

Felipe Gomes de Carvalho

**HybridDesk - Uma Abordagem para Transições
entre Interfaces em um Sistema Híbrido
Semi-Imersivo**

Tese de Doutorado

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

Orientador : Prof. Alberto Barbosa Raposo

Co-Orientador: Prof. Marcelo Gattass

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2009



Felipe Gomes de Carvalho

**HybridDesk - Uma Abordagem para Transições
entre Interfaces em um Sistema Híbrido
Semi-Imersivo**

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

Prof. Alberto Barbosa Raposo

Orientador

Departamento de Pós-Graduação em Informática — PUC-Rio

Prof. Marcelo Gattass

Co-Orientador

Departamento de Pós-Graduação em Informática — PUC-Rio

Prof. José Eugenio Leal

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico — PUC-Rio

Rio de Janeiro, 13 de Fevereiro de 2009

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

Felipe Gomes de Carvalho

Possui graduação em Bacharelado em Processamento de Dados pela Universidade Federal do Amazonas (2001) e mestrado em Informática pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (2004). Atualmente pertence ao Grupo de Computação Gráfica - Tecgraf da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Visualização 3D, Interação 3D, Realidade Virtual, Realidade Aumentada, Desenvolvimento de Dispositivos Não-convencionais e Visão Computacional.

Ficha Catalográfica

Carvalho, F.G.

HybridDesk - Uma Abordagem para Transições entre Interfaces em um Sistema Híbrido Semi-Imersivo / Felipe Gomes de Carvalho; orientador: Alberto Barbosa Raposo; co-orientador: Marcelo Gattass. — Rio de Janeiro : PUC-Rio, Departamento de Pós-Graduação em Informática, 2009.

v., 11 f: il. ; 29,7 cm

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

Inclui referências bibliográficas.

1. Pós-Graduação em Informática – Tese. 2. Interfaces de Transição. 3. Dispositivos de Interação. 4. Interação 3D. 5. Interfaces Híbridas. 6. Realidade Virtual. 7. Continuidade. I. Raposo, A.B.. II. Gattass, M.. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Pós-Graduação em Informática. IV. Título.

CDD: 004

Agradecimentos

Primeiramente a Deus por ter me dado paciência e perseverança para conseguir alcançar este objetivo.

Aos meus orientadores Professores Alberto Barbosa Raposo e Marcelo Gattass pelo apoio, simpatia de sempre, e incentivo para a realização deste trabalho.

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

Aos meus colegas da PUC-Rio, quem me fizeram adorar esse lugar.

Aos meus pais e meus irmãos que sempre me apoiaram durante todo este trabalho.

Ao amigo Peter Hohl pela ajuda intensiva durante a montagem da estrutura da HybridDesk.

À professora Daniela Gorski Trevisan que ajudou muito na fase final da tese com apoio e conselhos importantíssimos.

Ao pessoal do Tecgraf na ajuda, em particular a Manuel Loaiza, Lucas Texeira, Gustavo Wagner, Cristina Nader, Luciano Soares, Thiago Bastos, Flávio Szenberg, Cesar Palomo, Aurélio Moraes, Eduardo Telles, Marcus Alencar, Luciana Lima, Peter Dam, Guilherme Cerqueira, Carolina Vital entre outros. Ao designer de produtos Heleno por ter ajudado com idéias importantes.

À Petrobras através do Ismael Santos e Luciano Reis que apoiaram e ajudaram no trabalho.

À *Absolut Technologies* (<http://www.abs-tech.com/>) por ter cedido alguns projetores e o sistema de rastreamento 3D. À *Da-lite Company* (www.da-lite.com) por ter doado as 4 telas de projeção que foram utilizados no hardware desenvolvido.

Resumo

Carvalho, F.G.; Raposo, A.B.; Gattass, M.. **HybridDesk - Uma Abordagem para Transições entre Interfaces em um Sistema Híbrido Semi-Imersivo**. Rio de Janeiro, 2009. 161p. Tese de Doutorado — Departamento de Pós-Graduação em Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

As interfaces pós-WIMP (Windows, Icon, Menu and Pointer) estão trazendo novas modalidades de interação e, conseqüentemente, novos dispositivos de entrada e saída. Boa parte destas novas interfaces ainda estão amadurecendo questões relacionadas a uma definição mais clara de um domínio de aplicação e um arranjo tecnológico adequado para isto. O estudo da relação das propriedades dos dispositivos de interação e a influência destas propriedades na realização das tarefas 3D (navegação, manipulação e seleção) constitui um dos fatores para identificação de arranjos mais propícios para execução dessas tarefas. Entretanto, em um âmbito mais global, cada tarefa pode ser decomposta em sub-tarefas, cuja demanda tecnológica pode vir a ser um desafio, pois gera a necessidade da criação de múltiplos ambientes de interação, bem como a transição entre os mesmos. Estas transições são importantes, pois podem tanto orientar como desorientar o usuário durante a realização de uma tarefa. Assim, a presente tese tem por objetivo propor um arranjo tecnológico que, além de buscar integrar as vantagens de ambientes de interação distintos, visa explorar as interações transacionais entre eles, investigando as propriedades de design (congruência dimensional e propriedades de continuidade) durante a realização de uma tarefa de anotação 3D. Para atingir tal objetivo foi desenvolvido um ambiente semi-imersivo composto de 3 ambientes de interação através de uma composição de dispositivos de interação contemplando as tarefas de edição textual (2D), navegação e manipulação (3D). Considerando que a tarefa de anotação 3D propicia a transição entre os ambientes interativos, um estudo exploratório foi realizado com usuários para investigar o comportamento da interação durante essas transições, identificando a influência das propriedades de design discutidas nesse trabalho.

Palavras-chave

Interfaces de Transição. Dispositivos de Interação. Interação 3D. Interfaces Híbridas. Realidade Virtual. Continuidade.

Abstract

Carvalho,F.G.; Raposo,A.B.(Advisor); Gattass, M.. **HybridDesk - An Approach for Transitions between Interfaces in Semi-Immersive Hybrid System**. Rio de Janeiro, 2009. 161p. DSc Thesis — Departamento de Pós-Graduação em Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The post-WIMP (Windows, Icons, Menu and Pointer) user interfaces are bringing new interaction modalities and the use of new input and output devices. Many of these new interfaces are not yet mature and issues related with a clear definition of an application context and technological requirements are still under investigation. The study of the relationship of the properties of interaction devices and their influence on the performance of 3D tasks (navigation, manipulation, and selection) is an important factor to identify adequate setups for carrying out these tasks. However, in a broader context, each task can be decomposed into sub-tasks which technological demands can be a challenge, since it requires multiple interaction environments, as well as transitions between them. These transitions are relevant because they can either orient or disorient the user during the overall task execution. Thus, this thesis aims to propose a technological setup (a set of interaction devices) to integrate the advantages of different functional environments. The transitional interactions between them are explored by investigating the design properties (dimensional congruency and properties of continuity) during the 3D annotation task execution. In order to achieve such a goal, a semi-immersive environment composed of 3 functional environments was developed. That composition includes a set of devices enabling the tasks of text edition (2D), navigation and manipulation (3D). Assuming that 3D annotation forces transitions between the integrated functional spaces, an exploratory study was conducted with users to investigate the behavior of interaction during these transitions by identifying the influence of the design properties discussed in this work.

Keywords

Transitional Interfaces. Interaction Devices. 3D Interaction. Hybrid User Interfaces. Virtual Reality. Continuity.

Sumário

| | |
|---|------------|
| Lista de Abreviações | 13 |
| 1 Introdução | 14 |
| 1.1 Novas Modalidades de Interação | 18 |
| 1.2 Motivação | 26 |
| 1.3 Proposta | 28 |
| 1.4 Contribuição | 31 |
| 1.5 Organização | 33 |
| 2 Conceitos Preliminares | 34 |
| 2.1 Espaços de Imagem e Estilos de Interação 3D | 34 |
| 2.2 Dispositivos de Entrada | 36 |
| 2.3 <i>Displays</i> | 39 |
| 2.4 Tarefas e Técnicas de Interação 3D | 52 |
| 2.5 Interfaces Híbridas de Transição e Continuum da Realidade Mista | 56 |
| 2.6 Continuidade | 57 |
| 3 Trabalhos Relacionados | 59 |
| 3.1 Interfaces Híbridas | 59 |
| 3.2 Influência dos Dispositivos nas Tarefas de Interação 3D | 68 |
| 3.3 Interfaces de Transição | 81 |
| 3.4 Continuidade | 83 |
| 3.5 Congruência Dimensional | 84 |
| 3.6 Exibição de Informação e Anotações | 84 |
| 4 <i>HybridDesk</i> - Concepção e Implementação | 89 |
| 4.1 Análise da tarefa de Anotação 3D | 90 |
| 4.2 Arranjo Tecnológico - Protótipo Inicial | 92 |
| 4.3 Arranjo Tecnológico - Protótipo Atual | 98 |
| 4.4 Interações de Transição e Continuidade | 112 |
| 4.5 Implementação | 117 |
| 5 Estudo Exploratório | 119 |
| 5.1 Metodologia | 120 |
| 5.2 Resultados e discussão | 124 |
| 6 Conclusão | 134 |
| 6.1 Trabalhos Futuros | 136 |
| Referências Bibliográficas | 138 |
| A Estereoscopia | 151 |
| A.1 Percepção de Profundidade | 151 |
| A.2 Estereoscopia no Computador | 154 |
| A.3 Paralaxe | 156 |

| | | |
|---|---|-----|
| B | Termo de Consentimento | 159 |
| C | Questionário de Satisfação | 160 |
| D | Questionário de usabilidade das transições do sistema | 161 |

Lista de figuras

| | | |
|------|--|----|
| 1.1 | Uso de pilhas no desktop virtual. | 15 |
| 1.2 | Representações no desktop virtual cada vez mais fiéis às representações do desktop real. | 16 |
| 1.3 | <i>Desktop</i> transformado em um Escritório Real. | 17 |
| 1.4 | Recursos para organizar janelas espacialmente. | 18 |
| 1.5 | Múltiplos Monitores. | 19 |
| 1.6 | Típica disposição de documentos em uma mesa de escritório. | 19 |
| 1.7 | Escritori (AshdownR05). | 20 |
| 1.8 | <i>TUI - Reactable Project</i> ⁶ . | 21 |
| 1.9 | <i>Continuum</i> de Interfaces Digital-Virtual-Real (Molina08). | 23 |
| 1.10 | <i>Continuum</i> - Realidade Mista (MilgramK94). | 24 |
| 1.11 | <i>Hybrid User Interfaces Design</i> . | 25 |
| 1.12 | Anotações em um modelo CAD. | 27 |
| 1.13 | Visão geral do HybridDesk. | 29 |
| 1.14 | MiniCave - Ambiente Imersivo para tarefa de navegação. | 30 |
| 1.15 | <i>Reachin Display</i> - Ambiente para tarefas de manipulação local. | 30 |
| 1.16 | WIMP. | 31 |
| 1.17 | <i>Workspace</i> construído: HybridDesk. | 32 |
| 2.1 | <i>CYCLOPE</i> ⁷ optical tracker. | 38 |
| 2.2 | <i>Wanda</i> ⁸ . | 38 |
| 2.3 | <i>Data Glove 5 Ultra</i> ⁹ . | 39 |
| 2.4 | Monitor CRT com estereoscopia através do uso de óculos <i>estéreo</i> ¹⁰ . | 44 |
| 2.5 | <i>Workbenches</i> . | 45 |
| 2.6 | <i>Hemispherical Displays - VisionStation</i> ¹³ . | 46 |
| 2.7 | <i>Cave</i> ¹⁴ . | 46 |
| 2.8 | <i>Panoramic display</i> (Kjeldskov01). | 47 |
| 2.9 | <i>Reachin Displays</i> (MulderL02). | 48 |
| 2.10 | <i>HMD - Head-Mounted Display</i> . | 49 |
| 2.11 | <i>HMDs</i> para Realidade Aumentada. | 50 |
| 2.12 | <i>BOOMs</i> . | 51 |
| 2.13 | <i>HandHelds Displays</i> . | 52 |
| 2.14 | <i>WIM - World-in-Miniature</i> (PauschBBW95). | 52 |
| 2.15 | <i>Go-go technique</i> (PoupyrevBWI96). | 54 |
| 2.16 | Digitação sem o uso de teclados - <i>KITTY Project</i> (KuesterMPC05). | 55 |
| 3.1 | Aumento da área de trabalho do <i>Desktop</i> utilizando <i>HMD</i> (FeinerS91). | 59 |
| 3.2 | <i>Office of the Future</i> (RascarWC98). | 60 |
| 3.3 | <i>Augmented Surfaces</i> (RekimotoS99). | 61 |
| 3.4 | <i>Emmie Project</i> (ButzH99). | 61 |
| 3.5 | Interface híbrida usando um <i>Reachin Display</i> . | 62 |
| 3.6 | Ambiente híbrido para tarefas de modelagem (NakashimaMKT05). | 63 |
| 3.7 | Manipulação de dados médicos utilizando interações 2D e 3D (BornikBKRS06). | 64 |

| | | |
|------|--|-----|
| 3.8 | <i>MagicMeeting</i> (RegenbrechtWB02). | 64 |
| 3.9 | Gestos como forma de interação para transferência de visualização entre <i>displays</i> (BenkolF05). | 65 |
| 3.10 | Organização de documentos utilizando luvas e visualização estereoscópica (BaumgartnerED07). | 66 |
| 3.11 | Realidade Virtual Imersiva usando <i>HMD</i> para uma interface híbrida em um desktop (CarvalhoRG07, CarvalhoRG07b). | 67 |
| 3.12 | <i>HMD</i> para <i>VR</i> e Projeções utilizadas em conjunto (IlieLWLFC04). | 68 |
| 3.13 | <i>HMD</i> para <i>AR</i> e Projeção com estereoscopia (LeeYKYK07). | 69 |
| 3.14 | <i>DeskCave</i> (AchtenJV04). | 70 |
| 3.15 | <i>CAVE Desktop-Based Interaction</i> . | 71 |
| 3.16 | <i>3D scatterplot</i> . | 72 |
| 3.17 | Exploração Visual de objetos por meio de manipulação usando <i>CAVE</i> e <i>FishTank display</i> . | 74 |
| 3.18 | Exploração Visual de dados Volumétricos usando diferentes <i>displays</i> . | 75 |
| 3.19 | Arranjo de Monitores (LesselsR04). | 76 |
| 3.20 | <i>Arcturus Display</i> (CzerwinskiTR02). | 77 |
| 3.21 | <i>Personal Surround Display</i> (RaymaekersBWC05). | 77 |
| 3.22 | <i>Displays</i> diferentes com o mesmo <i>FOV</i> para o usuário (TanGSP06). | 78 |
| 3.23 | Mesma técnica de interação avaliada em <i>displays</i> diferentes (BowmanBM07). | 79 |
| 3.24 | <i>MagicBook</i> (ButzH99). | 82 |
| 3.25 | Exemplo de descrição de uma interface de transição (GrassetLB06). | 82 |
| 3.26 | Informações exibidas de duas formas: a figura de cima mostra em 3D e a outra em 2D (HarveyJOC01). | 85 |
| 3.27 | Anotações em vídeos. | 86 |
| 3.28 | Recurso da transparência sendo usado nas anotações (RitterSHS03). | 87 |
| 3.29 | <i>Microsoft Photosynth</i> ¹⁹ . | 88 |
| 3.30 | Uso de diferentes valores de transparência para codificar o tempo visualmente (BrenneckeSS07). | 88 |
| 4.1 | Três ambientes para a realização da anotação 3D. | 93 |
| 4.2 | Dispositivos utilizados no protótipo inicial | 94 |
| 4.3 | Alguns passos para a realização da anotação 3D. | 95 |
| 4.4 | Uso de transparências como indicador de potenciais colisões. | 96 |
| 4.5 | Os três ambientes interativos do Protótipo Inicial. | 97 |
| 4.6 | Concepção ilustrada por uma maquete virtual. | 99 |
| 4.7 | Estrutura de madeira do <i>workplace</i> . | 99 |
| 4.8 | Componentes da <i>MiniCave</i> . | 100 |
| 4.9 | Espelho Lateral. | 101 |
| 4.10 | Projetores e Espelhos. | 102 |
| 4.11 | Câmeras do sistema de <i>tracking</i> ótico posicionadas para cobrir o espaço interno da <i>MiniCave</i> . | 102 |
| 4.12 | Sistema de Trilhos. | 103 |
| 4.13 | Acessórios para interação no <i>workspace</i> . | 103 |
| 4.14 | Resolução do desktop : 2400x600 e 3072x768. | 104 |
| 4.15 | Saídas de vídeo do <i>workspace</i> . | 104 |
| 4.16 | Geração das imagens das 4 câmeras virtuais para a <i>MiniCave</i> . | 105 |

| | | |
|------|--|-----|
| 4.17 | Composição das projeções na MiniCave. | 105 |
| 4.18 | Dispositivos utilizados em cada ambiente e as trocas necessárias durante as transições. | 106 |
| 4.19 | <i>Wand</i> virtual acompanhando os movimentos da <i>Wand</i> real. | 107 |
| 4.20 | <i>VR Nav</i> . | 107 |
| 4.21 | Raio partindo da representação virtual da <i>Wand</i> . | 108 |
| 4.22 | Ambiente para manipulação de objetos virtuais inspirado nos <i>Reachin Displays</i> e <i>FishTank</i> | 110 |
| 4.23 | <i>VR Manip</i> . | 111 |
| 4.24 | Ícone 3D na <i>ponta</i> da <i>Wand</i> durante o uso do <i>VR-Manip</i> . | 112 |
| 4.25 | Eventos que disparam as transições entre os ambientes de interação. | 113 |
| 4.26 | Animação para indicar a movimentação do <i>LCD</i> para dentro da MiniCave. | 114 |
| 4.27 | Animação para indicar a movimentação do <i>LCD</i> para fora da MiniCave. | 114 |
| 4.28 | Indicação de um ícone 3D como um dos requisitos para ir ao ambiente <i>WIMP</i> . | 115 |
| 4.29 | Esquema das propriedades da continuidade no <i>HybridDesk</i> . | 116 |
| 4.30 | Esquema das transições do <i>HybridDesk</i> numa adaptação do modelo formal de (GrassetLB06, GrassetLB05). | 117 |
| 5.1 | Execução do estudo ilustrado no modelo de Grasset. (GrassetLB06, GrassetLB05). | 124 |
| 5.2 | Resultados do Questionário de Usabilidade. | 126 |
| 5.3 | Tempo nas transições entre <i>VR-Nav</i> e <i>VR-Manip</i> para o <i>WIMP</i> e vice-versa. | 127 |
| 5.4 | Continuidade nas Transições. | 130 |
| 5.5 | Tempo total gastos nos ambientes e nas transições. | 130 |
| 5.6 | Grau de Satisfação. | 131 |
| 5.7 | Sequência de passos para a execução das tarefas 1 e 2. | 132 |
| 5.8 | Sequência de passos para a execução da tarefa 3. | 133 |
| A.1 | Dicas fisiológicas para percepção (Stereoscopy07). | 151 |
| A.2 | Perspectiva. | 152 |
| A.3 | Iluminação. | 153 |
| A.4 | Oclusão. | 153 |
| A.5 | Sombra. | 153 |
| A.6 | Esquema de estereoscopia para computador. | 154 |
| A.7 | Estéreo Anaglifo. | 155 |
| A.8 | Sistema para estéreo passivo por polarizador. | 155 |
| A.9 | Estéreo Ativo. | 156 |
| A.10 | Tipos de Paralaxe. | 157 |
| A.11 | Efeito estereoscópico com paralaxe positiva com distâncias diferentes do observador à tela. | 158 |
| A.12 | Efeito estereoscópico com paralaxe negativa com distâncias diferentes do observador à tela. | 158 |
| C.1 | System Usability Scale (Brooke96). | 160 |

Lista de tabelas

- 5.1 Transições, funcionalidades e eventos envolvidos nas interações de transição inter ambientes durante a realização das tarefas. 125

Lista de Abreviações

2DUI - 2D User Interface
3DIt - 3D Interaction Techniques
3DT - 3D Tasks
3DUI - 3D User Interface
AIS - Apparent Image Space
AR - Augmented Reality
AV - Augmented Virtuality
BOOM - Binocular Omni-Orientation Monitor
CAD - Computer Aided Design
CRT - Cathode Ray Tube
DOF - Degree of Freedom
FOR - Field of Regard
FOV - Field of View
FPS - Frames Per Second
GUI - Graphics User Interface
HDS- Hybrid Display Systems
HMD - Head Mounted Displays
HUI - Hybrid User Interface
IPT - Immersive Projection Technologies
LCD - Liquid Crystal Display
MRS - Mixed Reality Systems
PIS - Planar Image Space
PSS - Personal Space Station
SUS - System Usability Scale
TUI - Tangible User Interfaces
VR - Virtual Reality
VE - Virtual Environment
VIS - Virtual Image Space
WIMP - Windows, Icons, Menu and Pointer
WIM - World-in-Miniature