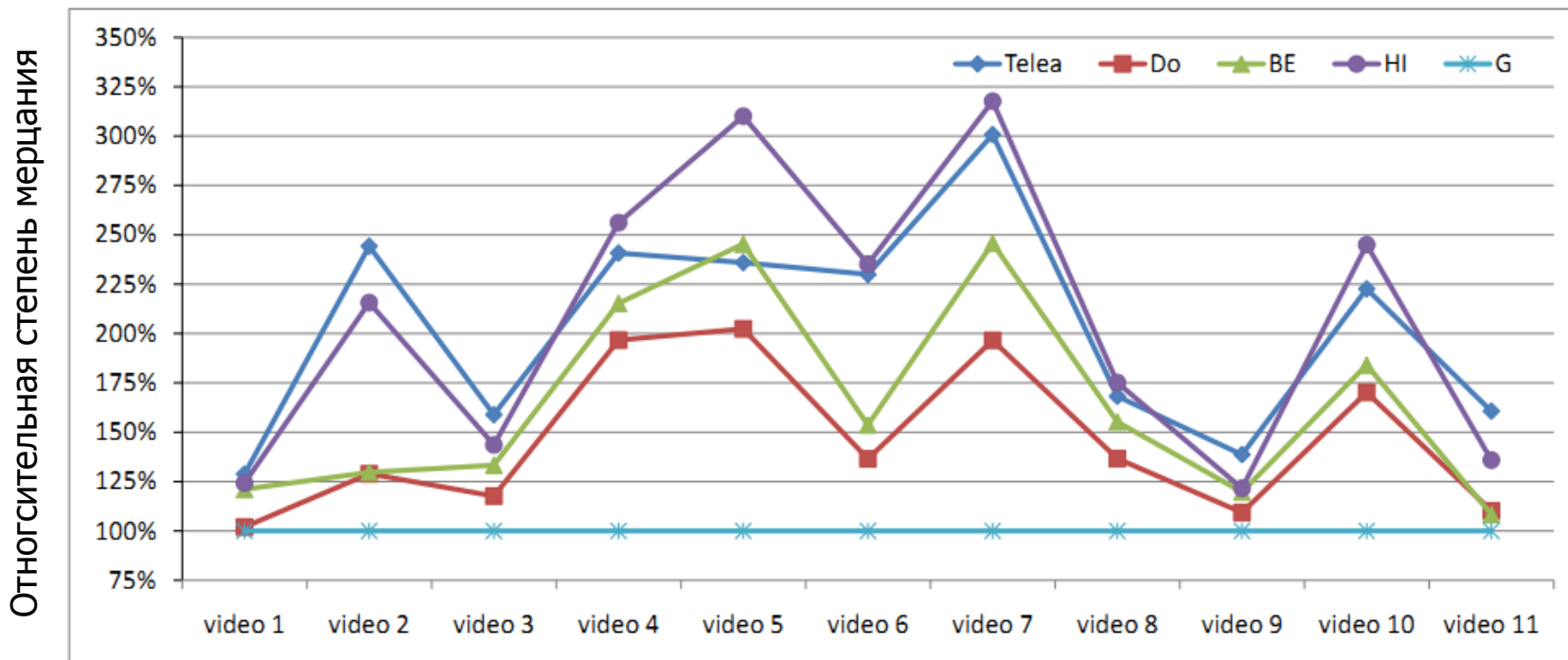


video 11

Результаты сравнения алгоритмов заполнения



	video 1	video 2	video 3	video 4	video 5	video 6	video 7	video 8	video 9	video 10	video 11
Telea	0,352	3,396	5,216	2,313	5,143	8,019	6,04	6,021	3,419	2,776	1,427
Do	0,024	0,681	1,559	1,587	3,875	2,252	2,904	3,235	0,823	1,589	0,24
BE	0,258	0,698	2,947	1,894	5,499	3,314	4,385	4,886	1,745	1,903	0,196
HI	0,296	2,724	3,867	2,565	7,951	8,346	6,547	6,642	1,908	3,282	0,844





Содержание

- Введение
- Оценка стабильности во времени
- **Алгоритм Do и Zinger**
- Финско-итальянский вариант Exemplar-Based
- Тайваньский вариант Exemplar-Based
- Китайский вариант Exemplar-Based
- Заключение

Схема алгоритма (1)

- Расширение областей открытия в сторону фона (подавление остатков motion blur)
- Взвешенное суммирование соседних пикселей

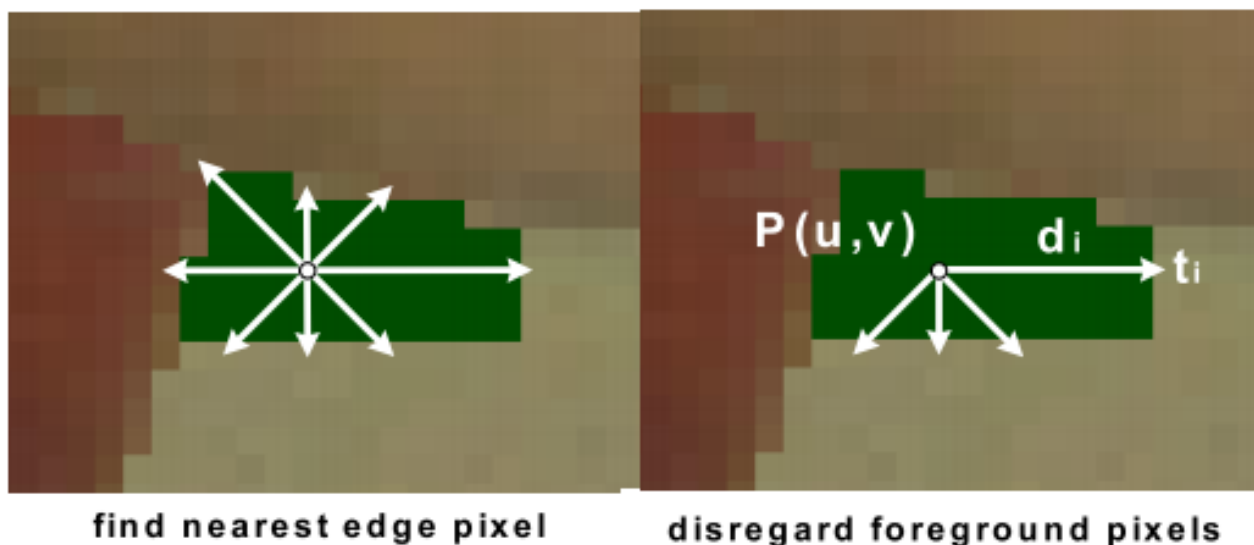
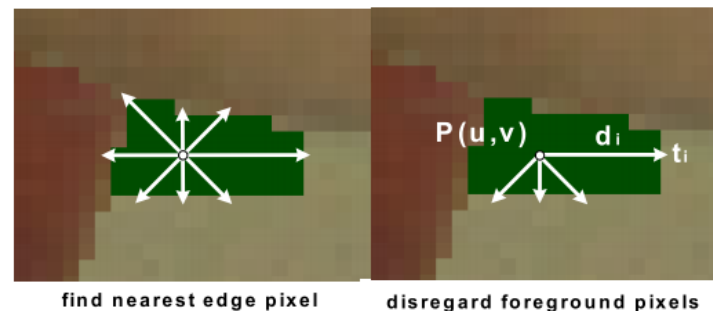


Схема алгоритма (2)

- В математическом виде:

$$\forall_{u,v} \in O, \quad P(u,v) = \frac{\sum_{i=1}^N d_i^{-2} * f_i}{\sum_{i=1}^N d_i^{-2}},$$

$$\text{with } f_i(t_i) = \begin{cases} 0 & , \text{if foreground} \\ t_i & , \text{if background.} \end{cases}$$



- Да, формула содержит ошибки

Результат работы



result of inpainting
with depth information



result of inpainting
without depth information



Анализ

- Преимущества
 - Малая вычислительная сложность
 - Выглядит потенциально лучше Stretch
- Недостатки
 - Никак не учитывает соседние кадры
 - Сглаживает изображения вдали от границ области открытия



Содержание

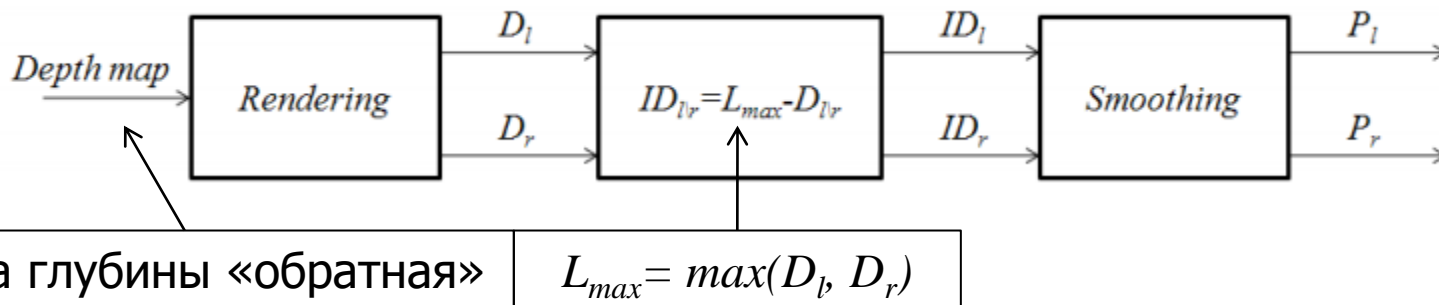
- Введение
- Оценка стабильности во времени
- Алгоритм Do и Zinger
- **Финско-итальянский вариант Exemplar-Based**
- Тайваньский вариант Exemplar-Based
- Китайский вариант Exemplar-Based
- Заключение

Схема алгоритма

- Основа – Exemplar-Based Inpainting
см. доклад Ю. Гитмана
«Обзор методов инпэйнтинга по одному изображению»
- Краткая схема Exemplar-Based Inpainting:
 - Вычисление карты приоритетов
 - Поиск похожих элементов текстуры (патчей)
 - Заполнение неизвестных областей

Модификация алгоритма (1)

- Учёт принадлежности к фону при вычислении карты приоритетов

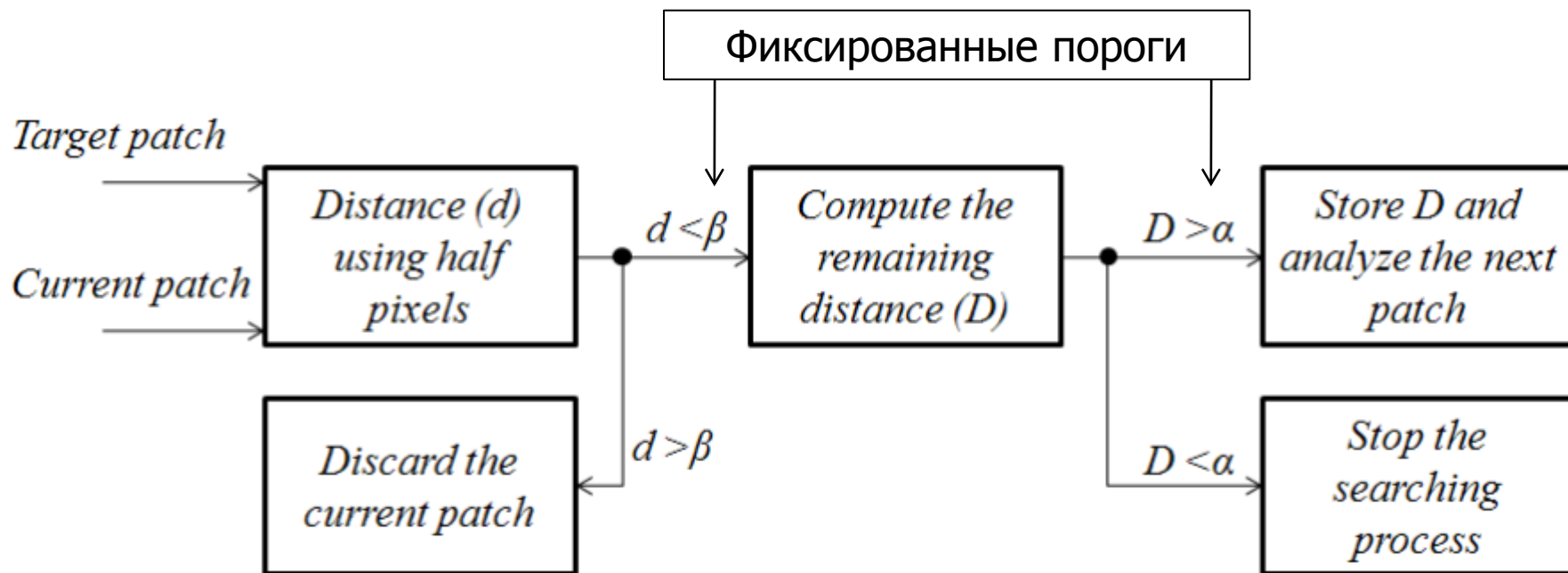


- Использование только яркости при поиске патчей

Модификация алгоритма (2)



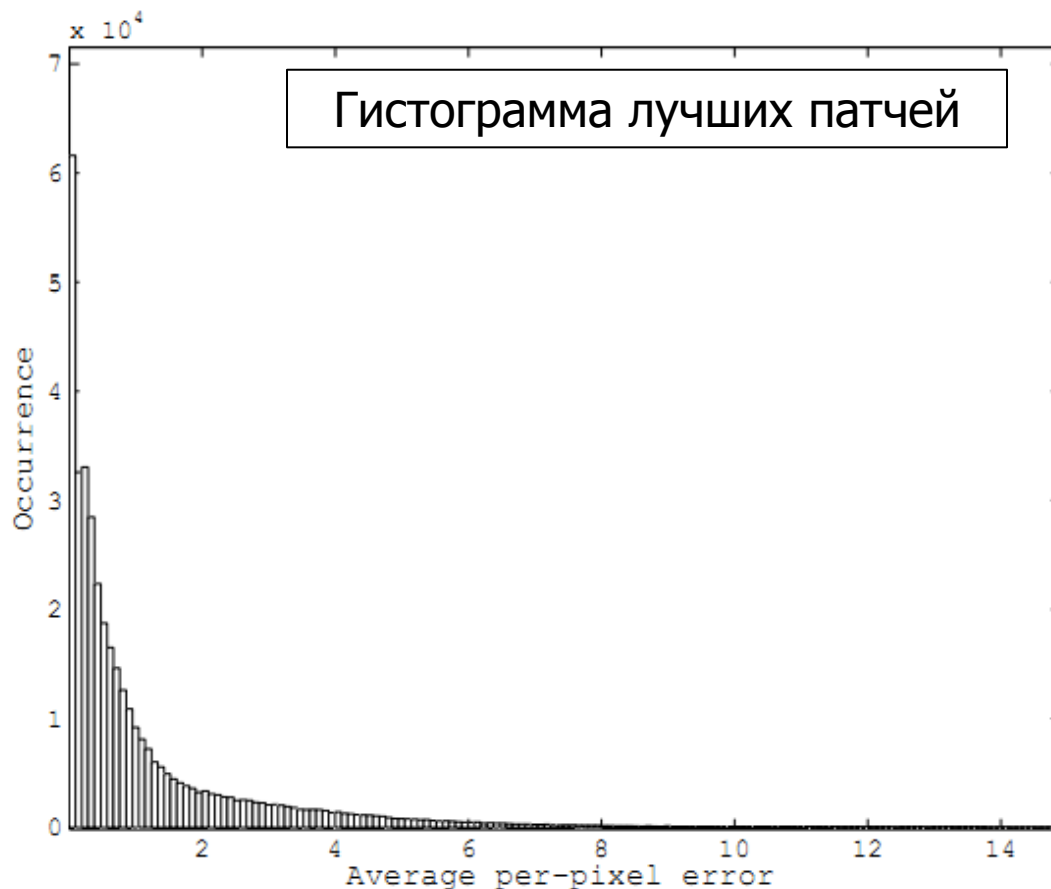
Ускорение поиска патчей



Lucio Azzari, Federica Battisti, "A Modified Non-local Mean Inpainting Technique for Occlusion Filling in Depth-Image Based Rendering", SPIE, 2011

Выбор параметров α и β

- 5 видео
- Размеры окна
3x3, 5x5, 7x7
- $\alpha = 1, \beta = 5$



Lucio Azzari, Federica Battisti, "A Modified Non-local Mean Inpainting Technique for Occlusion Filling in Depth-Image Based Rendering", SPIE, 2011

Модификация алгоритма (3)

- Учёт соседних кадров
- Ограничение области поиска
- Использование нескольких лучших патчей:

Количество используемых патчей.
Чем больше k , тем больше β .
В экспериментах $k=5, \beta=7$

$$\psi_{t'} = \frac{\sum_{i=1}^k w(\psi_i) \psi_i}{\sum_{i=1}^k w(\psi_i)}$$

i -й патч

$$w(\psi_i) = e^{-\frac{d(\psi_t, \psi_i)}{h}}$$

Тестовые данные



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Lucio Azzari, Federica Battisti, "A Modified Non-local Mean Inpainting Technique for Occlusion Filling in Depth-Image Based Rendering", SPIE, 2011

Объективное тестирование

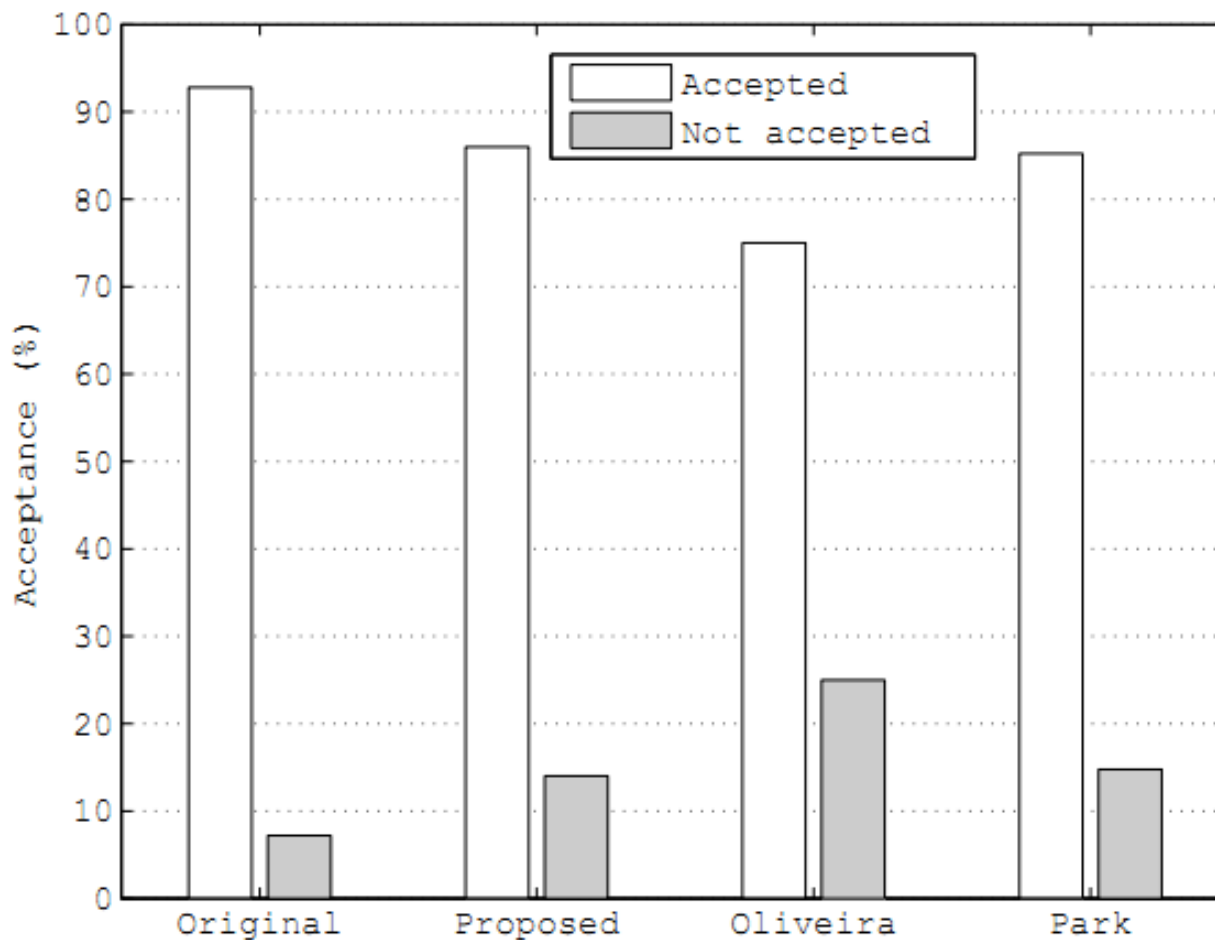
Algorithm	PSNR	PSNR _{HVS_M}	WPSNR	NTIA-VQM	NRMos
Proposed	27.78	25.52	36.26	0.31	4.90
Oliveira based	26.78	24.14	34.74	0.38	4.84
Park based	27.56	25.15	35.99	0.31	4.85
Raw	23.47	20.88	31.58	0.53	4.42

Table 1. Average objective results computed by using state of the art metrics.

Субъективное тестирование

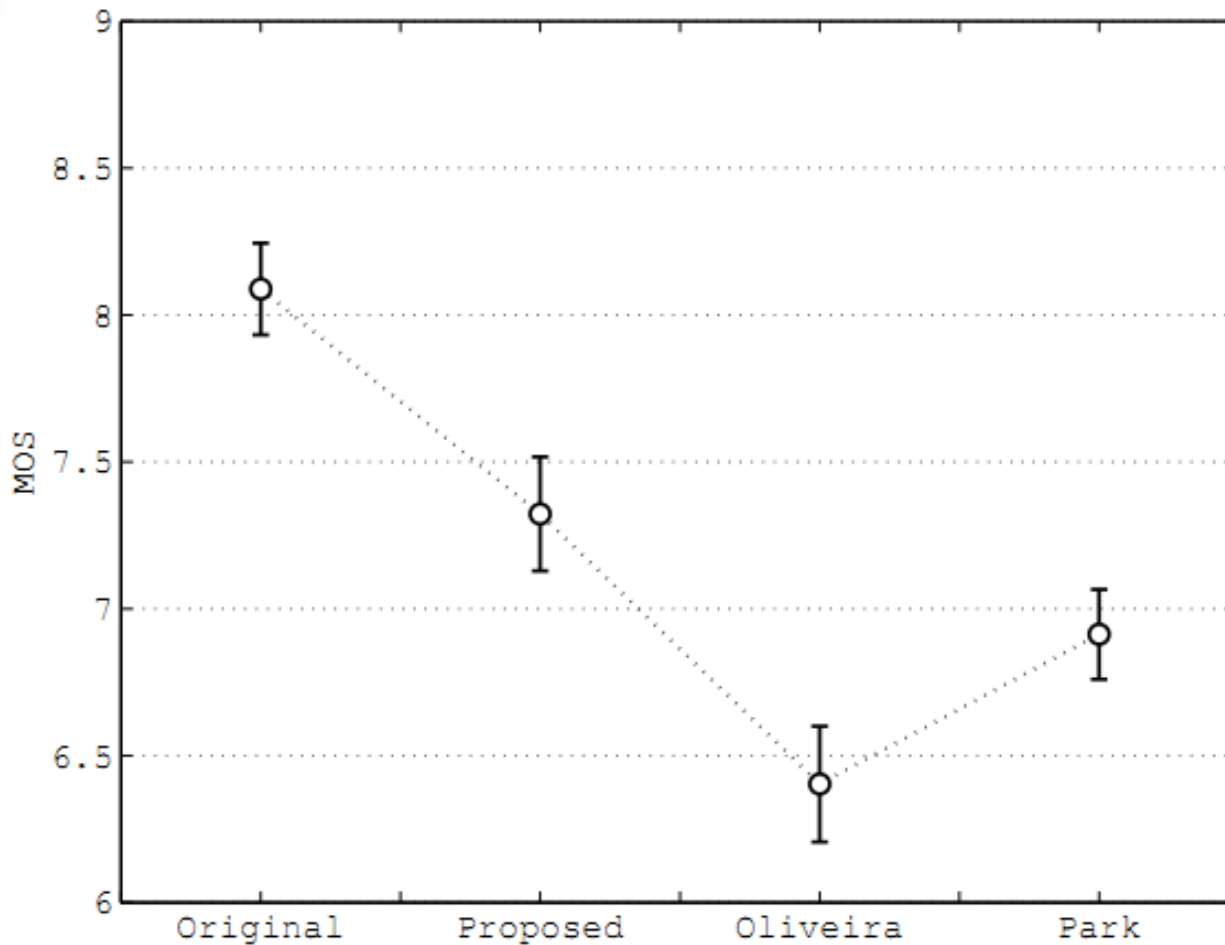
- 3" автостереоскопический дисплей
- 33 эксперта, от 22 до 40 лет
- 5 тестов:
 - Preliminary vision test
 - Training test
 - Acceptance test
 - Overall quality
 - Perceived depth

Acceptance test



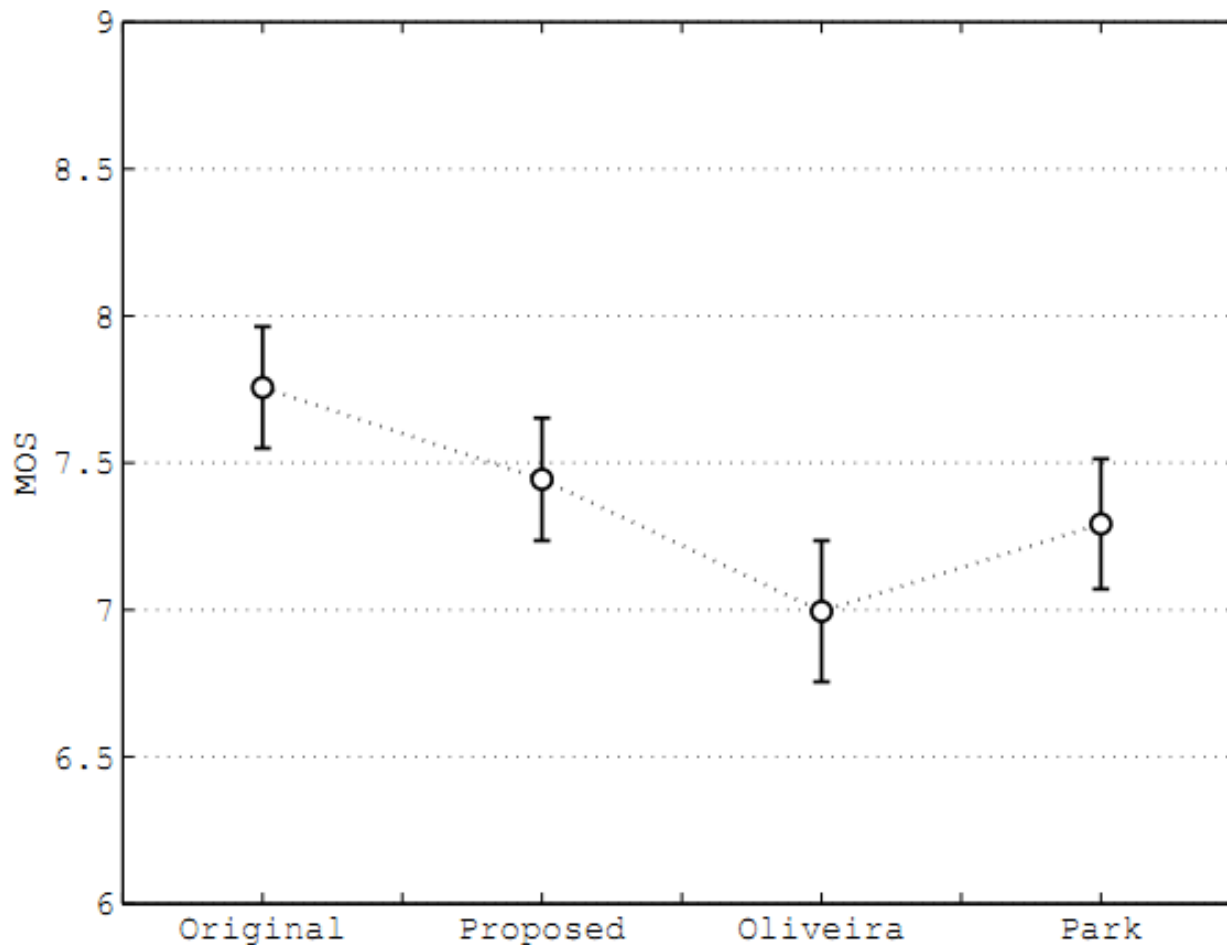
Lucio Azzari, Federica Battisti, "A Modified Non-local Mean Inpainting Technique for Occlusion Filling in Depth-Image Based Rendering", SPIE, 2011

Quality test



Lucio Azzari, Federica Battisti, "A Modified Non-local Mean Inpainting Technique for Occlusion Filling in Depth-Image Based Rendering", SPIE, 2011

Depth test



Lucio Azzari, Federica Battisti, "A Modified Non-local Mean Inpainting Technique for Occlusion Filling in Depth-Image Based Rendering", SPIE, 2011



Анализ

- **Преимущества**
 - Использует соседние кадры
 - Не нарушает текстуру фона
- **Недостатки**
 - Вычислительная сложность
 - Стабильность во времени не гарантируется



Содержание

- Введение
- Оценка стабильности во времени
- Алгоритм Do и Zinger
- Финско-итальянский вариант Exemplar-Based
- **Тайваньский вариант Exemplar-Based**
- Китайский вариант Exemplar-Based
- Заключение

Схема алгоритма (1)

Кросс-билатеральная предобработка карты глубины

Вес

$$B(u+\delta u, v+\delta v) = f_s(\delta u, \delta v) \cdot f_I(I(u, v), I(u+\delta u, v+\delta v))$$

Учёт
расстояния

$$f_s(\delta u, \delta v) \equiv \exp\left(-\frac{1}{\sigma_s} \sqrt{\|\delta u\|^2 + \|\delta v\|^2}\right)$$

Учёт цвета

$$f_I(I(u, v), I(u+\delta u, v+\delta v)) \equiv \exp\left(-\frac{1}{\sigma_I} \sqrt{\sum_{c \in \{R, G, B\}} \|I_c(u+\delta u, v+\delta v) - I_c(u, v)\|^2}\right)$$

Предобработка глубины

Пример работы

До



После



Глубина

Изображение до и после
заполнения одиночных пикселей

Схема алгоритма (2)

- Заполнение пикселей с помощью поиска наилучших патчей
- Порядок заполнения определяется $(\|\bar{g}_\perp\|^2 + \|\bar{g}_\parallel\|^2)^{1/2}$

$$\bar{g}_\perp \equiv \sum_{(\delta u, \delta v) \in B} \rho(\delta u, \delta v) \bar{\omega}_\perp(\delta u, \delta v) \bar{g}_\perp(\delta u, \delta v)$$

$$\bar{g}_\parallel \equiv \sum_{(\delta u, \delta v) \in B} \rho(\delta u, \delta v) \bar{\omega}_\parallel(\delta u, \delta v) \bar{g}_\parallel(\delta u, \delta v)$$

$$\bar{\omega}(\delta u, \delta v) \equiv \frac{(\delta u, \delta v)}{\sqrt{\|\delta u\|^2 + \|\delta v\|^2}}$$

Локальные
градиенты по осям

Схема алгоритма (3)

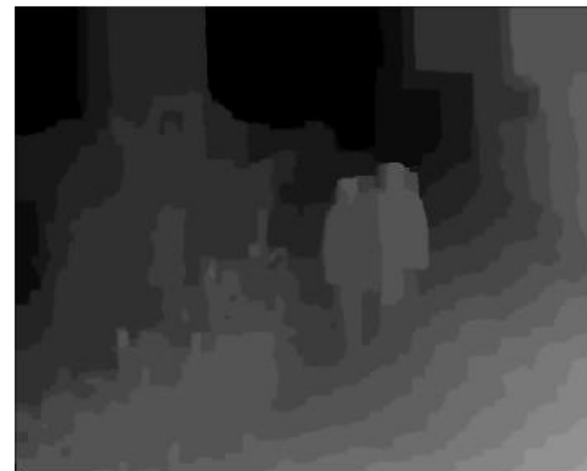
Трилатеральная фильтрация

$$T(u+\delta u, v+\delta v) = f_s(\delta u, \delta v) \cdot f_l(I(u, v), I(u+\delta u, v+\delta v)) \cdot f_d(d(u, v), d(u+\delta u, v+\delta v))$$

$$f_d(d(u, v), d(u+\delta u, v+\delta v)) \equiv \exp\left(-\frac{1}{\sigma_d} \|d(u+\delta u, v+\delta v) - d(u, v)\|\right)$$

$$\sigma_s = 1.0, \sigma_c = 0.25, \sigma_d = 0.15$$

Результаты работы



Результаты работы



Исходные данные



DIBR interpolation



Image inpainting



Proposed method



Анализ

- Преимущества
 - Малая вычислительная сложность
 - Выглядит потенциально лучше Stretch
- Недостатки
 - Никак не учитывает соседние кадры
 - Сглаживает изображения вдали от границ области открытия



Содержание

- Введение
- Оценка стабильности во времени
- Алгоритм Do и Zinger
- Финско-итальянский вариант Exemplar-Based
- Тайваньский вариант Exemplar-Based
- **Китайский вариант Exemplar-Based**
- Заключение

Схема алгоритма

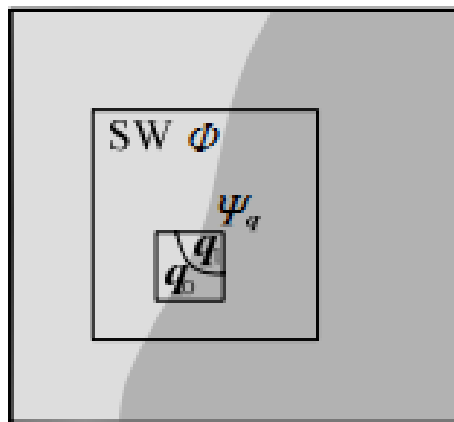
- Морфология карты глубины
- Доработка оценки приоритетов

$$P(p)=C(p)D(p) \longrightarrow P(p)=C(p)+D(p)$$

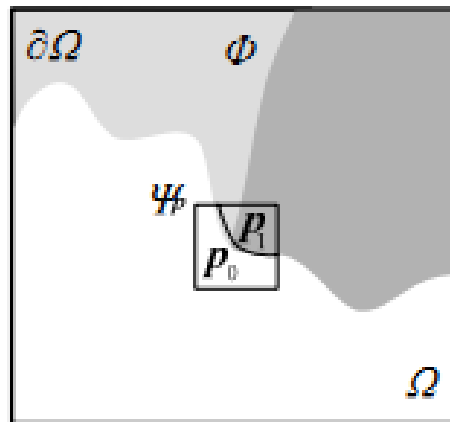
- Дополнительное слагаемое в оценке патчей

$$d(\Psi_p, \Psi_q) = \text{SAD}(\Psi_p, \Psi_q) + \\ \lambda \left| \text{average} \left(\sum \text{depth}(p_1) \right) - \text{average} \left(\sum \text{depth}(q_0) \right) \right|$$

Модификация оценки патчей



Исходный кадр

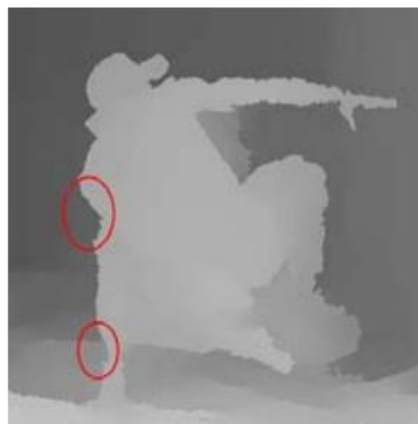


Сдвинутый кадр

$$\lambda = \begin{cases} \lambda_b, & \text{average}(\sum \text{depth}(p_1)) \leq \text{average}(\sum \text{depth}(q_0)), \\ \lambda_T, & \text{average}(\sum \text{depth}(p_1)) > \text{average}(\sum \text{depth}(q_0)). \end{cases}$$

Пример работы

Исходные данные

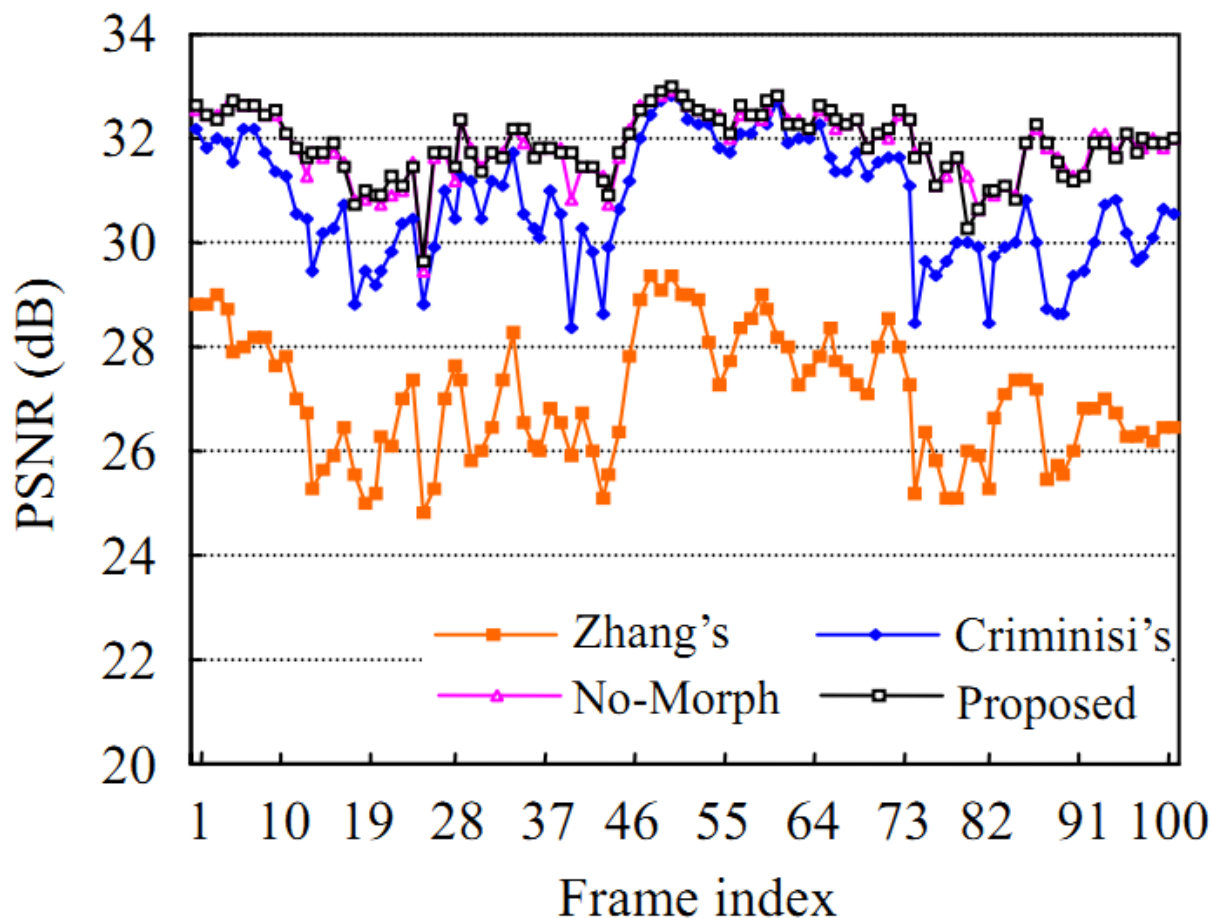


Исходный
и модифицированный
алгоритмы



Kai LUO, Dong-xiao LI, "Depth-aided inpainting for disocclusion restoration of multi-view images using depth-image-based rendering", Journal of Zhejiang University, 2009

Сравнение с конкурентами



Kai LUO, Dong-xiao LI, "Depth-aided inpainting for disocclusion restoration of multi-view images using depth-image-based rendering", Journal of Zhejiang University, 2009



Анализ

- Преимущества
 - Малая вычислительная сложность
 - Выглядит потенциально лучше Stretch
- Недостатки
 - Никак не учитывает соседние кадры
 - Сглаживает изображения вдали от границ области открытия



Содержание

- Введение
- Оценка стабильности во времени
- Алгоритм Do и Zinger
- Финско-итальянский вариант Exemplar-Based
- Тайваньский вариант Exemplar-Based
- Китайский вариант Exemplar-Based
- **Заключение**

Заключение

- Всё хуже, чем хотелось бы
- Если объект неподвижен, восстановление из движения не работает
- Если объект движется, простые методы вызывают артефакты
- Предполагаемый лучший вариант – заполнение из движения с 1-2 соседних кадров, оставшееся заполняется простыми методами

Литература

1. Michael Schmeing and Xiaoyi Jiang, "Time-consistency of Disocclusion Filling Algorithms in Depth Image Based Rendering," in proc. 3DTV Conference, 2011, pp. 1–4
2. Luat Do and Svitlana Zinger and Peter H. N. de With, "Quality improving techniques for free-viewpoint DIBR," in proc. 3DTV Conference, 2009, pp. 1–4
3. Lucio Azzari, Federica Battisti, Atanas Gotchev, Marco Carli and Karen Egiazarian, "A modified non-local mean inpainting technique for occlusion filling in depth-image-based rendering," in proc. SPIE, 2011
4. C. Cheng, S. Lin, S. Lai, and J. Yang, "Improved novel view synthesis from depth image with large baseline", in Proc. ICPR, 2008, pp.1-4.
5. Kai LUO, Dong-xiao LI, Ya-mei FENG, Ming ZHANG, "Depth-aided inpainting for disocclusion restoration of multi-view images using depth-image-based rendering", Journal of Zhejiang University, 2009 Vol.10 No.12 P.1738~1749.

Лаборатория компьютерной графики и мультимедиа



Видеогруппа — это:

- Выпускники в аспирантурах Англии, Франции, Швейцарии (в России в МГУ и ИПМ им. Келдыша)
- Выпускниками защищены 5 диссертаций
- Наиболее популярные в мире сравнения видеокодеков
- Более 3 миллионов скачанных фильтров обработки видео