

Um Ambiente de Baixo Custo para Aplicações de Realidade Virtual e Aumentada

Paulo Correia
Moreira
Univ. de Aveiro
a19969@alunos.
det.ua.pt

Mário Cruz
Univ. de Aveiro
a23487@alunos.
det.ua.pt

Paulo Dias
DET / IEETA – Univ.
de Aveiro
paulo.dias@det.
ua.pt

Paulo Martins
Univ. de Aveiro
a21097@alunos.
det.ua.pt

Rui Gomes
Univ. de Aveiro
a22282@alunos.
det.ua.pt

Joaquim Madeira
DET / IEETA – Univ.
de Aveiro
jmadeira@det.
ua.pt

Manuel Bernardo
Cunha
DET / IEETA – Univ.
de Aveiro
mbc@det.ua.pt

Beatriz Sousa
Santos
DET / IEETA – Univ.
de Aveiro
bss@det.ua.pt

Sumário

Apesar da sua crescente importância, as aplicações dos ambientes de Realidade Virtual e/ou Aumentada têm sido, de algum modo, ainda limitadas quer pelo custo das tecnologias que lhes são habitualmente associadas, quer pela inexistência de técnicas de interacção apropriadas. Nesta comunicação são descritos os esforços desenvolvidos para a criação de um ambiente de custo reduzido que permite a investigação e o desenvolvimento de aplicações em Realidade Virtual e Aumentada.

A utilização de um “Head-Mounted Display” e de sensores de orientação e de aceleração, conjugados com “toolkits” gráficos de domínio público, permitiram o desenvolvimento da arquitectura de um primeiro protótipo e a rápida implementação de ambientes virtuais, bem como o teste de diferentes métodos de navegação. A posterior adição de uma câmara de vídeo passou a permitir, também, a criação de ambientes aumentados do tipo “video see-through” e com algum grau de interacção.

Palavras-Chave

Realidade Virtual, Realidade Aumentada, Navegação, Interacção

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de ambientes de Realidade Virtual ou Aumentada requer a utilização de componentes de *hardware* muito específicos, com destaque para os “*Head-Mounted Displays*” e sensores associados. A disponibilidade deste tipo de equipamento a um preço acessível veio diminuir a fasquia de entrada para a investigação e o desenvolvimento de aplicações nestas áreas. Ao conjugar este factor com a existência de bibliotecas e ferramentas de programação gráfica livremente disponíveis, que diminuem o esforço de desenvolvimento, permitindo a criação rápida de protótipos, torna-se possível conceber uma plataforma de custo reduzido, mas com todas as capacidades necessárias, para investigação e desenvolvimento nos domínios da Realidade Virtual e Aumentada.

Nesta comunicação é descrito o trabalho realizado¹ com o fim de, numa primeira fase, criar um protótipo de uma aplicação genérica para exploração de modelos tridimensionais em Realidade Virtual, utilizando um “*Head-Mounted Display*” e sensores de orientação e de aceleração. A adição de uma câmara de vídeo permitiu, numa segunda fase, o desenvolvimento de um protótipo de um ambiente de Realidade Aumentada do tipo “*video see-through*”, e o teste de técnicas de interacção baseadas no reconhecimento da posição de marcadores.

O trabalho realizado conduziu assim ao desenvolvimento de um sistema de baixo custo que permite quer a concepção rápida de cenários de utilização de ambientes de Realidade Virtual ou Aumentada, quer o teste de técnicas de navegação e interacção nesses cenários.

¹ No âmbito da disciplina de Projecto do 5º ano da Lic. em Engenharia de Computadores e Telemática, da Universidade de Aveiro.

2. REALIDADE VIRTUAL

A concepção de aplicações para Realidade Virtual é um processo complexo [vanDam00]. O objectivo de proporcionar ao utilizador uma experiência sensorial imersiva num ambiente artificial depende dos componentes de *hardware* e *software* que lhe estão associados, pois é por seu intermédio que se influenciam os sentidos, e se consegue interagir com o ambiente e os objectos nele definidos. Para criar esta sensação de imersão e presença são habitualmente usados dispositivos de visualização como os “*Head-Mounted Displays*” (HMD), sensores de diversa natureza e função, e dispositivos de interacção como as “*cybergloves*”, entre outros [SallesDias04].

2.1 Equipamento

Na circunstância do protótipo desenvolvido, foi usado um HMD *i-glasses SVGA Pro* [ISense] capaz de uma resolução de 800x600 *pixels*, um sensor de orientação (“*tracker*”) *InterTrax 2* da *InterSense* [ISense] com três graus de liberdade (“*yaw*”, “*pitch*” e “*roll*”) e um sensor de aceleração estática e dinâmica em três eixos ortogonais, construído a partir de um sensor LIS3L02AQ da *STMicroelectronics* [STMicroelectronics] e de um micro-controlador PIC18F458 da *Microchip* [Microchip].

A comunicação destes equipamentos com o computador realiza-se com fios, sendo no caso do HMD por intermédio de uma interface VGA, do “*tracker*” pela porta USB e do acelerómetro pela porta série RS-232. As características do PC utilizado são um processador *Pentium 4* a 3GHz, 1GB de memória RAM, e uma placa gráfica *GeForce FX 5950 Ultra* com 256MB de memória.



Fig. 1: HMD com sensor de orientação e micro câmara

2.2 Software

Para o desenvolvimento do protótipo do ambiente de Realidade Virtual utilizou-se uma arquitectura modular baseada no modelo de programação orientado a objectos, permitindo gerir de uma melhor forma a complexidade existente, oriunda essencialmente do fornecimento e controlo de dados de diversas fontes.

Para o processamento e a representação dos modelos tridimensionais utilizou-se a “*Visualization Toolkit*”

[VTK]. Esta ferramenta revelou ser útil na implementação de aplicações desta natureza por oferecer diferentes funcionalidades para a manipulação e visualização de dados tridimensionais, importação de modelos e interacção com dispositivos.

No tocante à comunicação com os dispositivos, esta foi, com o “*tracker*”, efectuada recorrendo ao “*driver*” fornecido pelo fabricante, com o acelerómetro, recorrendo a um protocolo simples com a porta série, e relativamente ao HMD, não foi necessário nenhum método específico, sendo as imagens enviadas para o mesmo através da interface VGA da placa gráfica.

2.3 Ambientes

Como já foi mencionado, e como a designação Realidade Virtual alude, os ambientes em aplicações deste género são artificiais. Para que possam ser gerados e exibidos é necessário descrever os modelos tridimensionais que compõem as cenas nas quais o utilizador se movimentava num formato específico, conhecido pela aplicação.

No caso do protótipo desenvolvido foi escolhido o formato VRML 2.0, por ser um formato padrão para envio de modelos pela *Web*. Muito embora a capacidade de interpretar ficheiros VRML 2.0 exista na biblioteca VTK, esta não permite a leitura das texturas dos modelos. Assim, foi implementada de raiz uma biblioteca que permite ler não só a informação geométrica mas também as texturas dos modelos tridimensionais dos ficheiros VRML 2.0, convertendo esta informação no formato nativo da VTK.

2.4 Navegação

A navegação é um inevitável requisito num ambiente de Realidade Virtual, sendo uma componente fundamental para a sensação de presença e imersão. De modo a que esta imersão seja conseguida, é necessária a existência de componentes sensoriais no ambiente, através de dispositivos de entrada e saída.

No caso do sistema desenvolvido, a navegação foi considerada como sendo definida por informação de orientação e de posicionamento, fornecida por dispositivos distintos. Para a orientação, o dispositivo é o sensor de orientação (“*tracker*”) colocado sobre o HMD e, para o posicionamento, o dispositivo que auxilia o utilizador a deslocar-se pelo mundo virtual é o acelerómetro.

2.4.1 Orientação

A orientação é conseguida por intermédio do “*tracker*”, que permite uma correlação entre os movimentos da cabeça de o utilizador e a representação da cena pretendida, permitindo que o utilizador consiga olhar à sua volta com as imagens correspondentes a serem reproduzidas no HMD. Esta correlação entre o real e o virtual é conseguida graças aos três graus de liberdade (“*yaw*”, “*pitch*” e “*roll*”) de que o *tracker* é munido, possibilitando um levantamento real de quaisquer possíveis movimentos da cabeça do utilizador.

2.4.2 Posicionamento

Por forma a tornar a experiência intuitiva, foram concebidos quatro modos de navegação que permitem um comportamento o mais aproximado possível do real, tendo em conta os dispositivos utilizados.

O primeiro método caracteriza-se por o utilizador se deslocar apenas sobre um plano, e só em direcções paralelas aos eixos coordenados que o definem, independentemente da orientação do HMD. O segundo método permite que o utilizador se desloque na direcção (e segundo o sentido) de orientação do HMD, i.e., segundo a direcção de projecção. O terceiro método, tem as mesmas características do anterior, mas não contempla a componente da altura do vector que define a direcção de projecção.

Por último, foi concebido um método que agrega os modos de navegação acima. Assim, a direcção e sentido do movimento é definida pela orientação que o utilizador tem quando se encontra imóvel. Quando em movimento (sobre um plano), o utilizador poderá olhar à sua volta sem que a sua direcção e sentido de movimento sejam alterados.

Como já foi mencionado, o acelerómetro é o dispositivo utilizado para controlar o deslocamento do utilizador no mundo virtual. Para que se lhe pudesse dar uma utilização adequada, teve que ser concebida uma técnica que tornasse a navegação intuitiva, não propensa a cansaço prematuro nem a possíveis lesões provenientes do uso excessivo. Esta baseia-se fundamentalmente no utilizador ter o sensor numa das mãos e, simplesmente, movimentar o braço para a frente, para trás ou para os lados, consoante se queira deslocar no mundo virtual em frente, para trás, ou para os lados, respectivamente. A velocidade de deslocamento é definida pela altura (inclinação) a que o sensor estiver da posição de repouso do braço (esticado e em baixo).



Fig. 2: Sensor de aceleração

2.5 Resultados

Conjugando os equipamentos, *software* e técnicas já discutidos foi implementado um protótipo de uma aplicação de navegação em ambientes virtuais. O protótipo permite experimentar diferentes mundos virtuais, bastando ler o modelo pretendido. A implementação foi pensada de forma a ser facilmente extensível, o que possibilita a criação de diferentes aplicações a partir desta base. Estas podem implementar métodos alternativos de interacção e navegação, ou expandir as capacidades do protótipo no tocante ao sistema físico e às capacidades multimédia.

Nas figuras 3 e 4 é possível observar imagens da aplicação a ser utilizada em diferentes cenários: um modelo do interior da Biblioteca da Universidade de Aveiro, e um modelo da Sala *Delacroix*, no *Palais Bourbon*, obtido a partir de dados laser [Dias2003].



Fig. 3: Vista interior do modelo da Biblioteca da UA

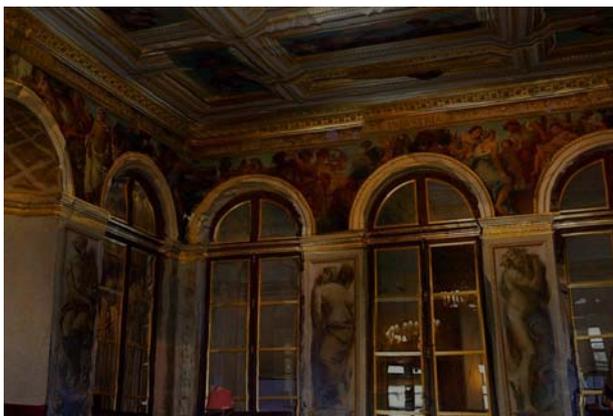


Fig. 4: Vista interior do modelo da Sala Delacroix

3. REALIDADE AUMENTADA

Partindo dos dispositivos de base e do protótipo de ambiente de Realidade Virtual já descritos, foi possível desenvolver um protótipo de uma aplicação de Realidade Aumentada com o simples acréscimo de uma câmara de vídeo. A utilização de um HMD convencional com uma câmara acoplada prefigura um sistema de Realidade Aumentada do tipo “*video see-through*”.

3.1 Equipamento

A câmara utilizada é uma micro-câmara sem fios analógica, com um sensor CMOS de aproximadamente 330 linhas, a funcionar na banda dos 1.2GHz, cujo receptor se encontra ligado a um conversor vídeo analógico-digital com saída USB 2.0. Este conversor permite utilizar qualquer câmara analógica como uma comum *webcam* USB, aumentando a flexibilidade da plataforma. As dimensões e consumo da câmara permitem que seja montada directamente no HMD, numa posição ao nível dos olhos do utilizador, e alimentada por uma pilha comum de 9 volt.

3.2 Software

Para o desenvolvimento do protótipo de Realidade Aumentada foi utilizado o *ARToolkit* [ARToolkit], um “*toolkit*” gráfico que incorpora capacidades de detecção da orientação da câmara e de “*rendering*” de objectos virtuais directamente na imagem capturada, posicionados de acordo com a orientação detectada. A orientação da câmara é calculada não relativamente ao espaço circundante, mas a marcadores pré-definidos colocados nesse espaço. Os marcadores são quadrados delineados a traço grosso negro, com um símbolo no seu interior.

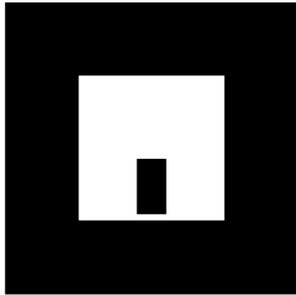


Fig. 5: Exemplo de marcador

A detecção dos marcadores começa pela conversão da imagem capturada num registo a preto e branco, por forma a maximizar o contraste entre o traço negro e o fundo branco. Este tipo de processamento permite fazer sobressair os marcadores em ambientes complexos e coloridos. A alteração do limiar, utilizado para a conversão das cores da imagem em preto ou branco, permite ainda adaptar o processo de detecção às características de iluminação e contraste das imagens obtidas pela câmara.

A deformação devida à perspectiva, a rotação do quadrado e a posição do símbolo no seu interior permitem calcular a orientação da câmara relativamente ao marcador. Atendendo a que a dimensão deste é conhecida, a determinação da distância também é possível.

Na posse destes dados, orientação e distância do observador relativamente aos marcadores, é possível desenhar objectos virtuais na cena, alinhados com estes. O “*rendering*” dos objectos virtuais sobre a imagem é feito utilizando as bibliotecas *OpenGL* [OpenGL] e *GLUT* [Glut].

3.3 Ambientes

Por definição, o ambiente em aplicações de Realidade Aumentada é o ambiente real que circunda o utilizador, o que no caso corresponde às imagens capturadas pela câmara. Os dados aumentados, sobrepostos no ambiente real são tipicamente objectos tridimensionais, mas podem no entanto ser apenas texto ou uma imagem num plano. O “*toolkit*” utilizado incorpora extensões que permitem ler objectos especificados em ficheiros VRML 2.0, tornando-o assim bastante flexível relativamente ao tipo

de conteúdos que podem ser adicionados a uma cena, permitindo incluir elementos com textura e animação.

3.4 Interação

Os marcadores, utilizados no ambiente aumentado para determinar a posição do utilizador relativamente ao ambiente que o rodeia, podem também ser usados como instrumentos de interação. O facto de ser possível segurar e manipular um marcador, dadas as suas características reais e tangíveis, junto com a possibilidade de determinar a posição da câmara no espaço, relativamente ao marcador, permite a interação directa do utilizador com objectos tridimensionais virtuais, de forma orgânica e intuitiva. Esta interação é especialmente útil na análise exterior de objectos, por forma a determinar pormenores da forma e volume dos mesmos, sendo uma ferramenta interessante em ambientes de criação de protótipos de objectos ou criação de maquetas à escala.

Como dispositivos adicionais de interação, e dado o protótipo de Realidade Aumentada ser construído sobre o equipamento do ambiente de Realidade Virtual, é possível utilizar os sensores de aceleração e orientação, além dos tradicionais rato e teclado. Na implementação realizada, apenas o sensor de aceleração é utilizado, com o fim de assinalar a entrada e saída do modo de Realidade Virtual, e para navegação neste.

3.5 Resultados

Foi desenvolvido um protótipo de aplicação baseado num ambiente aumentado que contém um conjunto de itens virtuais, passíveis de serem seleccionados e manipulados pelo utilizador, que pode entrar num ambiente puramente virtual e navegar numa versão imersiva do item a ser observado. A componente de Realidade Virtual da aplicação é a já descrita na secção 2, pelo que a implementação se limitou ao desenvolvimento da componente de Realidade Aumentada e da sua interface com a componente de Realidade Virtual.

Como prova de conceito, foi criado um ambiente de teste, cujos elementos aumentados são modelos reduzidos de alguns dos ambientes virtuais disponíveis. Na figura 6 é possível observar o ambiente de Realidade Aumentada em funcionamento, com alguns destes elementos visíveis.

A selecção dos elementos é efectuada utilizando um “*avatar*”, associado ao marcador que o utilizador segura na mão, acoplado ao sensor de aceleração para maior comodidade. Um exemplo de selecção e manipulação de um dos modelos é observável na figura 7.

Finalmente, o utilizador pode imergir no ambiente virtual associado ao objecto seleccionado, alterando a posição do sensor de aceleração, rodando-o de 180°.

Os testes com a aplicação desenvolvida permitiram provar a validade do conceito, mas também fizeram emergir alguns problemas no ambiente de Realidade Aumentada. O mais pertinente prende-se com falhas na detecção dos marcadores, associadas às condições de luz e contraste do ambiente em que se está a operar.

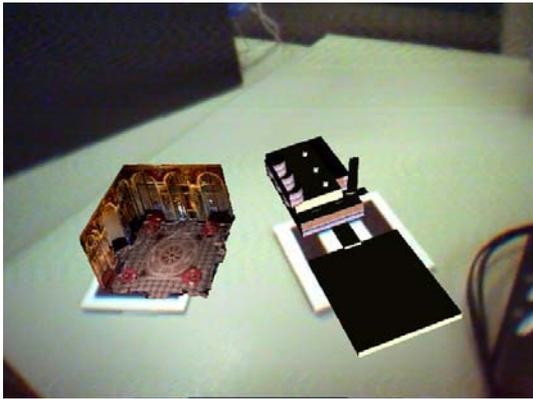


Fig. 6: Exemplo de elementos aumentados

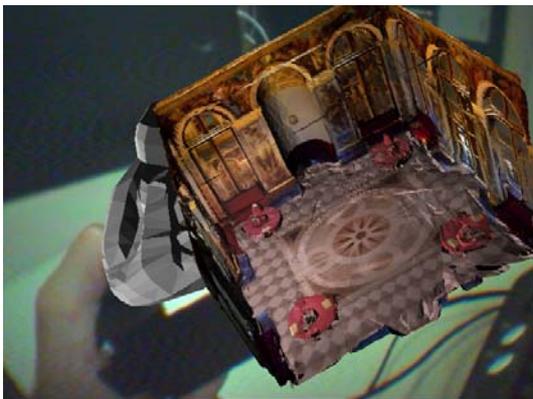


Fig. 7: Exemplo de elemento seleccionado

O ambiente deve ter muita luminosidade, uniformemente distribuída, por forma a proporcionar a melhor taxa de detecção. Deficiências a este nível podem levar ainda a detecções pouco fiáveis, em que objectos existentes no campo visual do utilizador são confundidos com marcadores, gerando aparições esporádicas de modelos em locais e posições inesperados.

A iluminação dos modelos virtuais utilizados no ambiente de Realidade Aumentada também deve ser considerada. Estes são, por omissão, iluminados apenas por de um dos lados, fazendo com que o utilizador, ao manipular o marcador para visualizar o modelo de múltiplos ângulos, se depara com áreas totalmente escuras. Convém assim que os modelos incluam diversas fontes de luz, que possibilitem uma iluminação, se não uniforme, pelo menos suficiente em todos os modelos.

4. CONCLUSÃO

Com base na utilização de dispositivos de custo reduzido, foi desenvolvido um conjunto de funcionalidades que permite quer a concepção rápida de cenários de utilização de ambientes de Realidade Virtual ou de Realidade Aumentada, quer o teste de outras futuras técnicas de navegação e interacção nesses tipos cenários. No entanto, o trabalho efectuado constitui apenas o início da exploração das potencialidades das tecnologias da Realidade Virtual e Aumentada, devendo ser encarado como trabalho em e para desenvolvimento.

A utilização do sensor de aceleração permitiu alargar o trabalho ao estudo e implementação de métodos de interacção e navegação alternativos. Ficando assim demonstrada a possibilidade de construir uma plataforma leve, flexível e de custo reduzido para investigação na área, é agora possível evoluir sobre a mesma, acrescentando novas características no domínio da interacção e da imersividade, explorando áreas como a detecção posicional do utilizador, imersão sonora, e ambientes verdadeiramente aumentados.

5. AGRADECIMENTOS

Ao Tiago Vieira e João Santos, pela concepção e desenvolvimento do modelo em VRML 2.0 da Biblioteca da Universidade de Aveiro², utilizado para teste e demonstração neste trabalho.

6. REFERÊNCIAS

- [ARToolkit] ARToolkit, July 2005, <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>
- [Dias03] Paulo Dias, "Three Dimensional Reconstruction Of Real World Scenes Using Laser and Intensity Data", *PhD Thesis*, University of Aveiro, 26 September 2003
- [Glut] GLUT, July 2005, <http://www.opengl.org/resources/libraries/glut.html>
- [ISense] InterSense, July 2005, <http://www.isense.com>
- [Microchip] Microchip Technology Inc., July 2005, <http://www.microchip.com>
- [OpenGL] OpenGL, July 2005, <http://www.opengl.org/>
- [SallesDias04] José Miguel Salles Dias, Rafael Bastos, Pedro Santos, Luis Monteiro, Joaquim Canhoto, "The Arena: An Indoor Mixed Reality Space", *Actas de Interação 2004 - 1ª Conferência Nacional em Interação Pessoa Máquina*, pp. 109-119, Lisbon, 12-14 July 2004
- [STMicroelectronics] STMicroelectronics, July 2005, <http://www.st.com>
- [vanDam00] Andries van Dam, Andrew S. Forsberg, David H. Laidlaw, Joseph J. LaViola, Jr., and Rosemary M. Simpson, "Immersive VR for Scientific Visualization: A Progress Report", *IEEE Computer Graphics and Applications*, V. 20, No. 6, Nov/Dec. 2000, pp. 26-52
- [VTK] Visualization Toolkit, July 2005, <http://public.kitware.com/VTK/>

² Este modelo foi desenvolvido, em 2003/2004, no âmbito da disciplina de Interfaces Humano-Computador, do 2º semestre do 3º ano da Lic. em Engenharia de Computadores e Telemática, da Universidade de Aveiro.