

Carlos Vinícius Sousa de Oliveira

**Mapas de Disparidade utilizando Cortes de
Grafo e Multi-Resolução**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Informática do Departamento de Informática da PUC-Rio

Orientador: Prof. Marcelo Gattass

Rio de Janeiro
Março de 2010



Carlos Vinícius Sousa de Oliveira

**Mapas de Disparidade utilizando Cortes de
Grafo e Multi-Resolução**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Informática do Departamento de Informática do Centro Técnico e Científico da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Marcelo Gattass

Orientador

Departamento de Informática – PUC-Rio

Prof.^a Cristina Nader Vasconcelos

Instituto de Computação – UFF

Prof. Waldemar Celes Filho

Departamento de Informática – PUC-Rio

Dr. Manuel Eduardo Loaiza Fernandez

Departamento de Informática – PUC-Rio

Prof. José Eugenio Leal

Coordenador Setorial do Centro Técnico e Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 29 de Março de 2010

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

Carlos Vinícius Sousa de Oliveira

Graduou-se em Ciência da Computação na Universidade Federal Fluminense (Niterói, Brasil), onde obteve grau de Bacharel em Ciência da Computação. Trabalhou junto à empresa TV Globo como Analista de Sistemas, desenvolvendo sistemas para exibição e manipulação de vídeos em alta definição, e com controle de dispositivos.

Ficha Catalográfica

Oliveira, Carlos Vinícius Sousa de

Mapas de Disparidade utilizando Cortes de Grafo e Multi-Resolução / Carlos Vinícius Sousa de Oliveira; orientador: Marcelo Gattass. – Rio de Janeiro : PUC-Rio, Departamento de Informática, 2010.

v., 43 f.: il. ; 29,7 cm

1. Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Informática.

Inclui referências bibliográficas.

1. Informática – Teses. Algoritmo de Estéreo; Cortes de Grafo; Multi-Resolução; Minimização de Energia. I. Gattass, Marcelo. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. III. Título.

Agradecimentos

Aos meus orientadores Professores Marcelo Gattas e Cristina Vasconcelos pelo apoio, compreensão, respeito e incentivo, imprescindíveis para a realização deste trabalho.

À TV Globo e à PUC-Rio pelos auxílios concedidos, sem os quais este trabalho não poderia ter sido realizado.

Ao professor Waldemar pelas suas nunca relutantes exortações.

A Deus que esteve comigo em todo o tempo, sustentou e me deu sabedoria para conduzir minhas responsabilidades.

Aos meus colegas de trabalho Diego Mazala e Algemiro Augusto, pelo apoio e incentivo empenhados durante esta caminhada, essenciais para que eu continuasse até o fim.

Aos meus amigos que se importaram e suportaram a ausência sempre que foi necessário.

Resumo

Oliveira, Carlos Vinícius Sousa de; Gattass, Marcelo. **Mapas de Disparidade utilizando Cortes de Grafo e Multi-Resolução**. Rio de Janeiro, 2010. 43p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Reconstruir a informação 3D de uma cena é uma tarefa bastante comum em Visão Computacional. Uma das técnicas mais utilizadas para realizar esta tarefa é a correspondência por estéreo, que consiste basicamente em, dadas duas imagens referentes a uma mesma cena vista de pontos diferentes, determinar os pontos correspondentes entre essas duas imagens e armazenar essa informação em um mapa de disparidades. Até hoje diversos métodos foram propostos para resolver o problema de estéreo com esforço computacional viável e mantendo a qualidade dos resultados. Essa, entretanto, é uma tarefa bastante árdua e que dificilmente alcança resultados precisos com pouco esforço computacional. Nesse âmbito, uma técnica que tem sido muito estudada são os Cortes de Grafo (Graph Cuts), que almeja resolver o problema de minimização de energia em tempo polinomial. Nesse caso o problema de estéreo é mapeado como um problema de minimização de energia e desta forma solucionado utilizando cortes de grafo. Neste trabalho estudamos as técnicas de cortes de grafo mais recentes e eficientes e propomos um método para a determinação de correspondências entre duas imagens num contexto de multi-resolução, no qual uma pirâmide Gaussiana para as imagens é construída e a técnica de cortes de grafo é aplicada em níveis menores, otimizando a performance e obtendo resultados mais precisos através da utilização do algoritmo de expansão- α . São revisadas as técnicas de cortes de grafo e de multi-resolução e os resultados obtidos são apresentados e avaliados em relação a métodos semelhantes.

Palavras-chave

Algoritmo de Estéreo; Cortes de Grafo; Multi-Resolução; Minimização de Energia.

Abstract

Oliveira, Carlos Vinícius Sousa de; Gattass, Marcelo (Advisor).
Disparity Maps using Graph Cuts with Multi-Resolution.
Rio de Janeiro, 2010. 43p. MSc. Dissertation - Departamento de
Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Reconstructing the 3D information of a scene is a common task in Computer Vision. Stereo matching is one of the most investigated techniques used to perform this task, which basically consists of, given two images of a scene seen from different view points, determining corresponding pixels in these two images and store this information in a disparity map. Several methods have been proposed to solve the stereo problem keeping good performance and giving good quality results. This is however a very arduous task which hardly achieves precise results with low computational power. In this context, the Graph Cuts method has been very much considered, which aims to solve the energy minimization problem in polynomial time. In this case the stereo problem can be modelled as an energy minimization problem and, thus solved using the Graph Cuts technique. In this work we investigate the most recent and efficient Graph Cuts methods and propose a method for establishing the correspondences between two images in the context of multi-resolution, in which a Gaussian pyramid for the input images is built and the Graph Cuts methods is applied in coarser levels, optimizing the performance and getting more precise results through the use of the α -expansion algorithm. The Graph Cuts and multi-resolution techniques are reviewed and the results of the proposed method are presented and evaluated compared to similar methods.

Keywords

Stereo Algorithm; Graph Cuts; Multi-Resolution; Energy Minimization.

Sumário

1	Introdução	10
2	Trabalhos Relacionados	13
2.1	Estéreo	13
2.2	Cortes de Grafo e Multi-Resolução	14
3	Estéreo e Cortes de Grafo	16
3.1	Cortes de Grafo	17
3.2	Algoritmos de Expansão e Troca	19
3.3	Minimização de Energia, Corte Mínimo e Fluxo Máximo	21
4	Multi-Resolução com Cortes de Grafo para Estéreo	23
4.1	Multi-Resolução para Estéreo	23
4.2	Redução do Espaço de Disparidades	26
5	Resultados	32
6	Conclusões e Trabalhos Futuros	39
	Referências Bibliográficas	41

Lista de figuras

1.1	Imagens esquerda e direita e o respectivo mapa de disparidades (01).	11
1.2	Framework do método proposto por Zitnick	11
3.1	Grafo (à esquerda) com 9 pixels a serem classificados e corte em um grafo (à direita). (Reproduzida de (05)).	17
3.2	Tipos de movimento possíveis para uma atribuição de rótulos (a) com três rótulos possíveis: vermelho, verde e azul. De (a) para (b) temos uma troca- $\alpha\beta$ e de (a) para (c) temos uma expansão- α . (Extraída de (04)).	19
3.3	Exemplo de árvores de busca S (em vermelho) e T (verde) contendo nós ativos A e nós passivos P . Os nós brancos restantes são os nós livres. O caminho encontrado está em preto (reproduzido de (03)).	22
4.1	Fluxograma geral do método de Multi-Resolução com Cortes de Grafo para estéreo.	24
4.2	Exemplo de uma pirâmide de imagens. O nível 0 (l_0) representa a imagem original, na escala mais amostrada, enquanto l_{max} a escala menos amostrada.	25
4.3	Reamostragem de um nível menos amostrado l_i para um nível mais amostrado l_{i-1} .	26
4.4	Em (b) a vizinhança de rótulos de (a). Os rótulos em questão (<i>presentes</i>) estão em amarelo. (Reproduzido de (19))	28
5.1	Resultados do método desenvolvido por Kolmogorov (09).	32
5.2	Resultados obtidos com o método desenvolvido por Worby (19).	33
5.3	Resultados obtidos com nosso método usando o algoritmo LDNR.	34
5.4	Avaliação do algoritmo utilizando o conjunto de dados em Middlebury (01).	38

Lista de tabelas

5.1	Resultados obtidos com o método utilizado por Kolmogorov	33
5.2	Resultados obtidos com o nosso método	35
5.3	Resultados obtidos utilizando o método LDNR	35
5.4	Resultados obtidos utilizando o método EL	36
5.5	Resultados obtidos utilizando o método EAC	37
5.6	Tabela comparativa da acurácia obtida em relação a outros métodos	37