



Генерация высококачественного стерео с помощью матирования

Михаил Ерофеев

Video Group
CS MSU Graphics & Media Lab



Содержание

- **Введение**
- Poisson Matting
- Real-Time Video Matting using Multichannel Poisson Equations
- Boundary matting for view synthesis
- Предлагаемый метод
- Заключение

Введение

Постановка задачи матирования

Декомпозировать исходное изображение I

1. F – передний план
2. B – задний план
3. α – карта прозрачности

$$I = \alpha F + (1 - \alpha)B$$



=

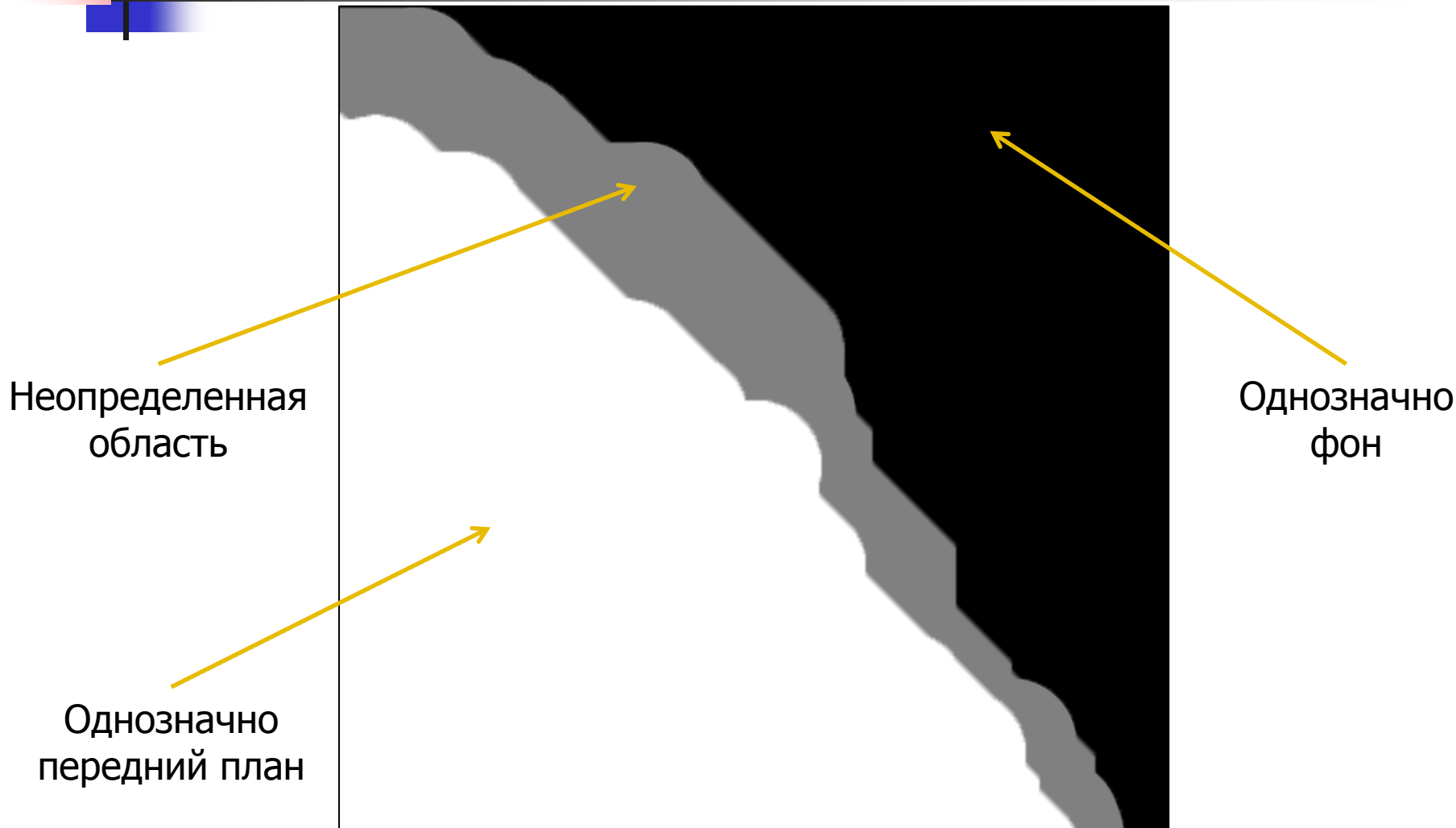


+



Введение

Trimap



Введение

Артефакты в стерео



Область
перекрытия

Область
открытия

Введение

Некорректная работа с прозрачностью



Резкий край в
области
перекрытия

Размытый край в
области открытия

Введение

Matting для задачи генерации стерео

Matting disabled



Matting enabled





Содержание

- Введение
- **Poisson Matting**
- Real-Time Video Matting using Multichannel Poisson Equations
- Boundary matting for view synthesis
- Предлагаемый метод
- Заключение

Poisson Matting

Описание метода

Карта прозрачности строится на основе решения уравнения Пуассона

$$I = \alpha F + (1 - \alpha)B$$

$$\nabla I = (F - B)\nabla\alpha + \alpha\nabla F + (1 - \alpha)\nabla B$$

Сделаем предположение, что $\nabla F = 0$, $\nabla B = 0$

$$\nabla\alpha \approx \frac{1}{F - B}\nabla I \quad \Rightarrow \quad \Delta\alpha = \operatorname{div}\left(\frac{\nabla I}{F - B}\right)$$

Poisson Matting

Алгоритм

1. Инициализировать F и B значениями ближайших соседей
2. Вычислить $(F - B)$, сгладить результат
3. Решить уравнение Пуассона
4. Расширить области переднего и заднего плана на trimap
5. Вернуться к шагу 1, если trimap изменился существенно

Poisson Matting

Результаты



Исходное изображение

Карта прозрачности

Poisson Matting

Анализ метода

- **Достоинство**

Дает хороший результат для нетекстурированных областей

- **Недостатки**

- Не использует информацию о цвете
- Самый плохой метод по данным AlphaMatting.com



Содержание

- Введение
- Poisson Matting
- **Real-Time Video Matting using Multichannel Poisson Equations**
- Boundary matting for view synthesis
- Предлагаемый метод
- Заключение

Real-time video matting

Описание метода

- Основан на алгоритме “Poisson matting”
- В отличие от предшественника использует информацию о цвете
- В качестве дополнительной входной информации может использовать:
 - карту глубины
 - восстановленный фон

Real-time video matting

Уравнение (1)

$$I = \alpha F + (1 - \alpha)B \Rightarrow \nabla \alpha = \frac{(\nabla \otimes (\mathbf{I} - \mathbf{B}))(\mathbf{F} - \mathbf{B}) - (\nabla \otimes (\mathbf{F} - \mathbf{B}))(\mathbf{I} - \mathbf{B})}{(\mathbf{F} - \mathbf{B}) \cdot (\mathbf{F} - \mathbf{B})}$$

$$\nabla \otimes \mathbf{I} = \begin{bmatrix} \partial \mathbf{I}_r / \partial x & \partial \mathbf{I}_g / \partial x & \partial \mathbf{I}_b / \partial x \\ \partial \mathbf{I}_r / \partial y & \partial \mathbf{I}_g / \partial y & \partial \mathbf{I}_b / \partial y \end{bmatrix}$$

- Нет дополнительной информации

$$\nabla \otimes \mathbf{F} \approx \mathbf{0}, \nabla \otimes \mathbf{B} \approx \mathbf{0}$$

$$\Rightarrow \Delta \alpha \approx \text{div}(\mathbf{G}) = \text{div} \left(\frac{(\nabla \otimes \mathbf{I})(\mathbf{F} - \mathbf{B})}{(\mathbf{F} - \mathbf{B}) \cdot (\mathbf{F} - \mathbf{B})} \right)$$

- Известен фон
- Известна глубина

Real-time video matting

Уравнение (2)

$$I = \alpha F + (1 - \alpha)B \Rightarrow \nabla \alpha = \frac{(\nabla \otimes (\mathbf{I} - \mathbf{B}))(\mathbf{F} - \mathbf{B}) - (\nabla \otimes (\mathbf{F} - \mathbf{B}))(\mathbf{I} - \mathbf{B})}{(\mathbf{F} - \mathbf{B}) \cdot (\mathbf{F} - \mathbf{B})}$$

$$\nabla \otimes \mathbf{I} = \begin{bmatrix} \partial \mathbf{I}_r / \partial x & \partial \mathbf{I}_g / \partial x & \partial \mathbf{I}_b / \partial x \\ \partial \mathbf{I}_r / \partial y & \partial \mathbf{I}_g / \partial y & \partial \mathbf{I}_b / \partial y \end{bmatrix}$$

- Нет дополнительной информации

- Известен фон

$$\nabla \otimes \mathbf{F} \approx \mathbf{0} \Rightarrow \Delta \alpha \approx \text{div}(\mathbf{G}_B)$$

$$= \text{div} \left(\frac{(\nabla \otimes \mathbf{I})(\mathbf{F} - \mathbf{B}) - (\nabla \otimes \mathbf{B})(\mathbf{F} - \mathbf{I})}{(\mathbf{F} - \mathbf{B}) \cdot (\mathbf{F} - \mathbf{B})} \right)$$

- Известна глубина

Real-time video matting

Уравнение (3)

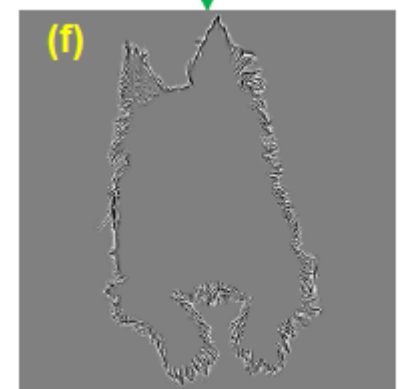
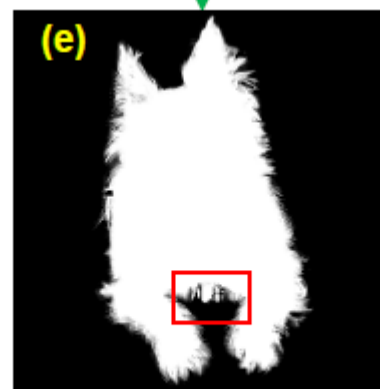
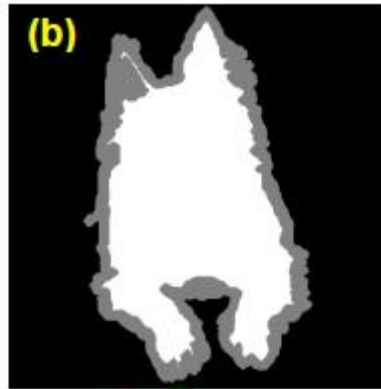
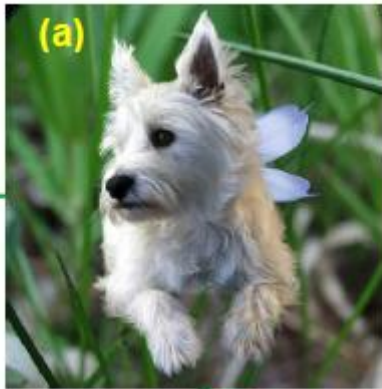
$$I = \alpha F + (1 - \alpha)B \Rightarrow \nabla \alpha = \frac{(\nabla \otimes (\mathbf{I} - \mathbf{B}))(\mathbf{F} - \mathbf{B}) - (\nabla \otimes (\mathbf{F} - \mathbf{B}))(\mathbf{I} - \mathbf{B})}{(\mathbf{F} - \mathbf{B}) \cdot (\mathbf{F} - \mathbf{B})}$$

$$\nabla \otimes \mathbf{I} = \begin{bmatrix} \partial \mathbf{I}_r / \partial x & \partial \mathbf{I}_g / \partial x & \partial \mathbf{I}_b / \partial x \\ \partial \mathbf{I}_r / \partial y & \partial \mathbf{I}_g / \partial y & \partial \mathbf{I}_b / \partial y \end{bmatrix}$$

- Нет дополнительной информации
- Известен фон
- Известна глубина

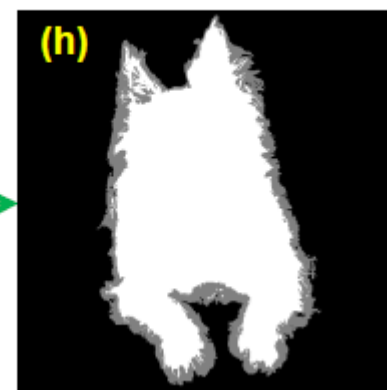
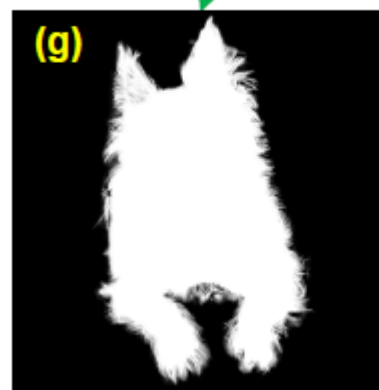
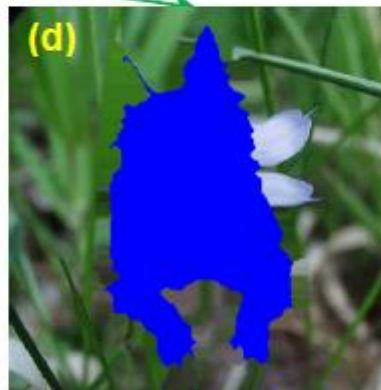
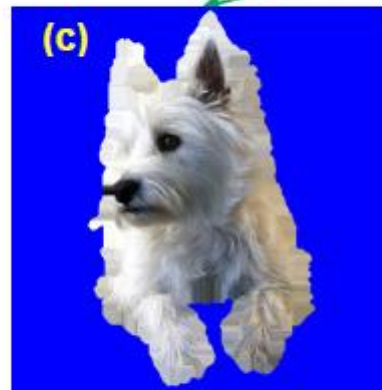
$$\Delta \alpha \approx \text{div}(\mathbf{G}_D)$$

$$= \text{div} \left(\frac{(\nabla \otimes \mathbf{I})(\mathbf{F} - \mathbf{B}) + \lambda^2 \nabla I_d (F_d - B_d)}{(\mathbf{F} - \mathbf{B}) \cdot (\mathbf{F} - \mathbf{B}) + \lambda^2 (F_d - B_d)(F_d - B_d)} \right)$$



Estimate unknown foreground & background

Solve Poisson equation



Update trimap

Initialize alpha matte

Compute Laplacian of alpha

Minghui Gong, Liang Wang, Ruigang Yang, and Yee-Hong Yang. 2010. Real-time video matting using multichannel poisson equations. In Proceedings of Graphics Interface 2010 (GI '10)

Real-time video matting

Результаты (1)

Исходное изображение



Trimap



Карта прозрачности



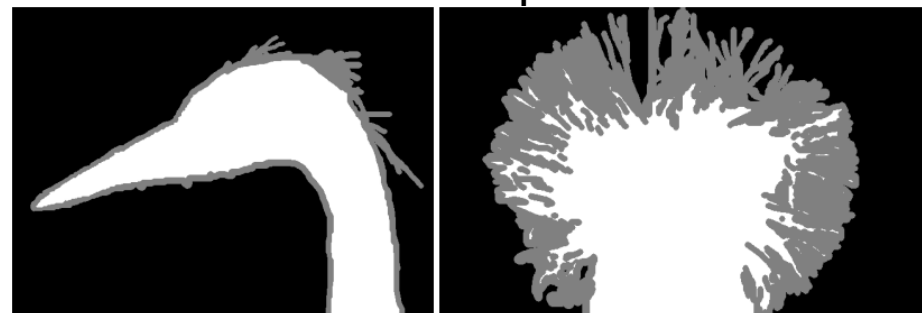
Real-time video matting

Результаты (2)

Исходное изображение



Trimap



Карта прозрачности



Minglun Gong, Liang Wang, Ruigang Yang, and Yee-Hong Yang.
2010. Real-time video matting using multichannel poisson
equations. In Proceedings of Graphics Interface 2010 (GI '10)

Real-time video matting

Результаты (3)



Исходное изображение

Minglun Gong, Liang Wang, Ruigang Yang, and Yee-Hong Yang.
2010. Real-time video matting using multichannel poisson
equations. In Proceedings of Graphics Interface 2010 (GI '10)

Real-time video matting

Результаты (4)



Результат без использования фона

Minglun Gong, Liang Wang, Ruigang Yang, and Yee-Hong Yang.
2010. Real-time video matting using multichannel poisson
equations. In Proceedings of Graphics Interface 2010 (GI '10)

Real-time video matting

Результаты (5)



Результат с использованием фона

Minglun Gong, Liang Wang, Ruigang Yang, and Yee-Hong Yang.
2010. Real-time video matting using multichannel poisson
equations. In Proceedings of Graphics Interface 2010 (GI '10)

Real-time video matting

Объективное сравнение



	Dog		Hair		Camera		Bird		Child	
	E_{min}	E_{diff}	E_{min}	E_{diff}	E_{min}	E_{diff}	E_{min}	E_{diff}	E_{min}	E_{diff}
Poisson [14]	340	1330	359	1830	451	2891	879	3174	832	2442
Random walk [7]	198	307	274	401	151	393	279	638	1732	1795
Knockout2	154	596	150	516	33	336	338	1387	435	888
Bayesian [4]	82	724	69	406	28	687	194	938	120	4994
Iterative BP [18]	69	356	78	362	27	227	207	903	214	553
Closed-form [9]	59	137	77	143	23	356	157	237	503	582
Robust [19]	41	95	31	165	10	155	69	381	114	394
Ours (rank)	78.1 (4)	234 (3)	67.2 (2)	317 (3)	48.3 (6)	292 (3)	188 (3)	912 (5)	287 (4)	509 (2)

E_{min} – минимальное значение MSE на наборе trimap

E_{diff} – разность между максимальным и минимальным значением MSE

Real-time video matting

Анализ

- **Достоинства**
 - Потенциально устойчив во времени
 - Восстановленный фон и карта глубины существенно улучшают результат
- **Недостатки**
 - Средний результат согласно объективной метрике
 - Невысокое качество при обработке текстурированных областей



Содержание

- Введение
- Poisson Matting
- Real-Time Video Matting using Multichannel Poisson Equations
- **Boundary matting for view synthesis**
- Предлагаемый метод
- Заключение

Boundary matting

Описание метода

Решается задача вычисления карты прозрачности границ для высококачественной интерполяции новых видов

Основные идеи:

- итеративное уточнение кривой в пространстве, описывающей границы объектов
- сбор образцов точки переднего плана смешанной с разными точками фона

$$\{C_i = \alpha_i F + (1 - \alpha_i) B_i\}_{i=1}^V$$

Samuel W. Hasinoff, Sing Bing Kang, Richard Szeliski, Boundary matting for view synthesis, Computer Vision and Image Understanding, Volume 103, Issue 1, July 2006

Boundary matting

Поиск проблемных областей

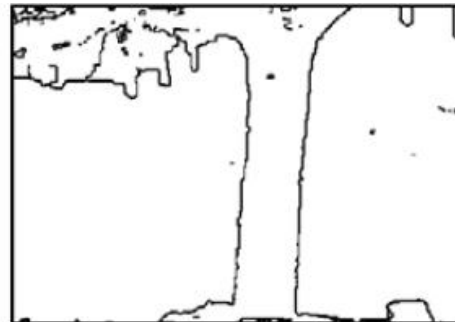
1. Построить множество границ карты глубины
2. Жадным алгоритмом выделить кривые с длиной выше порога
3. Удалить компоненты связности с диаметром меньше порога



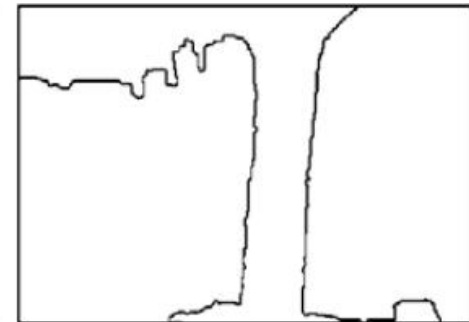
Исходное
изображение



Карта глубины



Шаг 1



Шаг 3

Boundary matting

Аппроксимация сплайнами

$$S(t) = \sum_{p=1}^{n(\theta)} B_p(t) \theta_p$$

$$B_p(t) = \begin{cases} t - p + 1, & t \in [p - 1, p), \\ p + 1 - t, & t \in [p, p + 1), \\ 0, & \text{otherwise.} \end{cases}$$

$S(t)$ – параметрическое уравнение кривой

θ – множество контрольных точек

Boundary matting

Вычисление карты прозрачности

$$\begin{aligned}\alpha_i(\theta, \sigma) &= \alpha_i(\theta) * \mathcal{N}(0, \sigma) \\ &= \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{d(\Pi_i, \theta)} \exp\left(\frac{-t^2}{2\sigma^2}\right) dt\end{aligned}$$

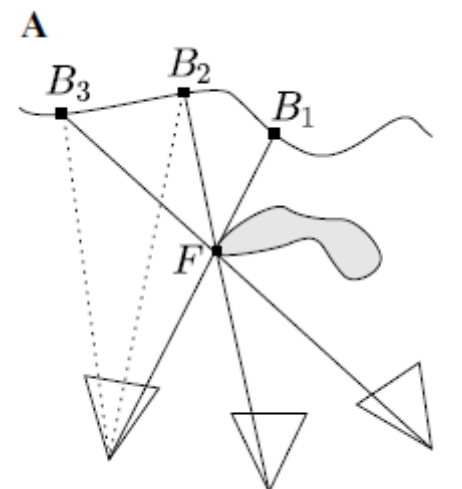
d – расстояние до кривой со знаком ($d > 0$ для точек переднего плана, $d < 0$ для точек фона)

Boundary matting

Построение заднего плана

Для каждой точки в небольшой окрестности проблемной области:

1. Отообразим ее на другие исходные виды с использованием глубины заднего плана
2. Отбросим ее, если она попала на передний план другого вида
3. Найдем вид, на котором максимальное отличие цвета этой точки минимально
4. Поместим точку на карту заднего плана



B view 1 view 2 view 3



Boundary matting

Построение переднего плана

1. Вычислим цвет переднего плана для каждого вида

$$F^0(\alpha) = (C - (1 - \alpha)B) / \alpha$$

2. Усредним значение со всех видов

$$F^0 = \frac{\sum_{i=1}^V \alpha_i^2 F^0(\alpha_i)}{\sum_{i=1}^V \alpha_i^2}$$

Boundary matting

Оптимизация решения (1)

Требуется минимизировать следующую функцию

$$\mathcal{O}(\theta, F) = \sum_{i=1}^V \sum_{j=1}^{N_i} [C_{ij} - \alpha_{ij}(\theta)F_j - (1 - \alpha_{ij}(\theta))B_{ij}]^2$$

1. Добавить новые точки в сплайн
2. Сместить точки сплайна к областям исходного изображения с большим модулем градиента
3. Удалить точки, сместившиеся слишком сильно от своей начальной позиции

Boundary matting

Оптимизация решения (2)



Исходная
граница



Начальное
приближение
сплайном



Точки
сплайна
смещены
к областям
с большим
градиентом



Сплайн после
нескольких
итераций

Samuel W. Hasinoff, Sing Bing Kang, Richard Szeliski, Boundary matting for view synthesis, *Computer Vision and Image Understanding*, Volume 103, Issue 1, July 2006

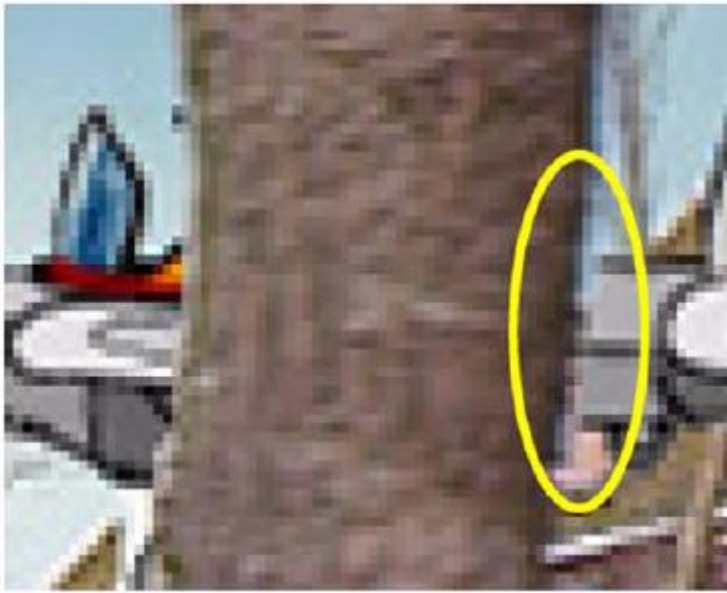
Boundary matting

Результаты (1)



Исходные изображения

naïve object insertion



boundary matting



Samuel W. Hasinoff, Sing Bing Kang, Richard Szeliski, Boundary matting for view synthesis, *Computer Vision and Image Understanding*, Volume 103, Issue 1, July 2006

boundary matting



bound. matting (sub-pixel)



Samuel W. Hasinoff, Sing Bing Kang, Richard Szeliski, Boundary matting for view synthesis, Computer Vision and Image Understanding, Volume 103, Issue 1, July 2006

Boundary matting

Результаты (2)



Передний план



Некорректный результат

Boundary matting

Анализ метода

- Достоинства
 - Рассматриваемая проблема близка к нашей задаче
 - Качественный результат для случая оптического размытия и размытия движения
- Недостатки
 - Неприменим к сложным структурам (волосы, шерсть)
 - Большое количество упрощений в авторской реализации



Содержание

- Введение
- Poisson Matting
- Real-Time Video Matting using Multichannel Poisson Equations
- Boundary matting for view synthesis
- **Предлагаемый метод**
- Заключение

Предлагаемый метод

Описание метода

Основные идеи:

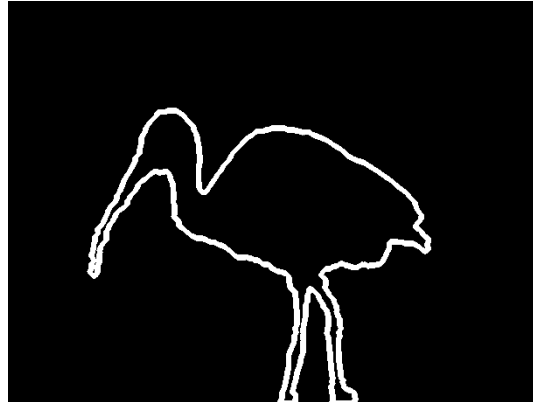
1. применение уравнения анизотропной диффузии для экстраполяции переднего и заднего плана
2. вычисление «ожидаемых» цветов переднего и заднего плана из классического уравнения matting

Предлагаемый метод

Исходные данные



Подопытный



Карта проблемных
областей



Карта глубины

Предлагаемый метод

Глубина переднего и заднего плана

Методом простой математической морфологии
вычислим глубину переднего
и заднего плана



Глубина заднего плана



Глубина переднего плана

Предлагаемый метод

Уравнение анизотропной диффузии

Классическое уравнение диффузии

$$\frac{dI}{dt} = \Delta I = \operatorname{div}(\nabla I)$$

Один из вариантов анизотропной диффузии

$$\frac{dI}{dt} = \operatorname{div}(e^{-a\|\nabla I\|} \nabla I)$$

Предлагаемое уравнение диффузии

$$\frac{dI}{dt} = \operatorname{div}(e^{-a\|\nabla I\| - b\|\nabla D\|} \nabla I)$$

a, b – константы; D – карта глубины

Предлагаемый метод

Ожидаемый цвет

- $$F_{expected} = \frac{I - (1 - \alpha)B}{\alpha}$$

$$B_{expected} = \frac{I - \alpha F}{1 - \alpha}$$

Предлагаемый метод

Алгоритм

1. Инициализируем передний и задний план исходным изображением
2. Вычислим производные во времени для них из уравнения диффузии
3. Для точек с существенной разницей между цветом переднего и заднего плана вычислим ожидаемый цвет
4. Добавим к начальным цветам значение производной и смещение к ожидаемому цвету
5. Вернемся к шагу 2

Предлагаемый метод

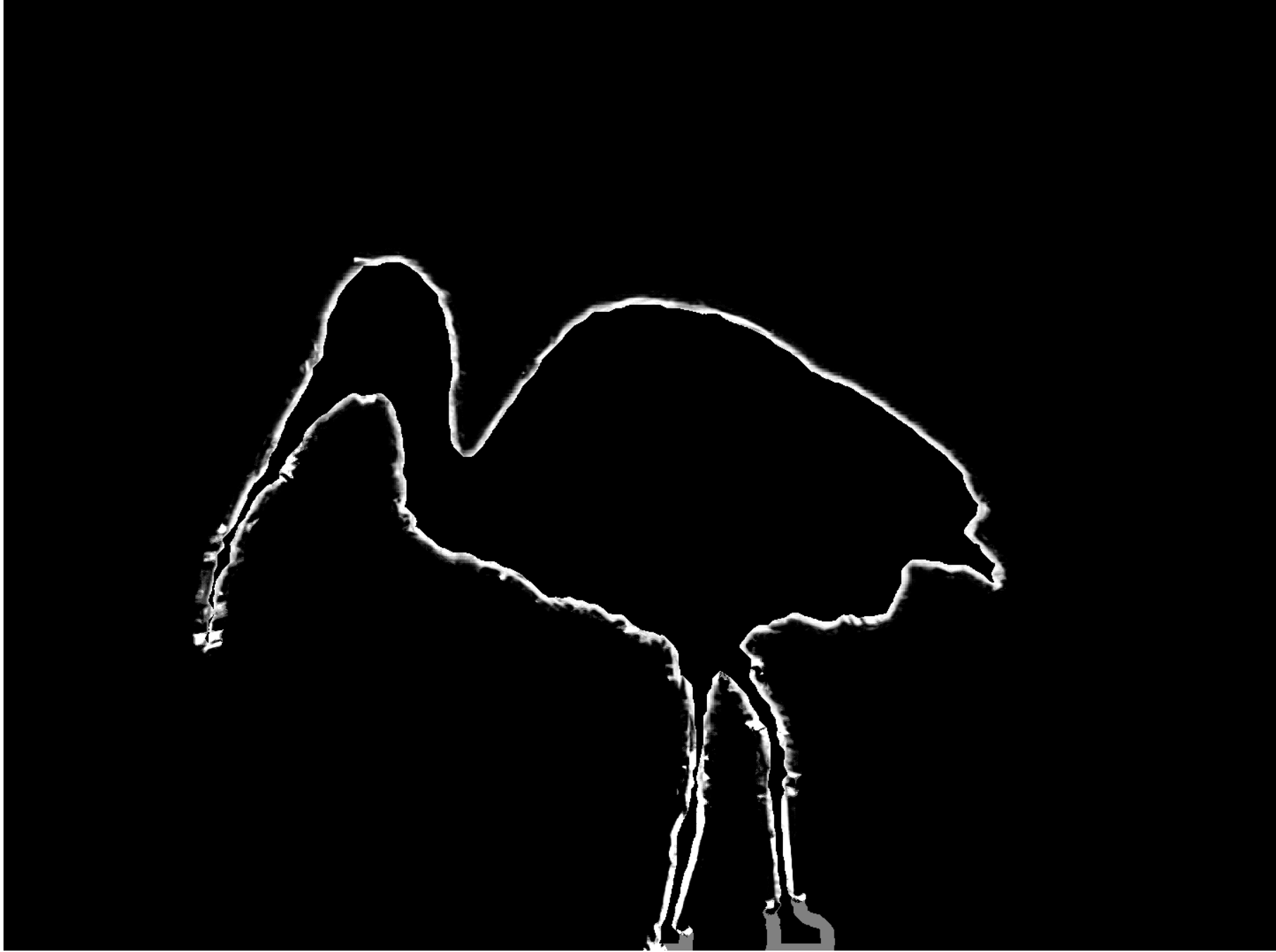
Результаты (1)



Передний план



Задний план



Предлагаемый метод

Анализ метода

- Достоинства
 - Работает для исходных данных стереогенератора
 - Не использует тримап
- Недостатки
 - Низкое качество
 - Неестественное внедрение уравнения matting в метод



Содержание

- Введение
- Poisson Matting
- Real-Time Video Matting using Multichannel Poisson Equations
- Boundary matting for view synthesis
- Предлагаемый метод
- **Заключение**

Заключение

Дальнейшие планы

- Внедрение Multichannel Poisson Equation в предложенный метод
- Реализация Boundary Matting в терминах генерации стерео
- Оптимизация метода Shared Matting для задачи генерации стерео

Литература

1. Jian Sun, Jiaya Jia, Chi-Keung Tang, and Heung-Yeung Shum. 2004. Poisson matting. In ACM SIGGRAPH 2004 Papers (SIGGRAPH '04), Joe Marks (Ed.). ACM, New York, NY, USA, 315-321.
2. Minglun Gong, Liang Wang, Ruigang Yang, and Yee-Hong Yang. 2010. Real-time video matting using multichannel poisson equations. In Proceedings of Graphics Interface 2010 (GI '10). Canadian Information Processing Society, Toronto, Ont., Canada, Canada, 89-96.
3. Samuel W. Hasinoff, Sing Bing Kang, Richard Szeliski, Boundary matting for view synthesis, Computer Vision and Image Understanding, Volume 103, Issue 1, July 2006, Pages 22-32, ISSN 1077-3142
4. Catte, F., Lions, P.-L., Morel, J.-M., and Coll, T., Image Selective Smoothing and Edge Detection by Nonlinear Diffusion, SIAM J. Num. Anal. 29, 182–193 (1992).

Лаборатория компьютерной графики и мультимедиа



Видеогруппа — это:

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