

Navigation methods in engineering models using mobile devices

Daniel Pires de Sá Medeiros, Lucas Teixeira, Alberto Barbosa Raposo

Tecgraf - Computer Graphics Group

PUC-Rio (Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro)

Rio de Janeiro, Brasil

{danielps,lucas,abraposo}@tecgraf.puc-rio.br

Abstract—The use of cell phones has been growing and expanding their uses, ranging from simple tasks such as making and receiving phone calls to more complex tasks such as accessing Web sites, for example. Another factor that every day adds value to these devices are sensors embedded in them, which spatially locate the device and make possible its use in virtual reality environments. In this paper we proposed navigation methods using mobile devices with built-in sensors for inspecting engineering models, such as oil platforms.

Keywords-mobile; virtual reality; virtual environments;

I. INTRODUÇÃO

A navegação em ambientes virtuais para inspeção de modelos de engenharia sempre se diferenciaram pelo fato que precisam de conseguir chegar a determinados pontos com alta precisão para poder inspecionar determinada peça, por exemplo. A velocidade que se chega a essa posição específica é deixada em segundo plano. Isso se reflete nos dispositivos de interação para essas aplicações serem tão diferentes. Enquanto jogos usam Joysticks onde os manipuladores tem 2 graus de liberdade. Os aplicativos de engenharia usam dispositivos como o 3DConnexion SpacePilot com 6 graus de liberdade e 15 botões para as mais diversas funções. No entanto esses dispositivos têm alguns problemas. São dispositivos caros e a sua utilidade está limitada a apenas aplicativos de engenharia e de modelagem 3D. Isso desestimula o usuário esporádico ou doméstico a ter um dispositivo como esses. Outro problema é que eles só podem ser usados sobre uma mesa, não podendo ser usados durante uma apresentação ou em ambientes imersivos de realidade virtual como uma CAVE [1].

Recentemente, os celulares ganharam muitas funcionalidades e se transformaram em computadores portáteis. Esse tipo de celular é chamado de *smartphone*. Uma grande vantagem dos *smartphones* é a sua portabilidade e a diversidade de sensores que vem embutido neles. Esses sensores capturam informações do aparelho e até mesmo do ambiente, como por exemplo, sensores capazes de medir a pressão atmosférica, localização e acelerômetros. A utilização de tais sensores faz dos telefones celulares uma alternativa interessante aos dispositivos de interação utilizados em ambientes virtuais (AVs). O relativo baixo custo e fácil acesso aos

smartphones com sensores e telas multitoque é um incentivo à sua utilização em técnicas de navegação tridimensionais. Os sensores, como acelerômetros e magnetômetros, podem informar a orientação do telefone espacialmente e se mostram uma maneira fácil de rastrear o usuário. Já a tela sensível ao toque pode possuir controles adicionais, assim como prover informações adicionais a respeito do ambiente virtual.

Neste trabalho será apresentado o estado atual da pesquisa realizada sobre técnicas de navegação que permitem o uso de *smartphones* como dispositivos de navegação com precisão suficiente para ser usado em aplicativos de engenharia e ambientes de realidade virtual. As técnicas aqui propostas se baseiam nas já conhecidas metáforas de manipulação *Voar* e *Examinar* (*Fly* e *Examine*, em inglês).

Na seção II serão apresentados trabalhos relacionados na área de interação 3D que utilizam dispositivos móveis com sensores para realização de tarefas diversas. Na seção III os métodos propostos nesse trabalhos serão apresentados, na seção IV serão apresentados os testes preliminares para validar os métodos propostos e na seção V serão levantadas as conclusões e trabalhos futuros.

II. TRABALHOS RELACIONADOS

Muitas são as utilizações dos sensores embutidos nos dispositivos móveis, como *smartphones* e *tablets*, que variam desde a execução de tarefas simples como a rotação automática da tela até tarefas mais sofisticadas, como obtenção da localização do usuário e sua orientação para determinar o melhor caminho a seguir em uma rodovia. Além disso, os dispositivos móveis munidos de sensores também têm sido utilizados como ferramentas de interação 3D, popularizados com a chegada do Nintendo Wii. Esses dispositivos de interação surgem como uma nova forma de interface entre o computador e o usuário, modificando a maneira que ele interage com o mundo ao seu redor. A principal vantagem dos *smartphones* em relação a outros dispositivos de interação é a sua portabilidade, fácil acesso e a possibilidade de mostrar informações adicionais na tela do aparelho.

Os estudos da utilização dos sensores presentes nos *smartphones* e *tablets* em tarefas de interação com o usuário

utilizando o próprio dispositivo estão bem avançadas. Ruiz et al. [2] apresentam diferentes técnicas de utilização dos sensores em tarefas corriqueiras como atender uma chamada ou realizar uma busca por contatos no telefone. Outro uso interessante dessa tecnologia é como dispositivo de interação com jogos. No trabalho [3] é feito um estudo de como mover uma nave espacial num ambiente 3D com obstáculos. Esses artigos experimentam várias formas de uso dos sensores dos dispositivos em aplicações específicas. No entanto esses trabalhos não visam a precisão de posicionamento da câmera o que inviabiliza o uso dessas técnicas na inspeção dos dados de engenharia.

Já no trabalho [4] é feito um estudo sobre controle de movimento da metáfora *voar*, onde o teste foi navegar dentro de um túnel virtual usando diferentes técnicas para controlar o manipulador de câmera *voar*. No entanto a generalidade dos testes feitos não levaram em conta as tarefas dos ambientes de engenharia. Por exemplo, é comum numa inspeção, o engenheiro querer analisar todas peças em uma cabine de controle. Para isso o grau de liberdade de andar para os lados e ir para trás são importantes, características que foram ignoradas nos testes do trabalho [4]. Outro aspecto não abordado no trabalho citado são os diferentes tamanhos dos dispositivos. Hoje existem telefones e *tablets* que variam de 3 a 10 polegadas e pesam de 100 a 600 gramas o que influencia muito no uso do dispositivo pelo usuário. No presente trabalho estão sendo estudados esses pontos ainda em aberto.

III. MÉTODOS DE NAVEGAÇÃO 3D EM DISPOSITIVOS MOVEIS

A. Requisitos e convenções utilizadas

O método proposto considera que o dispositivo móvel utilizado possui um conjunto de sensores que sejam capazes de informar as medições nas quais pode ser inferida a orientação nos três eixos do dispositivo. Nos *smartphones* e *tablets* hoje presentes no mercado, os sensores disponíveis para essa tarefa são o acelerômetro e magnetômetro triaxiais. O acelerômetro nos fornece o vetor direção da gravidade (\vec{g}) e o magnetômetro do norte magnético (\vec{h}).

Para calcular o *pitch*, *roll* e *yaw*, demonstrada na figura 1 a partir desses dois vetores precisamos formar uma base ortonormal. Para isso consideramos o vetor gravidade o mais correto, pois os sensores do tipo acelerômetros têm um erro menor em relação aos magnetômetros. Para o cálculo dos ângulos do telefone é necessário fixar um sistema de coordenadas para o telefone (figura 2). Como não é possível garantir que os vetores \vec{g} e \vec{h} são ortogonais entre si é necessário o cálculo de um vetor \vec{e} que é resultado do produto vetorial entre \vec{g} e \vec{h} . Para finalizar a composição do sistema de coordenadas é feito novamente o cálculo do produto vetorial entre \vec{g} e \vec{e} , achando um vetor aqui chamado de \vec{m} .



Figura 1. Ângulos de euler calculados pela bússola.

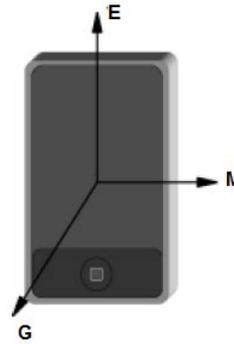


Figura 2. Sistema de coordenadas do aparelho[5]

$$\vec{e} = \vec{g} \times \vec{h}$$

$$\vec{m} = \vec{g} \times \vec{e}$$

Os ângulos *pitch*, *roll* e *yaw* podem ser calculados da seguinte forma[5]:

$$pitch = atan2(\|\vec{e}_y\|, \|\vec{m}_y\|)$$

$$roll = -asin(\|\vec{g}_y\|)$$

$$yaw = atan2(-\|\vec{g}_x\|, \|\vec{g}_y\|)$$

Outra forma de calcular os ângulos do aparelho é a utilização dos valores vindos do acelerômetro que servirão de fator de intensidade para calcular a rotação do modelo. Este fator será multiplicado pela velocidade angular escolhida pelo instante de tempo, garantindo que quanto mais forte for o movimento que o usuário fizer em um sentido, maior será o ângulo rotacionado pelo aparelho naquela direção. A conta feita é mostrada a seguir:

$$yaw = \omega(\vec{g}_x - \xi)dt$$

$$pitch = \omega(\vec{g}_y - \xi)dt$$

Onde \vec{g}_x e \vec{g}_y são as componentes x e y do acelerômetro, respectivamente. Por causa da sensibilidade dos sensores do aparelho normalmente é necessário aplicar um coeficiente de erro no cálculo feito (ξ).

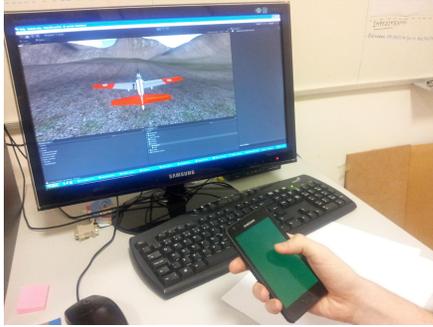


Figura 3. Forma aconselhada de utilização dos métodos apresentados

Além da orientação da câmera, foi utilizado nos métodos propostos o sensor de toque do telefone, que é capaz de informar a posição (x,y) de um ou mais dedos. Porém apenas a informação de toque de apenas um dedo é utilizada e é feito o tratamento para ignorar os dados dos dedos ingressos após o primeiro toque.

Para uma melhor imersão do usuário e facilidade de interação com o ambiente, os métodos de interação foram pensados de forma que o usuário pudesse interagir com apenas uma mão, de uma forma parecida com a pegada de um controle remoto (figura 3). Nesta posição o usuário consegue rotacionar o aparelho em todos os eixos (figura 1) com apenas uma mão utilizando o pulso e a realização de comandos adicionais com o polegar.

B. Manipulação Fly

O manipulador *fly* consiste num manipulador utilizado para navegar em ambientes virtuais tridimensionais e permite que o usuário voe livremente por todo o ambiente. No modo *fly* o usuário pode rotacionar o modelo controlado em todas as direções e realizar movimentos de aceleração e desaceleração.

Esses controles são mapeados no telefone da seguinte forma: a tela multi-toque envia dados apenas se um toque na tela é realizado. Na aplicação de teste, esses eventos ao serem recebidos são convertidos através de aritmética simples para a aplicação de modo que se o movimento do dedo do usuário partir de uma posição de coordenada y menor para uma maior é feita uma aceleração no modelo (figura 4). Caso o contrário o objeto realiza uma desaceleração (figura 5). Caso nenhum dado seja enviado ele continua indo em linha reta, com uma aceleração padrão. Já a rotação do modelo é controlada através dos sensores magnetômetro e acelerômetro são utilizados para obter os ângulos de Euler em relação ao modelo, como mostra a figura 1, o que confere 6DOF ao usuário.

C. Manipulação Examine

O manipulador *examine* realiza movimentos de rotação no modelo ao redor de um ponto *pivot* como por exemplo

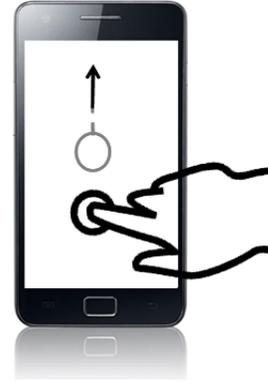


Figura 4. Movimento referente a aceleração.

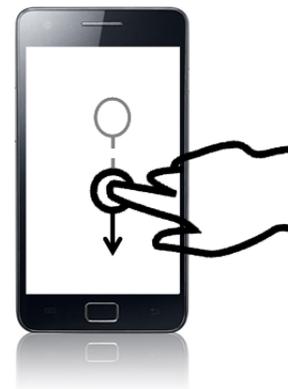


Figura 5. Movimento referente a desaceleração.

o centro do objeto. Nesse modo o elemento rotacionado é a câmera, simulando uma operação de inspeção no mesmo. Essa rotação é controlada através da rotação do telefone celular. Quanto maior for a intensidade da rotação em um determinado sentido, maior o ângulo de rotação executado no modelo.

No modo *examine* também foi proposta a inclusão da função de *zoom* no modelo. Essa funcionalidade foi mapeada da mesma forma que a aceleração e desaceleração do modo *fly*, com o movimento da figura 4 responsável por aumentar o *zoom* e a 5 para diminuí-lo

IV. TESTES PRELIMINARES

No estado atual da pesquisa realizada foram desenvolvidas três aplicações distintas. Uma aplicação que é executada no telefone e outras duas foram integrações de uma biblioteca de monitoramento de dispositivos com dois *softwares* que visualizam dados de engenharia. Essas aplicações serão explicadas a seguir.

A aplicação para o telefone faz os cálculos baseados nos sensores, captura os toques na tela e por fim transmite esses dados usando o protocolo de comunicação determinado pelo VRPN [6]. Essa aplicação foi desenvolvida para a plataforma

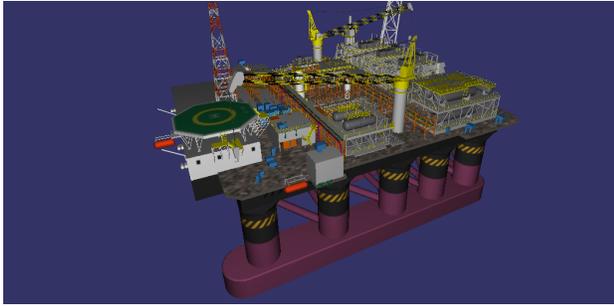


Figura 6. Aplicação teste

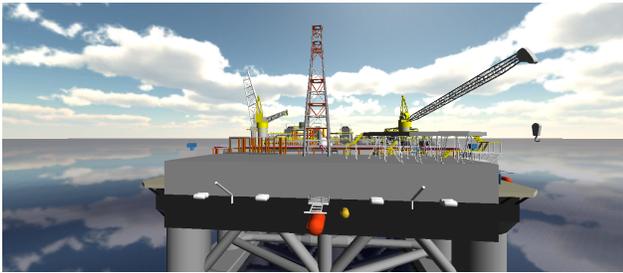


Figura 7. Aplicação Unity

Android [7], pois existem celulares e *tablets* de todos os tamanhos que usam o *Android* como sistema operacional. Isso é importante para um futuro estudo sobre o impacto do tamanho do dispositivo na usabilidade do dispositivo.

A primeira aplicação *desktop* para teste trata da inspeção de modelos massivos de engenharia e tem suporte à ambientes de realidade virtual. Foi utilizada a biblioteca do VRPN [6] para ler os eventos enviados pela aplicação do celular. Com esses eventos é feita a manipulação da câmera com o *fly* e o *examine*. A aplicação pode ser vista na figura 6.

A outra aplicação *desktop* é o *Unity3D*. O *Unity* é uma ferramenta para criação de jogos e aplicativos interativos. Foi desenvolvido pelos autores um *plug-in* que permite que qualquer aplicação *Unity3D* controle a câmera utilizando *smartphones* e *tablets*. Nessa aplicação foram utilizados dados de engenharia convertidos para modelo de jogos e podem ser adicionados movimento aos objetos, além de fazer treinamentos assistidos também usando os *smartphones*. Essa aplicação é importante pois permite que programadores menos experientes façam exaustivos testes de engenharia simulados. Uma aplicação no *Unity3D* pode ser vista na figura 7.

V. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Atualmente, vê-se a grande diversidade de utilização de dispositivos móveis com sensores para os mais diversos fins. A utilização desses dispositivos é bem propícia para navegação e manipulação de ambientes virtuais imersivos. Já os sensores presentes nestes aparelhos tornam-os precisos

o suficiente para realizar tarefas como a visualização de modelos de engenharia.

O trabalho propôs métodos de navegação e manipulação de ambientes virtuais e relata o estado atual da pesquisa com os aplicativos desenvolvidos para levar adiante os estudos dessas técnicas de utilização do dispositivo como um controle de jogos programável.

Atualmente os métodos apresentados neste trabalho encontram-se em fase de testes. O próximo trabalho dessa linha de pesquisa será o estudo de usabilidade com usuários reais de aplicativos de engenharia. Além disso, como trabalho futuro sugerem-se pequenas melhorias na aplicação como inclusão de filtros para diminuir o ruído presente, provenientes da grande sensibilidade na medição dos dados dos sensores. Outro trabalho futuro seria o teste dos métodos propostos utilizando em aplicações mais complexas, com tarefas de interação específicas para validar os métodos propostos.

REFERÊNCIAS

- [1] C. Cruz-Neira, D. J. Sandin, T. A. DeFanti, R. V. Kenyon, and J. C. Hart, "The cave: audio visual experience automatic virtual environment," *Commun. ACM*, vol. 35, no. 6, pp. 64–72, Jun. 1992. [Online]. Available: <http://doi.acm.org/10.1145/129888.129892>
- [2] J. Ruiz, Y. Li, and E. Lank, "User-defined motion gestures for mobile interaction," in *Proceedings of the 2011 annual conference on Human factors in computing systems*, ser. CHI '11. New York, NY, USA: ACM, 2011, pp. 197–206. [Online]. Available: <http://doi.acm.org/10.1145/1978942.1978971>
- [3] N. Katakis, M. Hori, K. Kiyokawa, and H. Takemura, "Smartphone game controller," in *Proceedings of the 74th HIS SigVR Workshop*, Tokyo, Japan, 2011.
- [4] A. Benzina, M. Toennis, G. Klinker, and M. Ashry, "Phone-based motion control in vr: analysis of degrees of freedom," in *Proceedings of the 2011 annual conference extended abstracts on Human factors in computing systems*, ser. CHI Extended Abstracts (CHI EA) '11. New York, NY, USA: ACM, 2011, pp. 1519–1524. [Online]. Available: <http://doi.acm.org/10.1145/1979742.1979801>
- [5] (2012) Rouel project. calculate everything from iphone accelerometer and magnetometer sensors. [Online]. Available: <http://rouel-projects.blogspot.com/p/calculations-with-iphones.html>
- [6] R. M. Taylor, II, T. C. Hudson, A. Seeger, H. Weber, J. Juliano, and A. T. Helser, "Vrpn: a device-independent, network-transparent vr peripheral system," in *Proceedings of the ACM symposium on Virtual reality software and technology*, ser. VRST '01. New York, NY, USA: ACM, 2001, pp. 55–61. [Online]. Available: <http://doi.acm.org/10.1145/505008.505019>
- [7] (2012) Android developers. [Online]. Available: <http://developer.android.com/guide/index.html>