

REALIDADE AUMENTADA COMO SUPORTE PARA A VISUALIZAÇÃO DE DADOS TRIDIMENSIONAIS

Centeno, J.A.S.

Depto. de Geomática, Universidade Federal do Paraná, Centro Politécnico, Curitiba PR, centeno@ufpr.br

RESUMO – Neste artigo são apresentados os primeiros resultados do projeto PRAC-1, Projeto de Realidade Aumentada em Cartografia. Este projeto tem como objetivo o desenvolvimento de um protótipo de Realidade Aumentada para fins de visualização de informações tridimensionais. A Realidade Aumentada (Augmented Reality - AR) é um ramo que explora várias aproximações para incrementar a visão do mundo real mediante a visualização de informação adicional junto com a cena natural. Por exemplo, é possível efetuar a fusão em tempo real de imagens de vídeo e imagens artificiais geradas por computador para permitir ao usuário visualizar a cena junto com outras auxiliares realçadas, que de outra maneira não são visíveis ou evidentes. A fusão pode ser feita em um dispositivo de visualização similar àquele usado nos jogos de computador. No artigo, a construção de uma cena “aumentada”, utilizando técnicas de reconhecimento de marcas para a orientação do observador, é apresentada. Para isto, um padrão em preto e branco é utilizado. O funcionamento do sistema consiste em identificar este padrão nas imagens e a partir de sua geometria estimar a posição da câmara em relação ao padrão. Assim, um novo sistema de coordenadas, virtuais, é definido e este sistema é usado para a inclusão dos elementos tridimensionais virtuais.

ABSTRACT - In this paper we present the first results of the project PRAC-1, Projeto de Realidade Aumentada em Cartografia. This project aims at the development of a prototype of an Augmented Reality system that can be used for the visualization of three-dimensional information. Augmented Reality - AR is a branch of computer visualization that studies approaches to increase the visual perception of the real world by means of merging additional information with the natural scene, as recorded using cameras or by the eye. For example, it is possible to fuse, in real time, video images and artificial images generated by computers to allow the user to visualize the real scene together with other relevant information, which is not visible or evident. The fusing can be performed in devices, such as those used in the computer games. In the paper, the construction of an augmented scene, using techniques of pattern recognition for the orientation of the observer, is presented. For this purpose, a black and white pattern is used as reference. The system identifies this pattern in the images and from its geometry it estimates the relative position of the observer (camera). So, a new virtual coordinates system is defined and this system is used for the inclusion of the virtual three-dimensional virtual elements.

PALAVRAS CHAVE: visualização 3D, realidade virtual, realidade aumentada

1 INTRODUÇÃO

O termo Realidade Aumentada é a tradução mais difundida dentro da comunidade da informática para o termo inglês Augmented Reality. Ele designa um ramo da visualização computacional que tem por objetivo incrementar (aumentar) a percepção visual de uma cena real por parte de um usuário (ser humano) utilizando a superposição de imagens virtuais a uma cena real. Para isto, técnicas de Fotogrametria, Processamento de Imagens e Visão por Computador são utilizadas. Assim sendo, a Realidade Aumentada pode ser entendida como um subconjunto da Realidade Virtual, no qual a

percepção do mundo real é modificada pela fusão de objetos virtuais gerados em computador (Kirner, 2004).

O campo de aplicação da realidade aumentada é vasto. Vai desde a visualização de plantas virtuais como apoio à mecânica, ou a visualização de objetos para fins didáticos, até a visualização de elementos virtuais em arqueologia (Augmented Reality, 2004).

A realidade aumentada é um sistema híbrido de visualização, onde uma cena real é misturada com imagens virtuais, invisíveis ao olho humano. Sua intenção é aumentar o conteúdo de informação da cena, tornando visíveis detalhes ou objetos inexistentes ou invisíveis, modelados em computador.

2 SISTEMAS DE REALIDADE AUMENTADA

Em um sistema de Realidade Aumentada, dois espaços podem ser diferenciados: o Espaço Real, tridimensional, que da origem à imagem real, e o Espaço Virtual, utilizado para representar os elementos virtuais, que também pode ser tridimensional, mas não necessariamente. Para que imagens destes dois espaços possam ser fundidas na visão do usuário é preciso que eles sejam geometricamente compatíveis, ou seja, que exista uma correspondência entre as coordenadas dos mesmos, de maneira que os objetos virtuais ocupem posições corretas dentro da cena real.

O ser humano percebe imagens do mundo real usando a visão. A fusão de novos dados à cena percebida pelo olho requer a utilização de dispositivos auxiliares capazes de gerar uma nova imagem, híbrida, contendo a cena real e os dados virtuais. A Realidade Aumentada pode ser classificada em 4 grupos principais segundo o tipo de unidade de visualização utilizada (GRVa, 2004).

- Baseados em sistemas ópticos transparentes (Optical See-Trough): A unidade de visualização é composta por óculos transparentes, sobre os quais imagens são projetadas com ajuda de feixes laser (Figura 1.a). A vantagem de seu uso reside na viabilidade de projetar o ambiente virtual diretamente sobre a cena do mundo real percebida pelo olho.
- Baseados em sistemas ópticos opacos (Video See-Trough): Neste caso, uma imagem do mundo real é obtida com ajuda de uma câmara de vídeo. Esta imagem é projetada na tela de um dispositivo que tem forma de óculos, mas não é transparente, é fechado, junto com as imagens virtuais (Figura 1.b).
- Baseados em monitores convencionais (Monitor Based): Estes sistemas se caracterizam por utilizar monitores convencionais de computador, geralmente computadores portáteis (Laptops ou PDAs). São mais baratos e fáceis de montar, mas pouco portáteis e têm menor grau de interatividade com os movimentos da cabeça do observador.
- Baseados em projetores (Projector Based): Neste tipo de sistemas, imagens ou texturas virtuais são projetadas na superfície de objetos reais.



a) ópticos transparente b) óptico opaco (www.i-
(<http://www.mvis.com/>) (www.glasses.com/)

Figura 1 – Exemplos de dispositivos de visualização

Os sistemas baseados em dispositivos de visualização transparentes possuem a vantagem do usuário perceber a cena com seus próprios olhos e apenas os dados virtuais serem projetados no *display*. No entanto, eles são equipamentos caros. Neste projeto, um sistema baseado em sistemas ópticos opacos foi implementado, devido, principalmente, a seu baixo custo. A desvantagem desta opção é a necessidade de superposição exata do mundo virtual com o mundo real e a dependência da resolução espacial e temporal do dispositivo de captura de imagens.

3 COMPONENTES DO SISTEMA DE REALIDADE AUMENTADA

Um sistema típico de realidade aumentada baseado em vídeo é composto de uma unidade de visualização, uma câmara de vídeo e um dispositivo (ou software) para determinação da posição e atitude da cabeça do observador no mundo real. Assim, a imagem real é obtida pela câmara de vídeo e ao mesmo tempo a posição e atitude do observador são determinadas. Com estas informações, uma imagem virtual é gerada no computador, procurando imitar a geometria da observação da cena real. O sistema possui ainda um programa encarregado de fundir ambas imagens no *display*.

O problema fundamental na visualização na realidade aumentada é a correspondência entre o espaço real e o virtual, que depende da qualidade da determinação da posição e atitude do observador. Para este problema existem duas opções mais reconhecidas: o uso de sistemas de apoio, GPS e sistema inercial, e o reconhecimento de marcas ou padrões na imagem real.

3.1 Sistema baseado em dispositivos de apoio

A primeira opção é mais cara, pois requer dois dispositivos auxiliares. Ela também requer a leitura simultânea dos dados GPS, das medições angulares da unidade inercial e da imagem, bem como o processamento on-line de todos os dados. No entanto, ela é mais adequada para trabalhos externos, em campo, onde o uso de marcas é difícil (Figura 2b).

Quando o sistema é utilizado para a visualização de dados tridimensionais em ambientes externos, a posição do observador deve ser determinada com ajuda de um receptor GPS. Geralmente, um GPS diferencial é utilizado para garantir uma boa estimativa da posição.

Para estimar a atitude da cabeça do observador, um dispositivo inercial é utilizado. Este dispositivo mede as variações angulares nos três eixos em tempo real. Ele é fixado, com ajuda de um capacete na cabeça do usuário, ou superposto aos óculos, de maneira a acompanhar a rotação da cabeça.

A figura 2 mostra o equipamento desenvolvido na Universidade de Karlsruhe (Leebmann et al. 2004),

montado sob forma de mochila que pode ser transportada nos ombros.



a) Unidades de apoio, GPS e sistema inercial montados
b) Unidade móvel com óculos e unidades de apoio

Figura 2 – Sistema móvel da Universidade de Karlsruhe (Leebmann et al. 2004).

3.2 Sistema de realidade aumentada baseado em reconhecimento de padrões

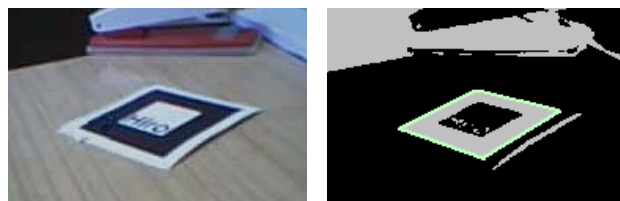
A segunda opção é mais barata, mas devido à necessidade do reconhecimento de marcas na imagem, ela se torna impraticável em ambientes externos, onde o estabelecimento de marcas numa fase anterior à visita é difícil ou impossível. A posição e atitude do observador são estimados a partir da estimativa da orientação exterior da câmara usada para captar as imagens e o reconhecimento de pontos com coordenadas conhecidas em um padrão que deve ser enquadrado na imagem. Esta abordagem é realizada com relativa alta confiabilidade, especialmente em ambientes de laboratório, onde a adoção de marcas é fácil. Por exemplo, usando a ferramenta ARToolkit, Bobrich e Otto (2002) desenvolveram um aplicativo para a visualização de mapas em ambientes de realidade aumentada dentro de laboratório, projetando imagens virtuais por cima de um mapa convencional.

4 EXPERIMENTO DE REALIDADE AUMENTADA

Nesta primeira fase, um protótipo de visualização baseado na identificação de padrões para a orientação do observador foi implementado. A metodologia utilizada baseia-se na identificação de padrões. As etapas desta metodologia são detalhadas a seguir.

4.1 Estimativa da orientação exterior

Existe um grande número de aplicações baseadas no princípio da identificação de marcas, muitas delas utilizam a biblioteca do ARToolkit (ARToolKit). Seu funcionamento é baseado no uso de uma câmara digital para a obtenção de imagens e a identificação de padrões previamente definidos nestas imagens. Uma vez detectado o padrão, com dimensões conhecidas, a biblioteca ARToolKit utiliza técnicas de fotogrametria para calcular precisamente a posição e orientação da câmara em relação a este padrão, dispensando o uso de GPS e a unidade inercial. A necessidade de identificar o padrão limita esta técnica em ambientes externos. A figura 3 mostra um exemplo de identificação de um padrão. Neste caso, o padrão, impresso numa folha de papel, consiste de um quadrado com um texto, que serve como ponto de referência para orientar a posição relativa do observador (Figura 3.a). Para facilitar a identificação, a imagem é primeiramente binarizada e depois elementos do padrão são reconhecidos (Figura 3.b).



a) Imagem original
b) Padrão reconhecido em Imagem binarizada

Figura 3 – Processo de reconhecimento de padrões

Após a identificação das marcas e a orientação da câmara, um sistema de eixos relativo é criado no centro do padrão. A figura mostra uma representação virtual destes eixos.

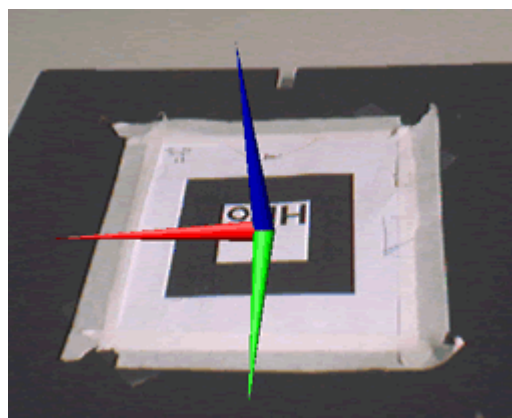


Figura 4 – Sistema de eixos virtuais.

Os objetos virtuais são modelados em um sistema de referência análogo ao sistema do espaço objeto e projetados para visualização. O sistema virtual deve ser

compatível com o sistema do espaço objeto, por isso, a aplicação de transformações entre sistemas é necessária.

4.2 Modelação de objetos 3D

O seguinte passo é a criação do objeto virtual e sua inserção na imagem. A geração da imagem virtual é possível graças à utilização de uma biblioteca gráfica tridimensional, disponível hoje para uso em computadores pessoais, como OpenGL ou VRML.

O OpenGL é uma biblioteca de primitivas gráficas extremamente portátil que permite a construção de objetos bi ou tridimensionais complexos de maneira rápida e com qualidade, usando algoritmos desenvolvidos pela Silicon Graphics (Azevedo e Conci, 2003). Esta biblioteca, além de manipular os elementos gráficos, permite adicionar efeitos pela manipulação de texturas, animação, variação da iluminação virtual e o gerenciamento de eventos de entrada, abrindo assim a interface com o usuário.

Na construção do objeto virtual, o sistema de coordenadas resultante da identificação das marcas foi adotado. Nesta primeira fase do projeto, os blocos antigos do Centro Politécnico da UFPR, no bairro Jardim das Américas em Curitiba, foram modelados. Neste experimento, o padrão foi posicionado sobre uma mesa e o modelo virtual foi projetado em cima dele, com mostra a figura 5.

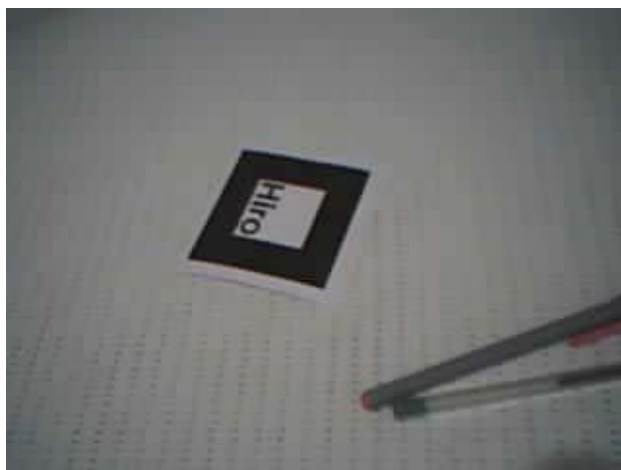


Figura 5 - Padrão

Os objetos foram montados basicamente utilizando as primitivas gráficas retângulo e triângulos, por se tratar de construções simples. Os prédios modelados formam blocos com elementos que se repetem, o que torna mais fácil a modelagem. No experimento, apenas parte dos conjunto de prédios foi modelado.

4.3 Opções de representação

Existem várias alternativas para a representação de elementos tridimensionais. A escolha da mais apropriada deve ser fundamentada no tipo de aplicação e no sucesso da comunicação. Três grandes grupos podem ser inicialmente definidos: representação bidimensional, blocos tridimensionais e blocos tridimensionais com textura (Landes, 1999).

O tipo mais simples é a representação bidimensional sobre o plano paralelo ao padrão detectado ou sobre outra superfície. Esta opção é rápida, pois a quantidade de detalhe é menor. Ela pode ser usada, por exemplo, para desenhar novas feições em um mapa já existente ou realçar feições de interesse.

No segundo caso, blocos tridimensionais são construídos a partir dos contornos dos objetos. Neste caso, os contornos, junto com a altura média do objeto, podem ser representados. Uma forma simples de obter esta representação é pela projeção do objeto na direção vertical, a partir do polígono definido no plano horizontal. A figura 6 mostra um exemplo de um modelo de blocos tridimensionais.

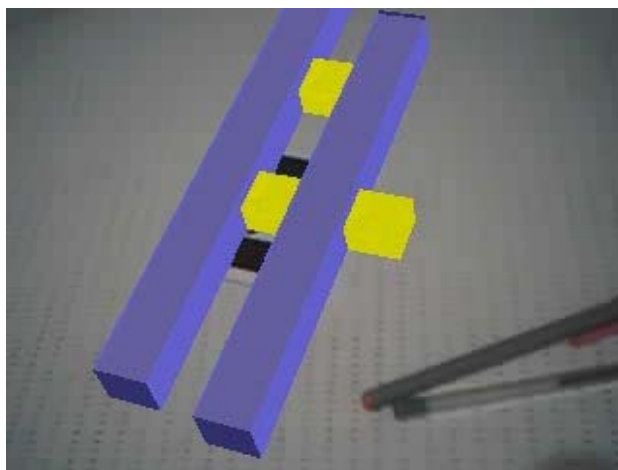


Figura 6 – Modelo de blocos tridimensionais

A maneira mais detalhada de representar objetos tridimensionais é reproduzindo, na medida do possível, fielmente a geometria do objeto e incrementando informação mediante a adição de texturas extraídas de fotografias reais para cobrir as faces que definem a geometria do objeto. Esta opção gera um modelo realista e tem como vantagem o fato de que detalhes geométricos do objeto podem ser omitidos, pois a sensação de sua existência é derivada, pelo observador, através da textura real.

Para a aquisição dos dados, existem opções, como o uso de uma base cartográfica em escala compatível, medições topográficas, aerofotogrametria e fotogrametria terrestre, ou levantamentos laser scanner. A escolha do método depende do grau de detalhe necessário. Por exemplo, o levantamento topográfico

permite ter uma visão mais completa de um prédio em relação a uma fotografia aérea, pois detalhes verticais do objeto podem ser identificados.

No experimento, as texturas foram derivadas de imagens fotográficas reais. Para isto, fotografias das fachadas dos prédios foram adquiridas com uma câmara digital e estas imagens foram retificadas, usando para isto pontos de controle e assumindo que as paredes formam planos verticais. Para cobrir paredes maiores, mosaicos foram elaborados a partir de várias fotografias. Como o teto não foi fotografado, uma textura padrão foi utilizada. Na figura 7 é mostrada uma fotografia original e na figura 8 o resultado da retificação e edição final da imagem, onde alguns elementos na frente dos objetos foram suprimidos, como por exemplo postes as pessoas.



Figura 7 – Exemplo de fotografia original.



Figura 8 – Textura após correção geométrica e elaboração de mosaico

A figura 9 mostra um exemplo de representação dos blocos do Centro Politécnico usando blocos com as texturas reais, do mesmo ponto de vista daquele mostrado na figura 6. A figura 10 mostra o mesmo modelo desde um ângulo diferente. Nesta vista, o detalhe dos tetos em vários níveis é visível. Vale a pena salientar que no artigo são apresentadas apenas figuras estáticas do modelo. Na realidade, o usuário pode examinar o modelo desde diferentes ângulos, dispensando o uso de teclas ou controles manuais, pois a posição e atitude do usuário são estimadas através da orientação exterior da câmara em tempo real.

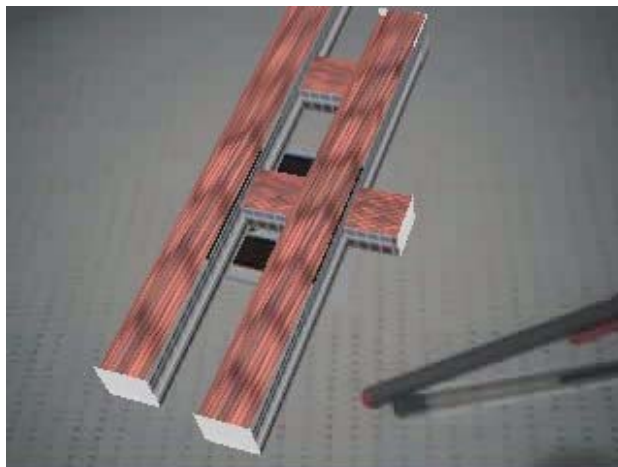


Figura 9 – Modelo de blocos com textura

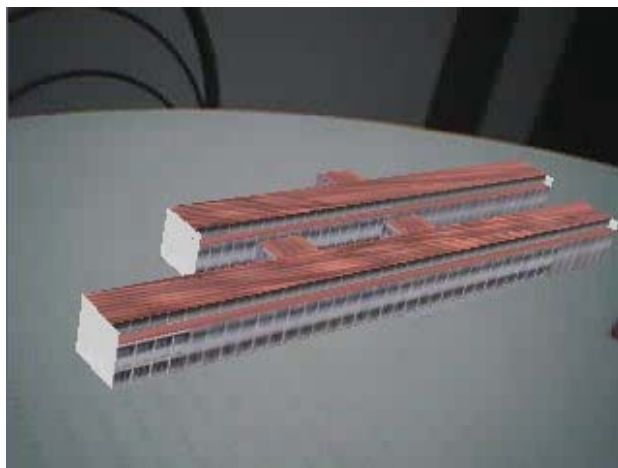


Figura 10 – Vista do modelo

A quantidade de informação é aumentada significativamente pela inclusão de texturas. Porém, o uso de texturas aumenta significativamente a quantidade de dados a serem manipulados. Segundo Landes (1999), como mostra a tabela 1, o aumento de realismo é inversamente proporcional à performance da visualização.

Representação	Grau de realismo	Performance da visualização
representação bidimensional	--	++
blocos tridimensionais	-	+
blocos tridimensionais com textura	++	-

Tabela 1 – Propriedades dos tipos de representação, segundo Landes, 1999.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de realidade aumentada como ferramenta de visualização de dados tridimensionais é viável e com grande potencial na visualização de informações adicionais em mapas, maquetas virtuais ou de modelos tridimensionais em campo. No entanto, a implementação de um sistema eficiente é complexa.

Os primeiros testes da implementação de uma unidade de visualização para realidade aumentada apontaram para a necessidade de equipamentos de alta eficiência, principalmente no que tange ao processamento gráfico. A biblioteca OpenGL é uma grande contribuição, de fácil implementação, mas que se não for acompanhada pelo equipamento compatível, em termos de placa de vídeo, por exemplo, não é suficiente para tornar o sistema eficiente. Nos experimentos realizados, frequentemente verificou-se um atraso da representação em relação à imagem de vídeo.

O sucesso da metodologia empregada, baseada na identificação de padrões nas imagens, é restrito à correta identificação do padrão, o que requer que o mesmo seja totalmente enquadrado na imagem. Para cobrir áreas maiores, mais de um padrão pode ser usado.

Com o avanço em termos de equipamentos, a perspectiva de crescimento de aplicações de realidade aumentada para a visualização de dados tridimensionais é grande, incluindo a visualização “em campo” de dados armazenados em SIG, como apoio a visitas de campo.

6 REFERÊNCIAS

Augmented Reality. Augmented Reality research groups. In: The augmented reality homepage. <http://www.augmented-reality.org>. Consultada em Março 2004.

Azevedo, E. ; Conci, L. **Computação Grafica - Teoria e Prática**. Ed. Elsevier, Rio de Janeiro, 2003.

ARToolKit: A software for Augmented Reality Applications. Copyright © 2002. Hirokazu Kato, Mark Billinghurst, Ivan Poupyrev. http://www.hitl.washington.edu/research/shared_space/download.

Bobrich, J. ; Otto, S. Augmented Maps. In: **Geospatial Theory, Processing and Applications**, Vol. 34, Ottawa, Canada. IAPRS. 2002.

GRVa- Grupo de Realidade Virtual Aplicada - UFRJ. Augmented Reality: Realidade Aumentada e Visão Computacional. http://www.lamce.ufrj.br/grva/realidade_aumentada/. Consultada em Março 2004.

Kirner, C., **Sistemas de Realidade Virtual**. Universidade Federal de São Carlos – UFSCar. <http://www.dc.ufscar.br/~grv/tutrv/tutrv.htm>. Consultada em Fev. 2004.

Landes, S. Funktionalität des internetbasierten 3D-Campus-Informationssystem der Universität Karlsruhe (CISKA). Dissertação de doutorado, Faculdade de Engenharia Civil e Geodésia, Universidade de Karlsruhe. 1999.

Leebmann, J., Bähr, H.-P.; Coelho A. H.; Staub, G.; Wiesel, J. 2004. Augmented Reality in Katastrophenmanagement. In: **3D-Geoinformationssysteme, Grundlagen und Anwendungen**, Coors, V. e Zipf, A. Ed. H. Wichmann, Heidelberg.

7 AGRADECIMENTOS

O autor agradece ao CNPq, que através de seu edital Universal 2003, financiou esta pesquisa.