

UM ESTUDO DA VIABILIDADE DO MICROSOFT KINECT II CONSIDERANDO A EXATIDÃO E A PRECISÃO NA MEDIÇÃO ANGULAR DOS OMBROS

RODRIGO V. ANDREÃO, PABLO R. MUNIZ, FELIPE K. DE FREITAS, FRANTHESCO M. ARAÚJO

Laboratório de telecomunicações, Departamento de Engenharia Elétrica, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo
Av. Vitória 1729, 29040-780, Vitória, ES, Brasil
E-mails: rodrigova@ifes.edu.br, pablorm@ifes.edu.br, felipekf@outlook.com, franthescomarchesi@hotmail.com

Abstract— This work shows a study of the angular measurement quality using the Microsoft Kinect II sensor. The ultimate goal of this work is to verify the feasibility of the sensor in patient monitoring using concepts of telemedicine. It is made an experimental procedure featuring the abduction movement of the arms. Each participant is positioned in front view to the sensor and shoulder angle measurements are performed. The results show clinical significance and accuracy increase compared to previous versions of this sensor.

Keywords— Microsoft Kinect, Telemedicine, Measurement accuracy, Shoulder rehabilitation, Statistical analysis.

Resumo— Este trabalho mostra um estudo da qualidade metrológica na medição de grandezas angulares utilizando o sensor Microsoft Kinect II. O objetivo final desse trabalho é verificar a viabilidade do sensor no acompanhamento de paciente utilizando conceitos de telemedicina. Nele é realizado um procedimento experimental de elevação lateral dos braços. Cada participante se posiciona de forma frontal ao sensor e são realizadas medições do ângulo do ombro. Os resultados obtidos demonstram significância clínica e um aumento de precisão em comparação com versões anteriores do sensor.

Palavras-chave— Microsoft Kinect, Telemedicina, Precisão de medição, Reabilitação dos ombros, Análise estatística.

1 Introdução

Medir com precisão um movimento realizado por um paciente em reabilitação pode ser um desafio. Usar os sensores de realidade virtual é uma solução para obter uma medida quantitativa do desempenho desse paciente nos exercícios reabilitativos (Huber, 2015).

O surgimento de sensores de movimento para plataformas de jogos trouxe consigo a possibilidade de realizar essas medidas com dispositivos de baixo custo (Butkiewicz, 2014). Um desses sensores é o Microsoft Kinect, desenvolvido como acessório de entretenimento para a família de consoles de jogos Microsoft Xbox.

Pesquisas recentes mostram a validade do uso do Kinect para tratamento de pacientes com doenças neurológicas (Chang et al., 2013) e crônicas (Xya; Siochi, 2012) e na medição das características biomecânicas do corpo humano (Fernández-Baena et al., 2012). Ainda, estudos da validade dos dados medidos pelo Kinect I (Huber et al., 2015) sugerem resultados qualitativamente satisfatórios ou muito satisfatórios para usuários posicionados em posição frontal ao sensor.

Com o lançamento de novas tecnologias no sensor Kinect II, observou-se diferença significativa na precisão no cálculo da distância entre dois pontos. Para um usuário afastado 4 m da fonte, a precisão do Kinect I é de 33 mm enquanto a do Kinect II é de aproximadamente 7 mm (Gonzalez-Jorge et al., 2015).

Tendo em vista esta melhoria, o objetivo deste estudo é avaliar de forma quantitativa o desempenho do Microsoft Kinect II na medição de ângulos entre juntas do corpo num usuário realizando movimentos de

elevação lateral dos braços em posição frontal ao sensor. A observação desse movimento fornece possibilidades de análise funcional e reabilitação clínica (Bonchere et al., 2014).

Para isso, utilizou-se um sensor Kinect II com o conjunto de desenvolvimento da *Microsoft Kinect Software Development Kit* (SDK) v2 para criar um programa capaz de medir a angulação entre duas juntas do esqueleto obtidas pelo sensor utilizando geometria vetorial. Ao mesmo tempo, as medidas são feitas com um goniômetro, dispositivo cuja medida é considerada como padrão clínico.

O objetivo final deste trabalho é obter dados válidos e confiáveis para o desenvolvimento de um sistema capaz de auxiliar no tratamento de pacientes portadores de doenças crônicas e no auxílio à recuperação de doenças musculares ou degenerativas. Neste cenário, utiliza-se do conceito de *e-Health* (Eysenbach, 2001) no qual o sistema incentiva o paciente a realizar exercícios físicos em domicílio.

2 Métodos

2.1 O Kinect II

O Kinect for Windows II utilizado neste trabalho é uma atualização da versão anterior, Kinect I. Com maior resolução de câmeras de profundidade, de cor (Full HD) e de juntas de esqueleto, o Kinect II vem ao mercado de sensores e de processamento de imagem como uma promessa de inovação. A Tabela 1 mostra as especificações técnicas do sensor com mais detalhe.

Tabela 1. Comparação entre versões as do sensor Kinect for Windows.

Função	Kinect I	Kinect II
Câmera de cor	640x480 @30 FPS	1920 x 1080 @30 FPS
Câmera de profundidade	320x240	512x424
Campo de visão horizontal	57°	70°
Campo de visão vertical	43°	60°
Juntas de esqueleto	20	26
Comunicação USB	2.0	3.0

Estudos anteriores mostram que o Kinect II tem a precisão muito mais estável em função do aumento da distância, dentro da janela de medição (Gonzalez-Jorge et al., 2015). Dessa forma, o sensor apresenta potencial de aumento de performance em todas as aplicações de processamento de imagem (automação, mapeamento 3D, telemedicina reabilitativa, controle de qualidade de peças) realizadas pela sua versão anterior.

2.2 Procedimento

Foi escolhido um grupo de três participantes de vários pesos e de alturas que se posicionou a 2,92 m em frente ao Kinect (cujo sensor infravermelho foi elevado 78,8 cm do solo) de forma frontal a fim de que todos fossem reconhecidos igualmente pelo algoritmo de esqueletos do Kinect. Em uma ordem aleatória, realizou-se movimentos de elevação lateral dos braços direito ou esquerdo buscando inclinações de 45° ou 90° entre o braço e o tronco. As inclinações nessas faixas de ângulo são objetos de interesse nas análises clínicas dos exames de estereofotogrametria (Bonnehchere et al., 2014). Cada movimento foi repetido por um número conveniente de 15 vezes, o que caracteriza como razoável ou boa a qualidade das informações experimentais (2).

Cada elevação também foi medida simultaneamente com o auxílio de um goniômetro. O participante não foi informado da medida gerada no goniômetro. A posição foi reiniciada a cada repetição, buscando evitar correlações entre as repetições, produzindo medições independentes entre si.

2.3 Materiais utilizados

Para a execução do procedimento experimental foi necessário desenvolver um aplicativo capaz de interpretar as informações obtidas pelo sensor. O Kinect SDK fornece bibliotecas envelopadas na linguagem C para tratar desses dados.



Figura 1. Fluxograma do tráfego de dados entre as ferramentas utilizadas.

A aplicação desenvolvida em Visual C# importa as bibliotecas do Kinect e transforma os dados das juntas de esqueleto em informação angular. A Figura 1 mostra o fluxograma das interfaces.

O algoritmo desenvolvido no nível de Aplicativo do Usuário detecta o ângulo de interesse (no caso, o dos ombros) 30 vezes a cada segundo. Pressionando um botão é possível interromper o fluxo do programa e obter o ângulo atual.

2.4 Processamento e captura dos dados

O princípio para a obtenção dos ângulos no Kinect II é o rastreamento do esqueleto através das juntas. É possível obter as coordenadas de 25 juntas utilizando o Kinect SDK. Neste trabalho foram utilizadas as juntas do meio da espinha cervical (3), a do centro dos ombros (2), dos ombros (6,12) e cotovelos (7,13), seguindo os índices da Figura 2.

Uma vez obtidas as coordenadas, foram gerados os vetores normalizados em relação ao centro dos ombros. Dessa forma, foi possível capturar o ângulo θ entre o vetor diretor espinhal ($\mathbf{u}$) e do braço elevado ($\mathbf{v}$) através da Equação 1.

$$\theta = \cos^{-1} \left(\frac{(\vec{u} \cdot \vec{v})}{(|\vec{u}| \cdot |\vec{v}|)} \right) \quad (1)$$

Medições goniométricas do ombro demonstram ótimos resultados (Riddle et al., 1987). Dessa forma, um goniômetro padrão de 12 polegadas foi utilizado para pedir a angulação entre o ombro e o tronco.

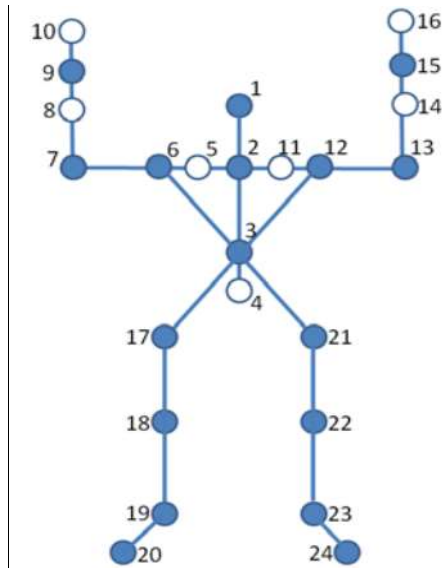


Figura 2. Indexação e localização das juntas de esqueleto do Microsoft Kinect. (Sinthanayothin et al., 2013).

2.5 Análise estatística

Fatores como iluminação, precisão do instrumento e a experiência do examinador, além das flutuações relacionadas ao desvio padrão influenciam nos resultados das medições de ângulo.

Todos esses fatores foram levados em consideração fazendo-se a análise das incertezas tipo A e B. Ambas incertezas foram combinadas e expandidas por uma distribuição de Student para 15 medições e nível de confiança de 95%.

Para que as medições do Kinect sejam clinicamente válidas, elas não devem apresentar diferenças maiores que $\pm 5^\circ$ para 95% dos casos (Bland; Altman, 2010).

3 Resultados e Discussão

Os resultados da qualidade das medições realizadas pelo Kinect para cada posição são mostrados na Tabela 2. São apresentadas a média do erro relativo e a incerteza angular expandida, em graus.

Em nenhum dos casos o erro de medição médio entre o Kinect II e o Goniômetro foi maior do que os limites de $\pm 5^\circ$, mostrando a validade clínica do Kinect para a medição dos movimentos de elevação lateral. Ainda, a incerteza obtida com o Kinect II é em média de $2,0^\circ$, cerca de 33% menor quando comparada à incerteza de $3,0^\circ$ encontrada por Huber et al. (2015) com o Kinect I para o mesmo movimento.

Tabela 2. Análise de diferença de medição angular entre o Microsoft Kinect II e Goniômetro no movimento de elevação lateral.

Posição	Erro relativo médio	Incerteza expandida de medição
45° - braço esquerdo	4%	2,7°
45° - braço direito	-4%	1,9°

90° - braço esquerdo	-3%	1,8°
90° - braço direito	4%	1,8°

Esse resultado mostra a viabilidade da utilização do sensor Kinect II para o acompanhamento em tempo real de paciente em tratamento em domicílio no modelo *e-Health* de telemedicina. Nesse cenário, o Kinect II atua como uma forma clinicamente relevante de monitoramento e *feedback* de pacientes com rotinas regulares de exercícios.

4 Conclusão

O Kinect II obteve precisão clinicamente relevante para a medição dos movimentos de elevação lateral e desempenho superior à sua versão anterior. Além de ser uma alternativa comercial de entretenimento, o sensor é viável para o acompanhamento de pacientes à distância, integrado no modelo de telemedicina. O kit de desenvolvimento Microsoft SDK v2 apresenta ferramentas poderosas de desenvolvimento de uma interface gráfica agradável ao usuário, o que torna mais intuitiva e amigável a execução desses exercícios.

Agradecimentos

Presta-se aqui os melhores agradecimentos ao CNPq pela concessão da Bolsa de Pesquisa e Iniciação Científica que muito nos ajudou no desenvolvimento das pesquisas com o Microsoft. Agradece-se também ao Departamento de Mecânica do Ifes pela disponibilização do instrumento goniômetro.

Referências Bibliográficas

- Bland, JM. and Altman, D. (2010). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *International Journal of Nursing Studies*. Vol. 47, No. 8; pp. 931-936.
- Bonnechere, B., Jansen, B., Salvia, P., et al. (2014). Validity and reliability of the Kinect within functional assessment activities: Comparison with standart stereophotogrammetry. *Gait & Posture*. Vol. 39, No. 1; pp. 593-598.
- Butkiewicz, T. Low-cost coastal mapping using Kinect v2 time-of-flight cameras (2014). 2014 Oceans. pp. 1-9.
- Chang, YJ; Han, WY and Tsai, YC (2013). A kinect-based upper limb rehabilitation system to assist people with cerebral palsy. *Research in development disabilities*, Vol. 34, No. 11; pp. 3654-3659.
- Eysenbach, G. (2001). What is e-health?. *Journal of Medical Internet Research*. Vol. 3, No. 2, e. 20.
- Fernández-Baena, A.; Susín, A and Lligadas, X. Biomechanical Validation of Upper-Body and Lower-Body Joint Moviments of Kinect Motion Capture Data for Rehabilitation Treatments.

- Forth International Conference On Intelligent Networking And Collaborative Systems. pp. 656-661.
- Gonzalez-Jorge, H.; Rodríguez-González, P.; Martínez-Sánchez, J.; et al. (2015). Metrological comparison between Kinect I and Kinect II sensors. *Measurement*. Vol. 70; pp. 21-26.
- Huber, M.E et al. (2015). Validity and reliability of Kinect skeleton for measuring shoulder joint angles: a feasibility study. *Physiotherapy*. Vol. 101, No. 4; pp. 389-393.
- Riddle, DL; Rothstein JM and Lamb RL (1987). Goniometric reliability in a clinical setting - Shoulder measurements. *Physical Therapy*. Vol. 67, No. 5; pp. 668-673.
- Sinthanayothin, C.; Wongwaen, N. and Bholsithi, W. (2013). Skeleton tracking using Kinect Sensor & Displaying in 3D Virtual Scene. *International Journal of Advancements in Computing Technology*. Vol. 4, No. 11; pp. 213-223.
- Xya, JY and Siochi, RA (2012). A real-time respiratory motion monitoring system using Kinect: Proof of concept. *Medical Physics*. Vol. 39, No. 5; pp. 2682-2685.