



Antonia Lucinelma Pessoa Albuquerque

**Um Modelo para Visualização Estereoscópica
utilizando Webcams**

Tese de Doutorado

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Computação Gráfica do Departamento de Informática da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Computação Gráfica

Orientador: Prof. Rubens Nascimento Melo

Rio de Janeiro
Setembro de 2006



Antonia Lucinelma Pessoa Albuquerque

**Um Modelo para Visualização Estereoscópica
utilizando Webcams**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Computação Gráfica do Departamento de Informática do Centro Técnico Científico da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Computação Gráfica. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Rubens Nascimento Melo

Orientador
Departamento de Informática — PUC-Rio

Prof. Bruno Feijó

PUC-Rio

Prof. Marcelo Dreux

PUC-Rio

Prof. Adailson Peixoto

UFAL

Prof. Patrícia Franca Gardino

UFRJ

Prof. José Eugênio Leal

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico — PUC-Rio

Rio de Janeiro, 1 de Setembro de 2006

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

Antonia Lucinelma Pessoa Albuquerque

Graduou-se em Engenharia Civil na Universidade Federal do Ceará (Fortaleza, CE-Brasil). Especializou-se em estruturas na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Porto Alegre, Brasil) e em Análise de Sistemas na PUC-Rio (Rio de Janeiro, Brasil). cursou o Mestrado em Computação Gráfica na PUC-Rio, enfocando a tecnologia para Cenários Virtuais.

Ficha Catalográfica

Albuquerque, Antonia Lucinelma Pessoa

Um Modelo para Visualização Estereoscópica utilizando Webcams / Antonia Lucinelma Pessoa Albuquerque; orientador: Rubens Nascimento Melo. — Rio de Janeiro : PUC-Rio, Departamento de Informática, 2006.

v., 130 f: il. ; 29,7 cm

1. Tese (doutorado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Informática.

Inclui referências bibliográficas.

1. Informática – Tese. 2. Visualização Estéreo. 3. Interações Virtuais. 4. Presença. 5. Webcam Estereoscópica. 6. Visão Binocular. 7. Estereopsia. I. Melo, Rubens Nascimento. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. III. Título.

CDD: 510

Agradecimentos

A Deus por toda inspiração

Dedico este trabalho à minha mãe e ao meu pai (em memória) e agradeço pelos valores de vida que me conduzem

Ao Prof. Rubens Melo, agradeço sobretudo o apoio e confiança.

Aos professores que contribuíram com o conhecimento e experiência ao longo dos anos.

Agradeço ao laboratório VISGRAF pelas especiais condições de trabalho que me proporcionou, e ao Prof. Luiz Velho pela orientação parcial no doutorado e pela compreensão e apoio concedidos para a conclusão da tese.

A cada AMIGO do VISGRAF pelo convívio, apoio, sugestões, e pela companhia e convivência. A todos os amigos da PUC-Rio.

Ao IMPA e a todos que dele fazem parte, e que em todos estes anos foram uma família.

Um agradecimento especial para Sergio Estevão, Del, Ari, Asla, Dimas, Dion.

Agradeço a colaboração do Sergio Pinheiro na implementação da transmissão, um “manual vivo” de OpenGL; ao Marcelo B. Vieira pela rotina de sincronismo das câmeras; ao Tecgraf/PUC-Rio, na pessoa do Prof. Marcelo Gattass, por fornecer as Webcams para a implementação do trabalho; ao Prof. Paulo Cezar pelo apoio e à Tecnoglasses - Óculos Técnicos e Promocionais, pelos óculos de anaglifo.

À Internet e às interações remotas que fazem parte da minha vida, fonte de inspiração e motivação.

Este trabalho é fruto de grande esforço ao longo destes anos, mas sobretudo resulta do apoio dos amigos.

“Each friend represents a world in us, a world not born until they arrive, and it is only by this meeting that a new world is born”. Anaïs Nin

Resumo

Albuquerque, Antonia Lucinelma Pessoa; Melo, Rubens Nascimento. **Um Modelo para Visualização Estereoscópica utilizando Webcams**. Rio de Janeiro, 2006. 130p. Tese de Doutorado — Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

As comunicações à distância estão crescendo consideravelmente pelo uso de aplicações através da Internet e de ambientes virtuais. Interações sociais e pessoais têm recebido especial enfoque, sobretudo a videoconferência, acarretando uma grande demanda de tecnologia apropriada para esses sistemas. Resultados de pesquisas em Presença, alguns deles obtidos nesta tese, permitiram inferir os quatro pilares da proposta: 1. visualização é muito importante nas interações sociais/pessoais; 2. tecnologia simples pode promover presença social; 3. imagens de câmera são mais satisfatórias do que avatares para algumas interações sociais/pessoais; 4. estereoscopia influencia presença positivamente. Sob a restrição de usar tecnologia simples e de baixo custo, a tese propõe o uso de visualização estereoscópica para webcams, em tempo real. Porque webcams são equipamentos simples com baixa resolução de imagem, a obtenção de um estéreo com qualidade torna-se um desafio. Partindo do princípio que o olho humano não se comporta da mesma forma para ver de perto e de longe, a pesquisa analisou o processamento de estéreo natural do olho humano, e com base em resultados psicofísicos e fisiológicos da visão binocular, a tese propõe um modelo para o processamento de imagens estereoscópicas a serem visualizadas em curta distância, e usa este modelo na implementação apresentada. Os resultados obtidos foram satisfatórios para a visualização de imagens estéreo com webcams, em tempo real, e principalmente, eliminaram a necessidade de reajuste de paralaxe das imagens e do reposicionamento das câmeras a cada movimentação do observador, dando assim mais liberdade de visualização ao observador.

Palavras-chave

Visualização Estéreo. Interações Virtuais. Presença. Webcam Estereoscópica. Visão Binocular. Estereopsia.

Abstract

Albuquerque, Antonia Lucinelma Pessoa; Melo, Rubens Nascimento. **A Model for Stereoscopic Visualization through Webcams**. Rio de Janeiro, 2006. 130p. PhD Thesis — Department of Computer Science, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The improvement of communication among remotely located people constitutes a very comprehensive prominent subject nowadays. Among applications to attain this goal, some aim to support social and personal interactions to meet partners, friends and family in distance. Presence research results, some obtained as part of this thesis, allowed to infer the four pillars of the proposal: 1. visualization is very important in social/personal interactions, mainly when people have close social/personal relationship; 2. simple technology can afford social presence; 3. camera images are more satisfactory than avatars during some social/personal interactions; 4. stereoscopy influences presence positively. Under the constraint of using simple technology without adding any special hardware to a PC system, the thesis proposes the use of stereoscopy through webcams, in real-time, as one solution to add 3D features to camera images. Since webcams are simple equipments with low resolution, to obtain stereo images in good quality is a challenge. Considering the fact that human eyes treat short and long distance in a different way, this research analysed the natural stereo processing of human eye, and based on psychophysical and physiological features of binocular vision, the thesis proposes a model to process stereoscopic images to be visualized in short distance, and implemented it as a proof of concept. The obtained results are satisfactory for stereoscopic images visualization through webcams, in real-time, and mainly, eliminated the need of adjusting images parallax and cameras position for each viewer's movement, allowing more freedom to the viewer.

Keywords

Stereoscopic Visualization. Virtual Interactions. Presence. Stereoscopic Webcam. Binocular Vision. Stereopsis.

Sumário

1	Introdução	12
1.1	Objetivo	14
1.2	Motivação	15
1.3	Contribuições	15
1.4	Estrutura da Tese	16
2	Tecnologias para interações virtuais	18
2.1	Tecnologias	19
2.2	Plataformas para ambientes virtuais	23
2.3	Discussão	33
3	A área de Presença	36
3.1	Conceitos de Presença	37
3.2	Fatores de presença	39
3.3	Projetos de Computação Gráfica com uma abordagem de Presença	44
3.4	A motivação a partir da pesquisa em Presença	46
3.5	Embasamento da proposta	49
4	Webcam Estereoscópica - uma nova abordagem	52
4.1	Uma nova abordagem	52
4.2	Técnicas de visualização estereoscópica	53
4.3	Geometria do modelo convencional	56
5	O estéreo natural e o modelo de estéreo proposto	66
5.1	Conceitos Básicos da visão	66
5.2	Geometria da visão binocular	74
5.3	Horopter	78
5.4	Experimentos psicofísicos	82
5.5	Um Modelo para visualização estereoscópica em curta distância	85
5.6	A geometria do modelo proposto	89
5.7	Compensando as distorções	97
5.8	Diagrama de transmissão do vídeo estéreo	101
6	Implementação e Análise dos Resultados	102
6.1	Processamento	102
6.2	Hardware utilizado	103
6.3	Interface do visualizador	104
6.4	Imagens estéreo resultantes	107
6.5	Análise dos Resultados	113
7	Conclusões e Trabalhos Futuros	116
7.1	Diretrizes para novas pesquisas	118
	Referências Bibliográficas	120

Glossário	125
Publicações da Tese	130

Lista de figuras

1.1	Algumas áreas interligadas à pesquisa em Presença	13
2.1	Worlds Chat Space	24
2.2	ActiveWorlds 3D Chat - Avatares (28)	25
2.3	Construções ao longo dos eixos Norte-Sul e o equador do AlphaWorld (28)	26
2.4	Moove Roomancer	27
2.5	TV Interativa - protótipo	28
2.6	Treinamento Virtual	29
2.7	iSpQ - Quatro pessoas em vídeochat (44)	30
2.8	Tela do MSN para conversação (11)	31
2.9	A mesa de conferência	32
2.10	Telas de exibição e um conjunto horizontal de câmeras	34
3.1	Presença Física, Presença Social e algumas mídia (26)	38
3.2	Tabela de sentidos e modalidades correspondentes	41
3.3	Experimento usando imagens estéreo	43
3.4	Condição visual de sketchy - silhueta das pessoas	44
3.5	Presença vs. Experiência mediada	49
3.6	Relacionamento entre os parâmetros de Presença	49
4.1	Paralaxe na tela de visualização	57
4.2	Transformações de coordenadas	57
4.3	Modelo de câmeras paralelas para o estéreo computacional	58
4.4	Translação horizontal das imagens esquerda e direita	58
4.5	Modelo de câmeras convergentes	59
4.6	Teclas para controle dos parâmetros de estéreo (12)	60
4.7	Curvatura do plano de profundidade (62)	62
4.8	Cisalhamento - câmeras paralelas (62)	62
4.9	Paralaxe vertical causado por keystone (62)	63
5.1	Diagrama do olho humano (45)	67
5.2	Campo visual	68
5.3	Medidas de ângulos visuais conhecidos (16)	69
5.4	Densidade aproximada de cones e bastonetes (16)	70
5.5	Graus do ângulo visual (16)	70
5.6	Processos para percepção de profundidade	72
5.7	Informação de profundidade a partir da convergência (46)	72
5.8	Convergência como uma função da distância (46)	74
5.9	Disparidade binocular	75
5.10	Área de Panum e excentricidade da retina (57)	77
5.11	O horopter AFPP (10)	79
5.12	Círculo de Vieth-Müller	80
5.13	Horopter com fixação assimétrica (57)	81
5.14	Curva 3D do Horopter (42)	82

5.15	O horopter e a área de Panum (20)	83
5.16	Método para medir o horopter Nonius (10)	83
5.17	O método do horopter AFPP (10)	84
5.18	O desvio de Hering-Hillebrand (10)	85
5.19	Webcams posicionadas lateralmente em relação ao observador	86
5.20	Imagens laterais das câmeras 1 e 2	86
5.21	Webcams posicionadas em frente ao observador	86
5.22	Duas geometrias, variando o posicionamento das câmeras	87
5.23	O paradigma do usuário como observador-objeto	88
5.24	Diagrama do Modelo Estéreo Proposto	89
5.25	Espaço das câmeras e o VMC	90
5.26	Espaço do observador e o VMC	91
5.27	4 transformações geométricas	94
5.28	O display virtual não-planar - <i>DVNP</i>	95
5.29	Câmera virtual e observador	95
5.30	O olho ciclópico do observador	96
5.31	Escala dos ângulos de rotação	98
5.32	Observador movendo-se em x	99
5.33	Observador movendo em z	100
5.34	Diagrama de transmissão do vídeo estéreo	101
6.1	Par de câmeras web e PC Pentium4	103
6.2	Interface do programa	104
6.3	<i>StereoVideoChat</i>	105
6.4	ZDL do espaço das câmeras	106
6.5	<i>DVNP</i> em diferentes tomadas da câmera virtual	107
6.6	Convencional requer ajustes	108
6.7	Métodos: Convencional, Módulo1 e Módulo2, respectivamente	109
6.8	Módulo1 e Módulo2	109
6.9	Módulo1 e Módulo2	110
6.10	Módulo1 e Módulo2	110
6.11	Cisalhamento	111
6.12	Diferentes planos de profundidade	111
6.13	Perspectiva e planos de profundidade	112
6.14	Compensação do keystone	113

Nota

A maioria das referências bibliográficas usadas neste trabalho, tanto livros quanto artigos, estão em inglês. Naturalmente, no decorrer dos anos formou-se uma terminologia técnica, em inglês, das áreas abordadas na tese. A tradução de alguns destes termos para o português, já largamente usados em inglês, ao invés de contribuir para esclarecer poderiam dificultar ou causar uma perda de significado, não acrescentando vantagens a este trabalho. Por isso optei por manter alguns termos em inglês ao longo do texto, e ter explicações específicas sempre que necessário.