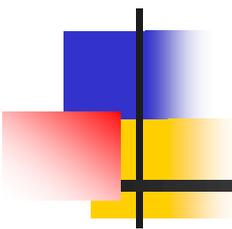


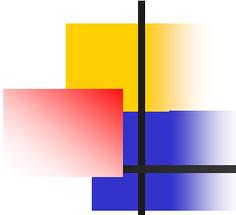
# Обработка границ объектов при генерации стерео



АНТОН Зачесов

*Video Group*

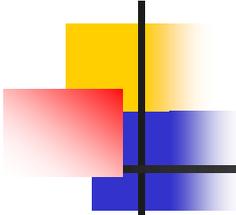
*CS MSU Graphics & Media Lab*



# Содержание

---

- **Введение**
- Boundary Filtering
- Boundary Artifact Reduction
- Несколько интересных идей
- Предлагаемый метод

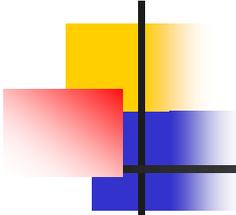


# Текущая ситуация

---

- Метрик и подходов очень мало
- Артефакты не классифицируются
- Почти все подходы расширяют ранее известные техники работы с 2D видео

Все плохо. Надо сделать, чтобы было хорошо



# Введение

---

Постановка задачи — генерация стерео с использованием карты глубины, про которое можно сказать, что «все хорошо»

Основная проблема — отсутствие качественной обработки границ

Одно из решений проблемы — использовать различные методы пред- и постобработки границ на получаемых ракурсах

# Введение

## Артефакты обработки границ

Наиболее распространенные артефакты:

- Разная резкость границ между ракурсами
- Нестабильное во времени восстановление фона
- «Затекание» глубины объектов переднего плана на фон (и наоборот)
- Не всегда корректное восстановление фона простыми алгоритмами
- Некорректная обработка мягких краев

# Постановка задачи

## Примеры артефактов (1/3)

«Стробление» между ракурсами



Левый ракурс



Правый ракурс

# Постановка задачи

## Примеры артефактов (2/3)

### «Затекание» глубины

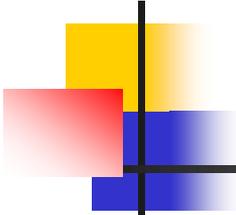


# Постановка задачи

## Примеры артефактов (3/3)

Простые алгоритмы восстановления фона





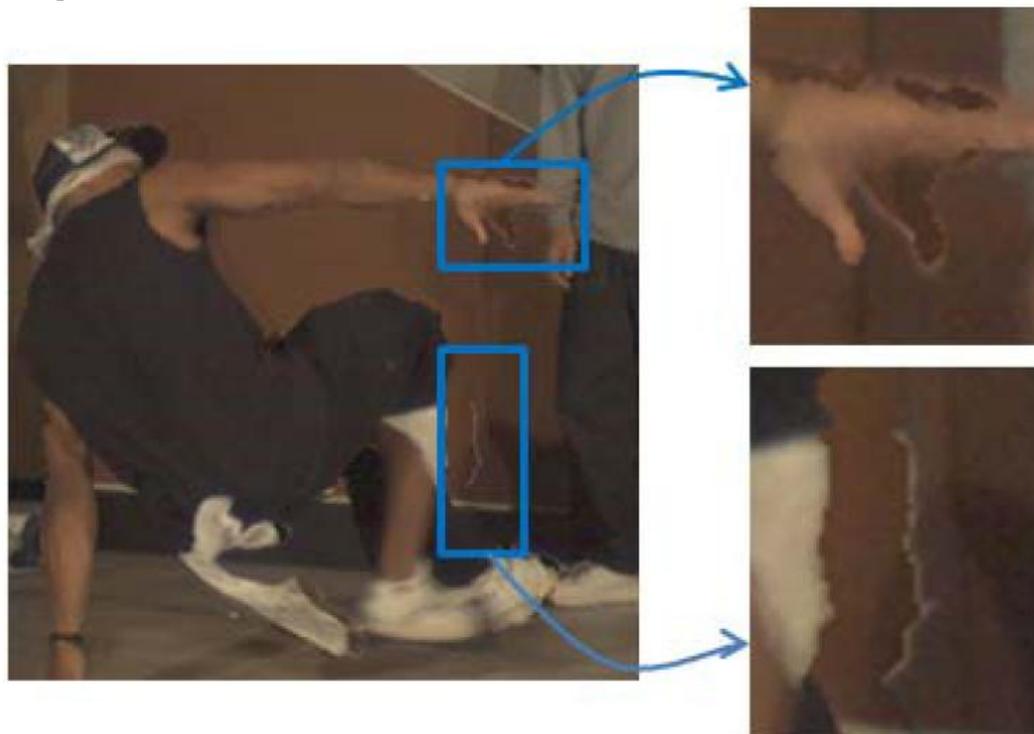
# Содержание

---

- Введение
- **Boundary Filtering**
- Boundary Artifact Reduction
- Несколько интересных идей
- Предлагаемый метод

# Boundary Filtering

Проблема — несоответствие границы на карте глубины границе объекта на исходном кадре

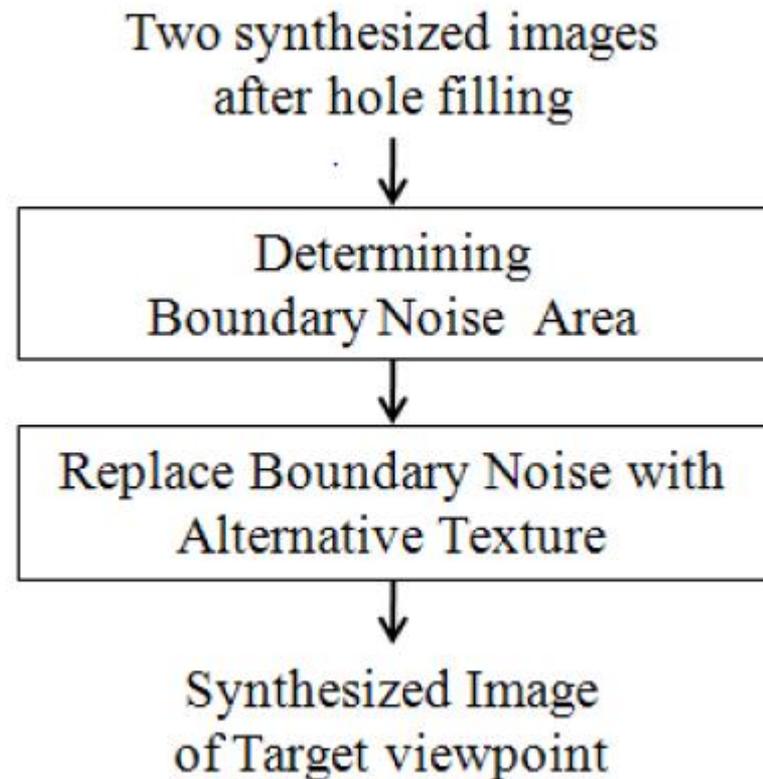


# Boundary Filtering

## Алгоритм (1/2)

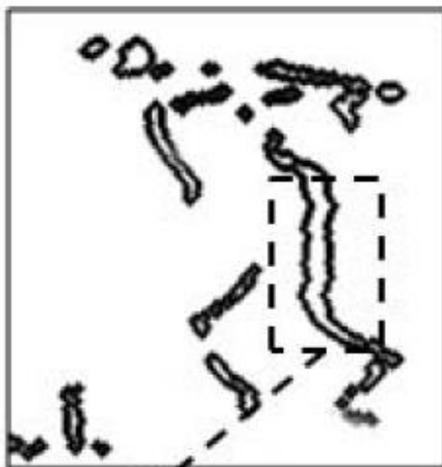
### Особенности:

- Только постобработка полученного ракурса
- Замена некорректно сдвинутых пикселей
- Фиксированный радиус фильтрации фона

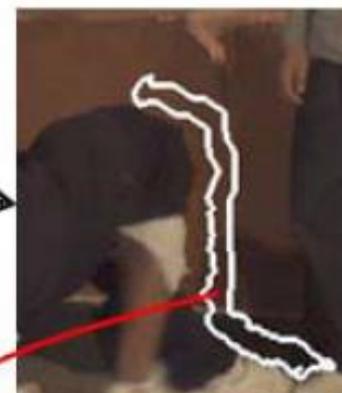


# Boundary Filtering

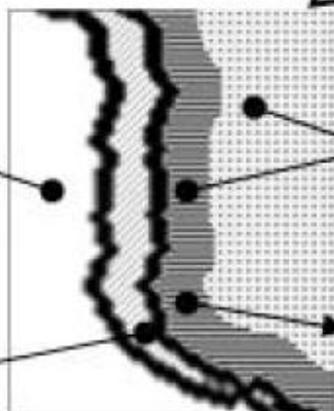
## Алгоритм (2/2)



Background Contour



Alternative Region



foreground

background

hole region

filtering region



Target Image



Filtered Image

# Boundary Filtering

## Исходные данные



Алгоритм построения карты глубины описан в статье C.L. Zitnick, et al., "High-quality video view interpolation using a layered representation," ACM SIGGRAPH and ACM Trans. on Graphics, 2004

# Boundary Filtering

## Результаты



Ground-truth ракурсы

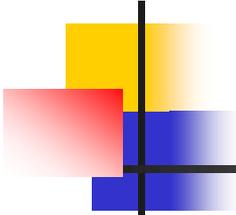
Ракурсы, полученные  
без фильтрации фона

Ракурсы, полученные  
с применением  
фильтрации фона

# Boundary Filtering

## Выводы

- Достоинство
  - За счет настраиваемого радиуса устойчив к большим несоответствиям границ
- Недостатки
  - Границы исходного изображения обрезаются
  - Обрабатывается только частный случай несоответствия границ



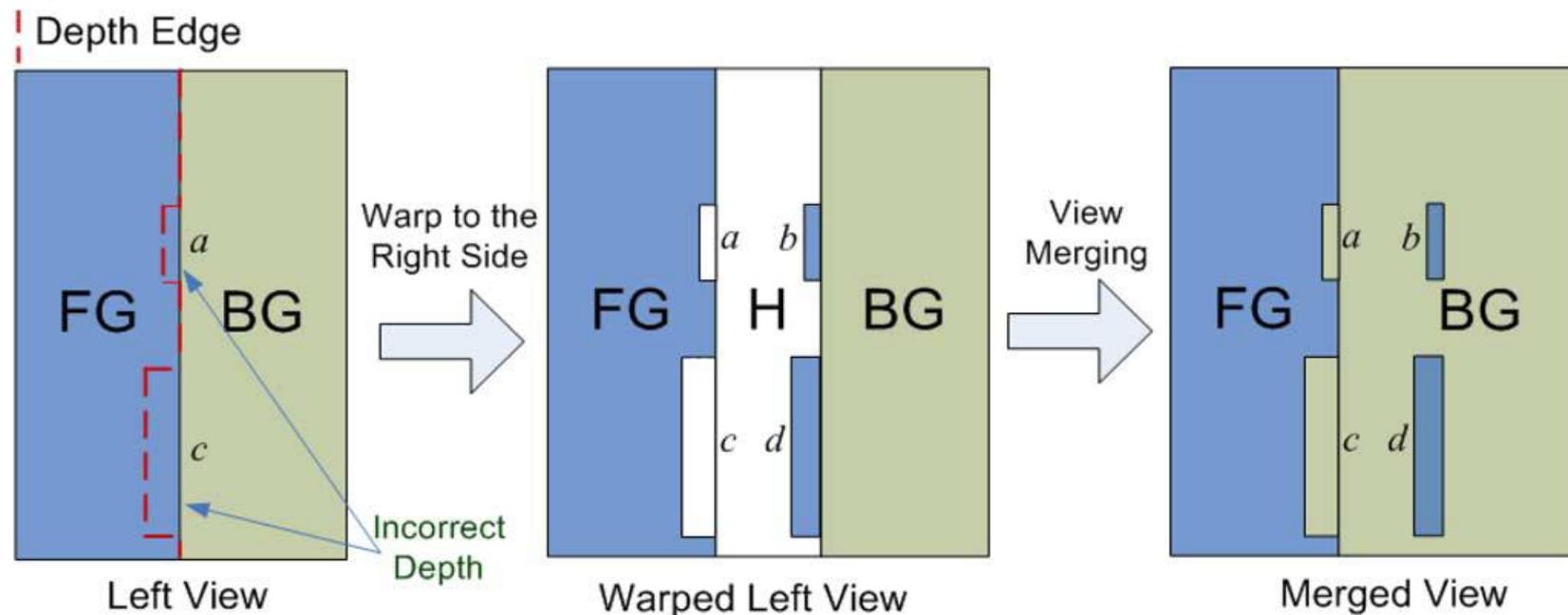
# Содержание

---

- Введение
- Boundary Filtering
- **Boundary Artifact Reduction**
- Несколько интересных идей
- Предлагаемый метод

# Boundary Artifact Reduction

## Постановка задачи (1/2)

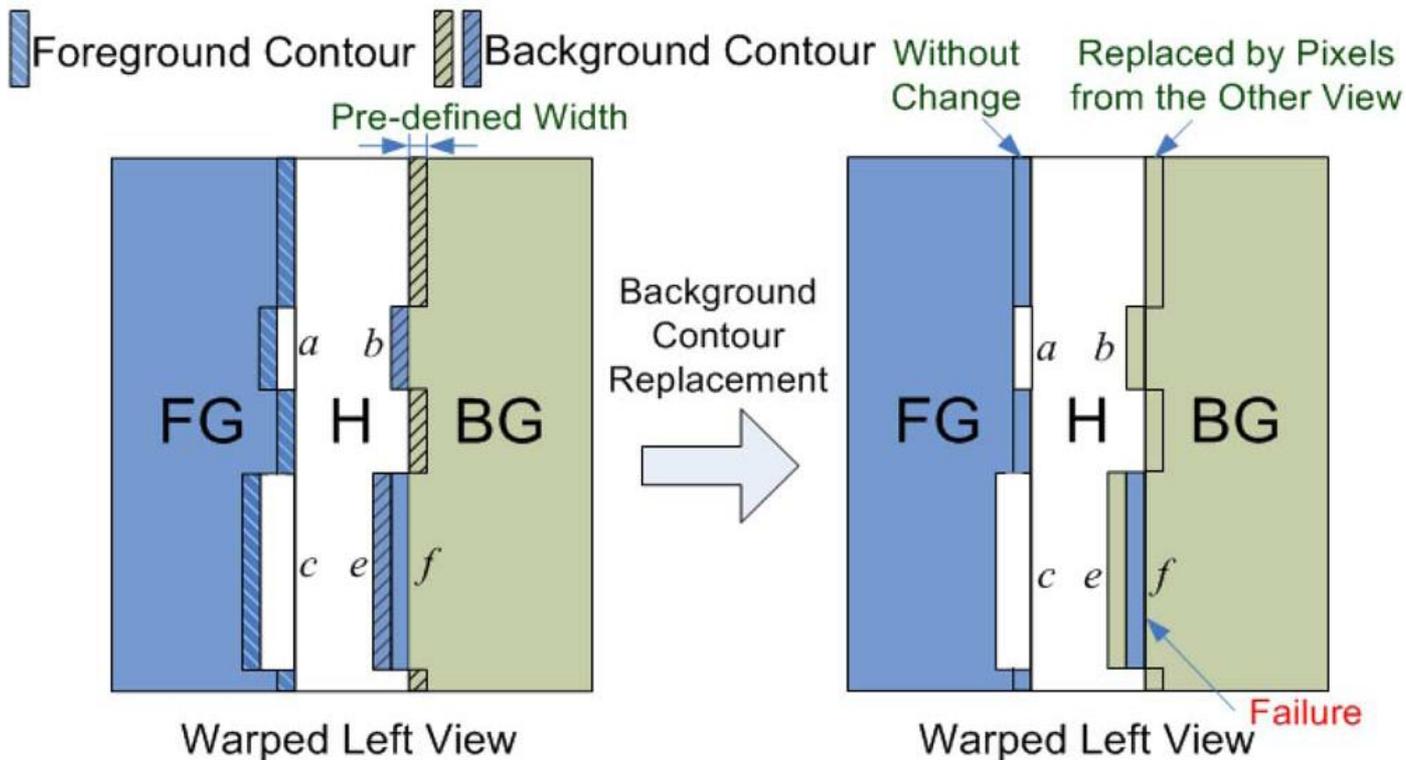


FG — передний план, BG — задний план

H — disocclusion area

# Boundary Artifact Reduction

## Постановка задачи (2/2)

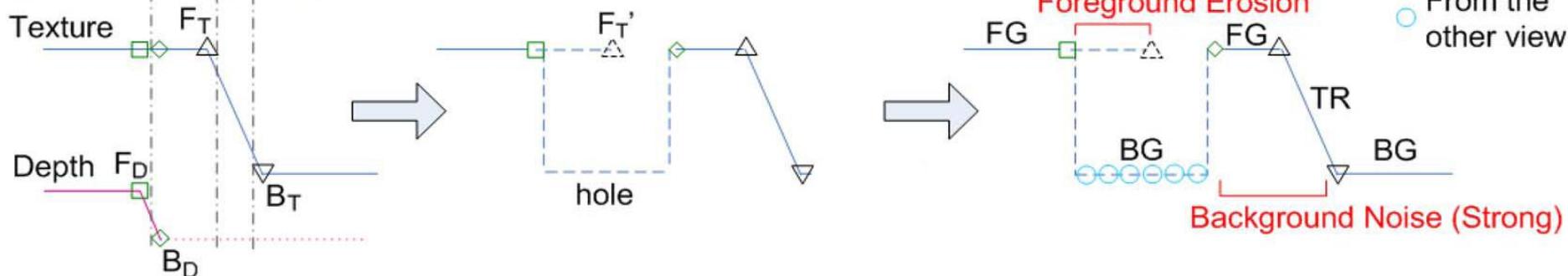


Фiltrация фона (из предыдущей статьи) не решает проблемы

# Boundary Artifact Reduction

## «Прилипание» объекта к фону

Case 1: *FA FM TM BA*



FG — передний план

BG — задний план

TR — область перехода (TRansition area)

$F_D$ ,  $B_D$ ,  $F_T$ ,  $B_T$  — границы объектов на исходном изображении и на карте глубины

$FA$ ,  $FM$ ,  $TM$ ,  $BA$ ,  $BM$  — foreground/transition/background alignment/misalignment

# Boundary Artifact Reduction

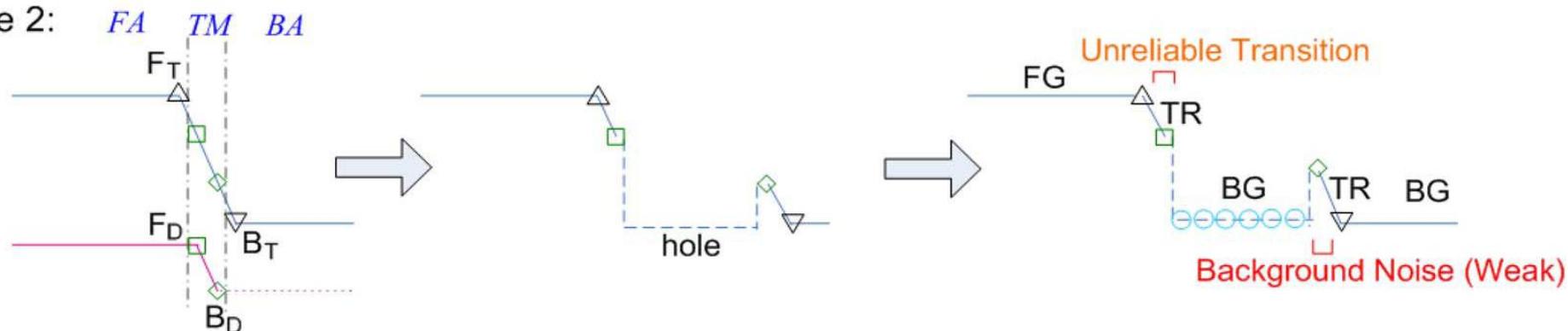
«Прилипание» объекта к фону



# Boundary Artifact Reduction

## Разрыв размытой границы

Case 2: *FA TM BA*



FG — передний план

BG — задний план

TR — область перехода (TRansition area)

$F_D$ ,  $B_D$ ,  $F_T$ ,  $B_T$  — границы объектов на исходном изображении и на карте глубины

$FA$ ,  $FM$ ,  $TM$ ,  $BA$ ,  $BM$  — foreground/transition/background alignment/misalignment

# Boundary Artifact Reduction

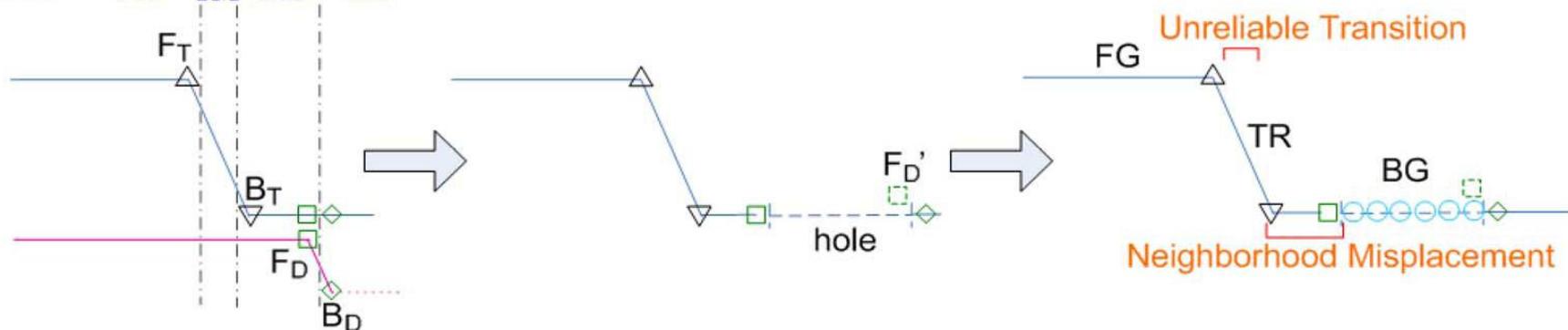
Разрыв размытой границы



# Boundary Artifact Reduction

## Эффект «стеклянного колпака»

Case 3: *FA TM BM BA*



FG — передний план

BG — задний план

TR — область перехода (TRansition area)

$F_D$ ,  $B_D$ ,  $F_T$ ,  $B_T$  — границы объектов на исходном изображении и на карте глубины

*FA*, *FM*, *TM*, *BA*, *BM* — foreground/transition/background alignment/misalignment

# Boundary Artifact Reduction

Эффект «стеклянного колпака»



# Boundary Artifact Reduction

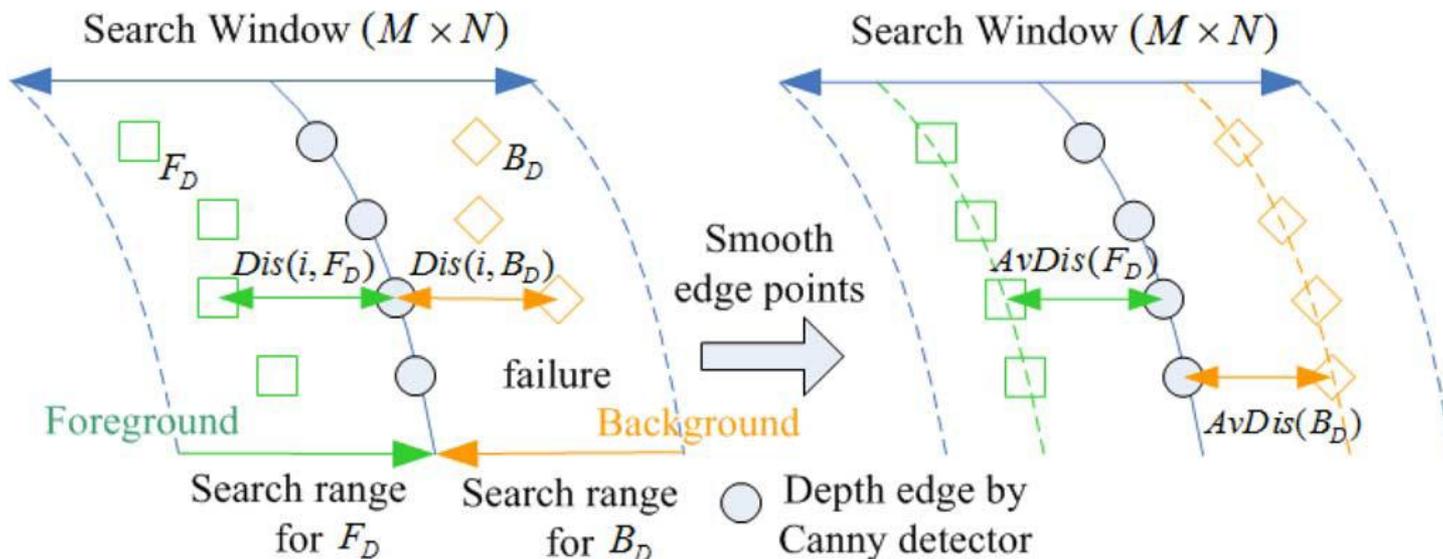
## Сопоставление границ (1/3)

1. Найти границы на карте глубины при помощи детектора Canny
2. Посчитать градиенты линий возле границ
$$f'_-(x) = (f(x) - f(x - 2)) / 2$$
$$f'_+(x) = (f(x + 2) - f(x)) / 2$$
3. Получить  $F_D, V_D$ , ограничивая изменения градиентов порогом
4. Получить  $F_T, V_T$ , анализируя границы на исходном изображении

# Boundary Artifact Reduction

## Сопоставление границ (2/3)

5. Выровнять полученные границы  $F_D$ ,  $B_D$ ,  $F_T$ ,  $B_T$ . Предположение: параллельность границе детектора Canny на карте глубины

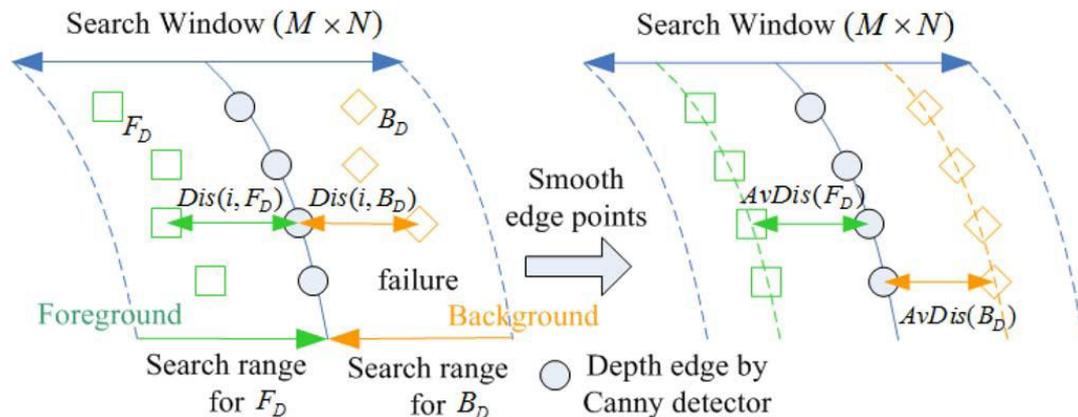


# Boundary Artifact Reduction

## Сопоставление границ (3/3)

$$AvDis(F_D) = \frac{\sum_{i=1}^M Dis(i, F_D) \cdot a(i)}{\sum_{i=1}^M a(i)},$$

$$a(i) = \begin{cases} 1, & \text{if } F_D \text{ detected} \\ 0, & \text{otherwise.} \end{cases}$$

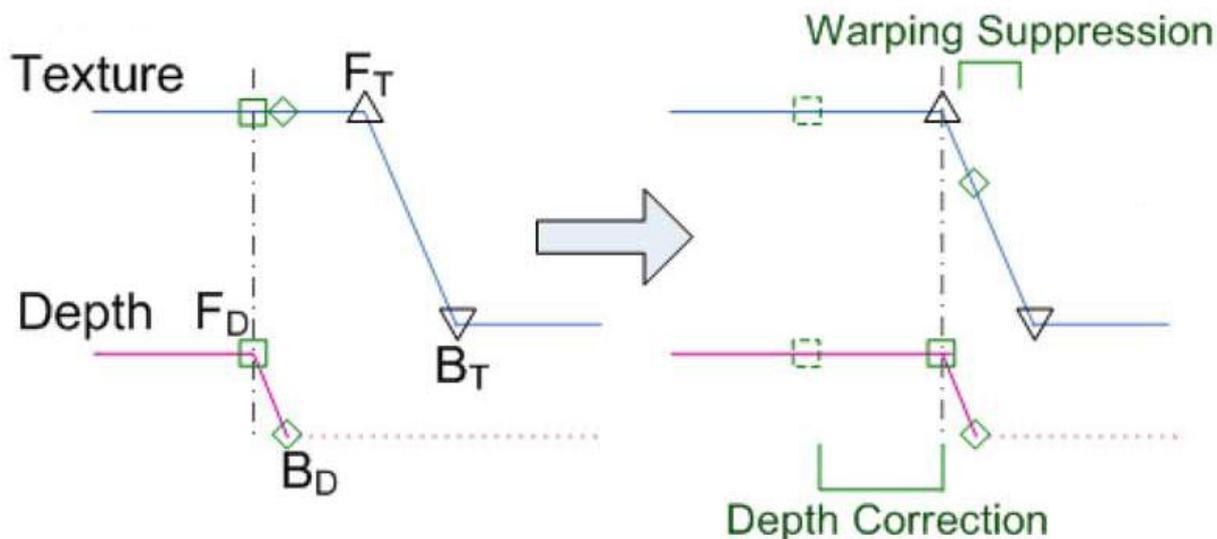


$Dis(i, F_D)$  — расстояние от пикселя до границы на  $i$ -й строке окна

# Boundary Artifact Reduction

## Алгоритм удаления артефактов (1/3)

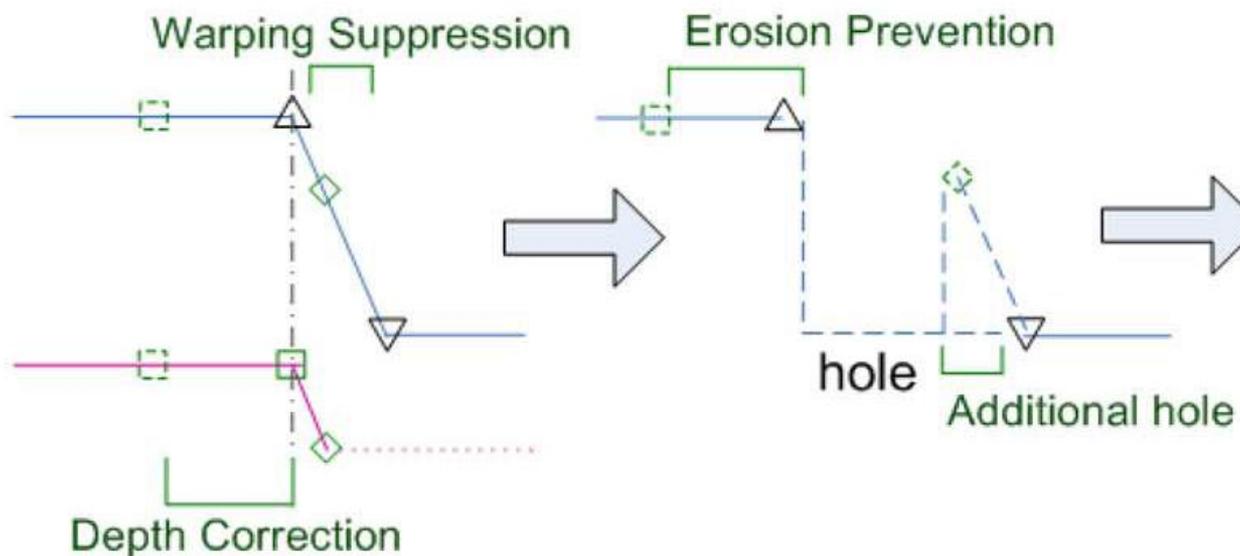
1. Выравнивание границы объекта на исходном изображении и карте глубины



# Boundary Artifact Reduction

## Алгоритм удаления артефактов (2/3)

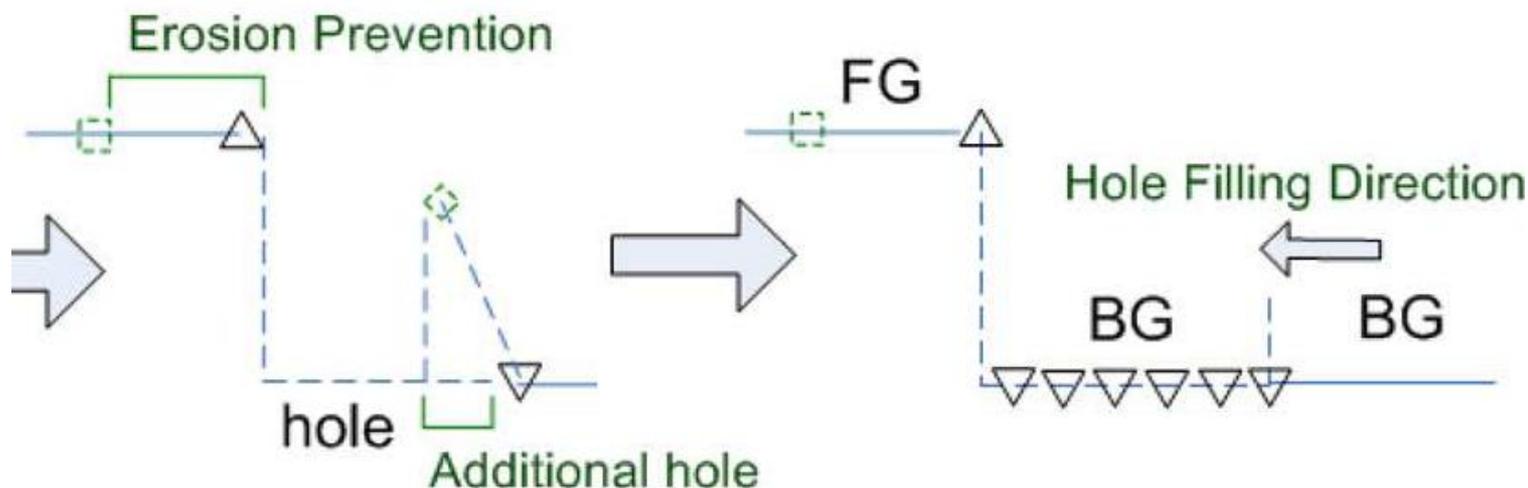
### 2. Удаление некорректно сдвинутых пикселей объекта



# Boundary Artifact Reduction

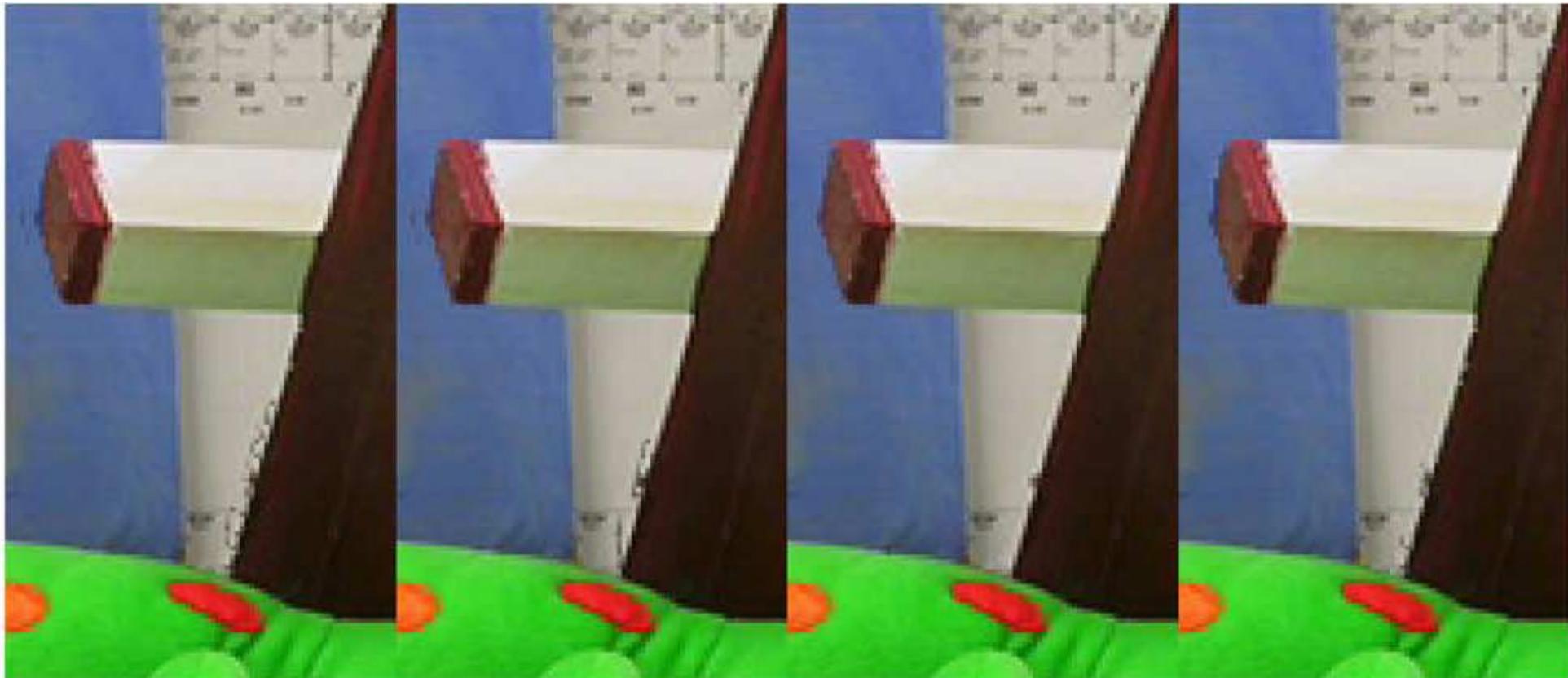
## Алгоритм удаления артефактов (3/3)

### 3. Заполнение disocclusion-областей



# Boundary Artifact Reduction

## Результаты (1/2)



1D filter

BCRR method [1]

IVCC method

SMART method

# Boundary Artifact Reduction

Результаты (2/2)



1D filter

BCRR method [1]

IVCC method

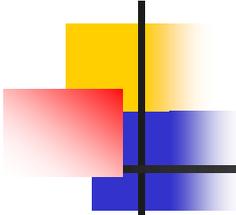
SMART method

# Boundary Artifact Reduction

## Выводы



- Достоинства
  - Судя по описанию, быстрый
  - Адаптивный подбор порога
  - Устойчивый к сильным несоответствиям глубины и исходного изображения
- Недостаток
  - Полученные после генерации видов границы всегда резкие



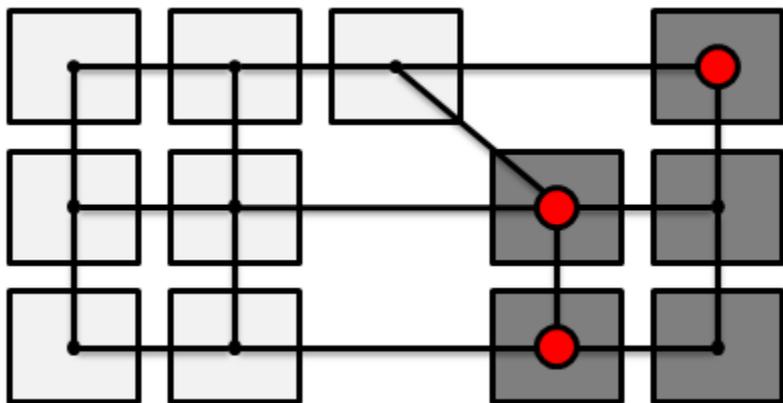
# Содержание

---

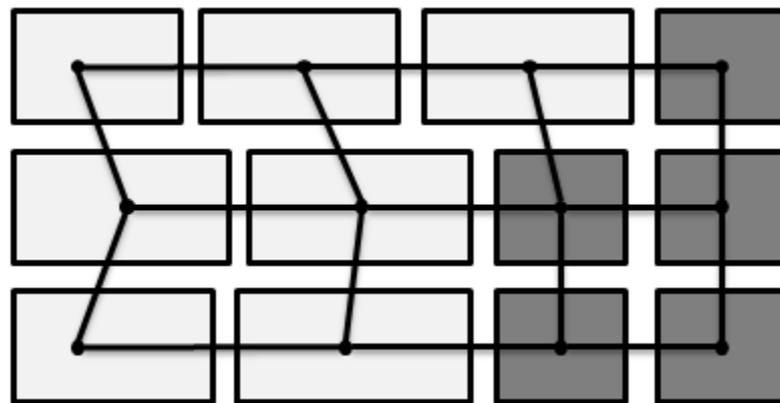
- Введение
- Boundary Filtering
- Boundary Artifact Reduction
- **Несколько интересных идей**
  - **Distortion Hole Filling**
  - Disocclusion Area Time Consistency
- Предлагаемый метод

# Distortion Hole Filling

Для заполнения disocclusion-областей используется деформация фона



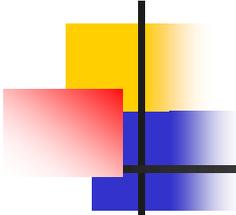
До деформации:  
между объектом и фоном  
незаполненная область



После деформации:  
пиксели фона растянуты

# Distortion Hole Filling

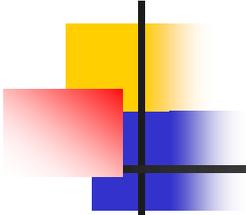
Пример области disocclusion



Background

# Distortion Hole Filling

Результаты заполнения

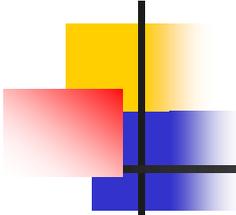


Background

# Distortion Hole Filling

## Выводы

- Достоинства
  - По утверждению авторов, это физически корректный и оптимальный метод заполнения
  - На небольших параллаксах искажения практически незаметны
  - Сравнительно простой в реализации
- Недостаток
  - Ничего неизвестно про временную стабильность заполнения



# Содержание

---

- Введение
- Boundary Filtering
- Boundary Artifact Reduction
- **Несколько интересных идей**
  - Distortion Hole Filling
  - **Disocclusion Area Time Consistency**
- Предлагаемый метод

# Disocclusion Area Time Consistency

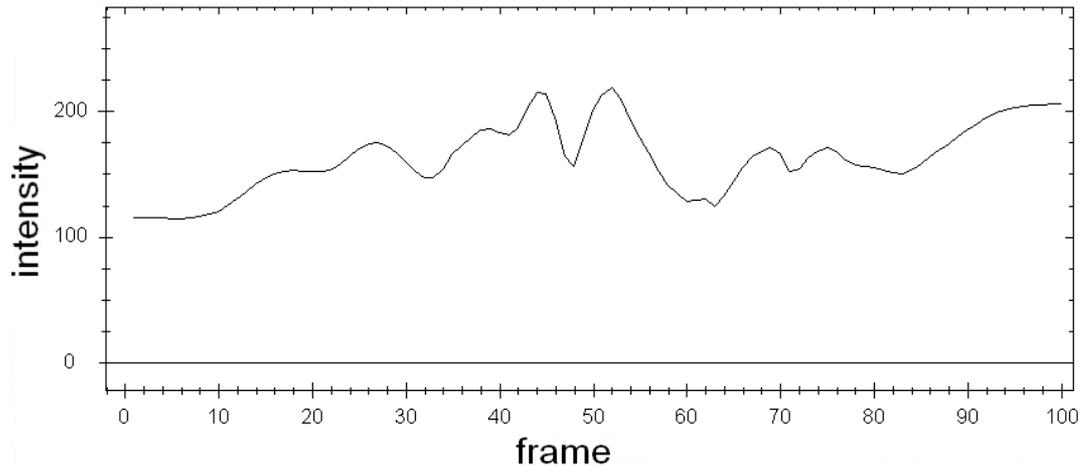
Проблема: нестабильное во времени восстановление фона плохо сказывается на восприятии видео

Метод не решает проблему, только обнаруживает ее

Анализируется мерцание в области заполнения, форма которой обычно не меняется (как на картинках справа)

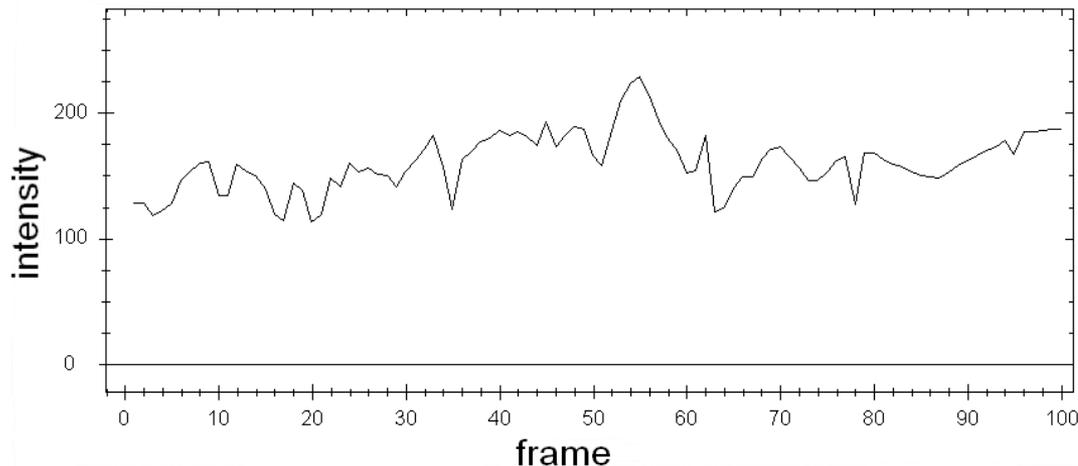


# Disocclusion Area Time Consistency



Графики изменения  
ИНТЕНСИВНОСТИ  
в области disocclusion

Ground-truth

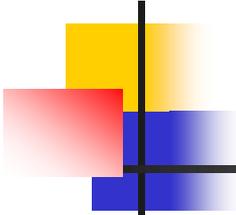


Background extrapolation

# Disocclusion Area Time Consistency



- Достоинства
  - Способность детектирования нестабильного во времени восстановления фона
  - Возможность дополнительной доработки метода для определения алгоритма восстановления по стереопаре
- Недостаток
  - Алгоритм не способен решить проблему нестабильного восстановления, только обнаружить ее



# Содержание

---

- Введение
- Boundary Filtering
- Boundary Artifact Reduction
- Несколько интересных идей
- **Предлагаемый метод**

# Предлагаемый метод

## Обработка границ при генерации

1. Анализ текстурированности фона на границах по глубине. Адаптивный выбор порогов для границ
2. Сопоставление границ карты глубины с границами на исходном изображении
3. Сглаживание излишне резких границ путем сохранения градиента исходной границы

# Предлагаемый метод

## Анализ текстуриванности

Использование данных субъективного тестирования:

- Однородный фон — можно сильнее расширить глубину
- Текстуриванный фон — необходимо наиболее точное соответствие границ

# Предлагаемый метод

## Сглаживание резких границ

Предположение: градиенты границы объекта на исходном изображении и построенных ракурсах должны совпадать

Метод не обрабатывает границы, которые после построения вида размыты сильнее, чем на исходном кадре

# Предлагаемый метод

## Результаты

Проблемы, которые удастся решить:

- Неодинаковые границы на левом и правом ракурсах («стробление»)
- «Прилипание» участков фона к объекту (эффект «стеклянного колпака»)

И все уже становится чуть лучше

# Список литературы

1. C. Lee and Y. S. Ho, "Boundary Filtering on Synthesized Views of 3D Video," in *Int. Conf. Future Gen. Commun. Netw. Symp.*, Sanya, China, pp. 15–18, 2008
2. Yin Zhao, Ce Zhu, Zhenzhong Chen, Dong Tian, and Lu Yu, "Boundary Artifact Reduction in View Synthesis of 3D Video: From Perspective of Texture-Depth Alignment," in *IEEE Transactions on Broadcasting*, Vol. 57, pp. 510–522, 2011
3. O. Wang, M. Lang, M. Frei, A. Hornung, A. Smolic, and M. Gross, "StereoBrush: Interactive 2D to 3D Conversion Using Discontinuous Warps," in *EUROGRAPHICS Symposium on Sketch-Based Interfaces and Modeling*, pp. 47–54, 2011
4. Michael Schmeing and Xiaoyi Jiang, "Time-consistency of Disocclusion Filling Algorithms in Depth Image Based Rendering," in *3DTV Conference*, pp. 1–4, 2011

