



FICE

5ª FEIRA DE INICIAÇÃO
CIENTÍFICA E EXTENSÃO

15 e 16 de Setembro

UTILIZAÇÃO DE GIROSCÓPIO E ACELERÔMETRO PARA IDENTIFICAÇÃO DE MOVIMENTAÇÃO EM AMBIENTES TRIDIMENSIONAIS

Leonardo Meneguzzi¹ ; Roger Fritzen Treis² ; Marcelo Massocco Cendron³

INTRODUÇÃO

A forma como interagimos com os dispositivos computacionais têm sofrido mudanças drásticas nos últimos anos, desde o uso de mouse e teclado até dispositivos que podem captar os movimentos realizados pelo corpo, como o Kinect (MICROSOFT, 2016). Com esse foco, o projeto busca utilizar acelerômetros e giroscópios para identificar o deslocamento dos sensores e mapear a posição do apontador digital. Daí surge a ideia de manusear os sensores de giro e aceleração gravitacional contidos no kit controlador Arduino e desenvolver um software capaz de fornecer a interface entre o computador e o dispositivo. Dessa forma pode-se rastrear objetos em três dimensões com o auxílio dos sensores, melhorar a precisão dos dados coletados através de técnicas de redução de ruídos que são implementadas no software e, por fim, tornar possível o uso dos sensores como substitutos do mouse para controlar o ponteiro em computadores com sistemas gráficos.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este projeto foi realizado no laboratório de pesquisa de Computação do Instituto Federal Catarinense – Câmpus Videira, onde tivemos acesso a todas as ferramentas necessárias para seu desenvolvimento, computadores, softwares de desenvolvimento e kits Arduino.

¹ Aluno do Instituto Federal Catarinense - Câmpus Videira. Curso de Ciência da Computação.
E-mail: meneguzzileo@gmail.com

² Aluno do Instituto Federal Catarinense - Câmpus Videira. Curso de Ciência da Computação.
E-mail: rogerfritzen@hotmail.com

³ Professor Orientador do Instituto Federal Catarinense - Câmpus Videira. Curso de Ciência da Computação. E-mail: marcelo.cendron@ifc-videira.edu.br



FICE

5ª FEIRA DE INICIAÇÃO
CIENTÍFICA E EXTENSÃO

15 e 16 de Setembro

Conceitos de Aceleração

A aceleração da gravidade normalmente é usada para se referir a força de atração de corpos celestes, já que é necessário grande concentração de massa para gerar um campo gravitacional significativo. E em cada corpo essa força muda de acordo com o local, distância, massa desse corpo, entre outros fatores. Nesse caso a gravidade referida é a da superfície da Terra, aproximadamente $9,81\text{m/s}^2$, algumas vezes denotada também pela letra “g”, onde a gravidade da terra é o referencial usado para 1g. (BARCELOS NETO, 2004)

Geralmente ao usarem-se acelerômetros o desenvolvedor procura extrair a aceleração linear, essa aceleração é somente aquela aplicada no sensor descontando a aceleração da gravidade. Essa aceleração, dependendo do dispositivo, pode ser medida nas três dimensões, e se não fosse pela sua falta de precisão poderia ser facilmente utilizado para medir velocidade e deslocamento. (FUX, 2008)

Ao trabalhar com essa aceleração linear, geralmente é onde se encontra o primeiro problema, uma vez que o sensor tem uma precisão duvidosa, e possui seus eixos próprios de **x**, **y** e **z** diferentes dos eixos relativos a terra, é difícil dizer com precisão que intensidade a força gravitacional está aplicando em cada um desses eixos do sensor.

Existem vários métodos usados para compensar a gravidade e abstrair a aceleração linear. Para extrair a gravidade o seguinte cálculo é feito:

$$\text{gravidade} = \text{alfa} * \text{gravidade} + (1 - \text{alfa}) * \text{aceleração};$$

Onde “gravidade” é o valor da gravidade que está sendo extraída, “alfa” é uma constante derivada do intervalo de tempo das leituras do sensor e “aceleração” refere-se a aceleração lida do sensor. (GOOGLE, 2016)

Para calcular o deslocamento do sensor, foi extraída a aceleração do dispositivo em um determinado eixo dentro de um intervalo de tempo, possibilitando através desta aceleração fornecida pelo sensor a obtenção da velocidade a partir da primeira integração e o deslocamento no espaço com a segunda integração.

Essa é a representação teórica da obtenção dos dados através da função da aceleração:



FICE

5ª FEIRA DE INICIAÇÃO
CIENTÍFICA E EXTENSÃO

15 e 16 de Setembro

$$v(t) = \int a(t);$$

$$S(t) = \iint a(t).$$

Onde $a(t)$, $v(t)$ e $S(t)$ são as equações horárias da aceleração, velocidade e espaço, consecutivamente (CHROBOTICS, 2016).

Porém, se essa integração for feita com base na aceleração do sensor, ela não irá refletir o deslocamento real, porque as dimensões do dispositivo não representam as dimensões relativas à Terra. Para isso acontecer, é necessário rotacionar a aceleração do dispositivo de acordo com sua orientação, fazendo um processo que costuma-se chamar de “*body frame to earth frame*”. Para obter o *earth frame*, basta inverter a matriz de rotação e multiplicar pelo *body frame*, o resultado será o vetor de aceleração rotacionado (CHROBOTICS, 2016).

Ruídos Devido aos Sensores

Os acelerômetros são imprecisos, e mesmo estáticos tem um ruído significativo. O problema desse ruído é ele ser aleatório, e quanto se fala em integrar essa aceleração ruidosa duas vezes para se obter o deslocamento, encontra-se uma enorme imprecisão, já que o acúmulo de erros rapidamente iria tornar a velocidade e o deslocamento completamente irreais. (CRESTANI, 2015)

Alguns podem mecanismos são usados para reduzir esse ruído. Normalmente utilizam-se filtros, nesse caso foi usado o filtro de Kalman. O filtro de Kalman é um algoritmo simples que funciona de forma recursiva e dinâmica, onde se tem um conjunto de dados ruidosos ou com algum tipo de interferência e o algoritmo tenta estimar o real valor daquele dado. (FUX, 2008)

Conceitos de Giro

Quando tratamos da rotação de um objeto no meio tridimensional, levamos em conta três eixos de rotação: *pitch* (eixo lateral), *roll* (eixo longitudinal), *yaw* (eixo vertical). (CHROBOTICS, 2016b)



FICE

5ª FEIRA DE INICIAÇÃO
CIENTÍFICA E EXTENSÃO

15 e 16 de Setembro

Matriz de Rotação

A matriz de rotação é formada pelo produto das matrizes de rotação independentes dos eixos x, y e z. Considerando que as matrizes de rotação independentes são de acordo com os ângulos de Euler representadas dessa forma:

$$\begin{array}{l} R_x(\omega) = \\ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\omega) & -\sin(\omega) \\ 0 & \sin(\omega) & \cos(\omega) \end{bmatrix} \end{array} \quad \begin{array}{l} R_y(\varphi) = \\ \begin{bmatrix} \cos(\varphi) & 0 & -\sin(\varphi) \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin(\varphi) & 0 & \cos(\varphi) \end{bmatrix} \end{array} \quad \begin{array}{l} R_z(\kappa) = \\ \begin{bmatrix} \cos(\kappa) & \sin(\kappa) & 0 \\ -\sin(\kappa) & \cos(\kappa) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{array}$$

O produto dessas três matrizes é a matriz de rotação.

Computacionalmente falando, principalmente em hardwares limitados, a matriz de rotação consome muita capacidade de armazenamento na memória e custo computacional significativo levando em conta que a matriz de rotação será usada várias vezes ao longo do sistema. Outra questão que pode ser considerado um problema, é que por serem muitos dados, ao se transferir esses dados através de um protocolo de comunicação entre dispositivos, haverá muito custo de processamento para enviar, receber e interpretar esses dados e dependendo do hardware, perda e atraso de informações. (GALO; TOZZI, 2001)

Ângulos de Euler

Os Ângulos de Euler é um dos métodos mais comuns utilizados para representar a rotação de um objeto no espaço. Funciona através de três ângulos independentes que representam a orientação do objeto em relação ao seu sistema inercial.

Apesar de amplamente utilizado, este método enfrenta certas dificuldades, principalmente referentes ao problema de *Gimbal Lock*. Isso ocorre quando dois eixos ficam em uma configuração paralela, dessa forma um dos graus de liberdade é perdido, fazendo com que o sistema que antes era tridimensional se torne um sistema bidimensional. (BIASI; GATTASS, 2002)



FICE

5ª FEIRA DE INICIAÇÃO
CIENTÍFICA E EXTENSÃO

15 e 16 de Setembro

Quaternion

Quaternions são uma extensão do conjunto dos números complexos, compostos por uma parte escalar e uma parte vetorial e podem ser representados da seguinte maneira:

$$q = w + xi + yj + zk$$

Onde:

w é a unidade escalar;

xi, yj, zk é a parte vetorial;

w, x, y, z são unidades reais;

i, j, k são unidades imaginárias e seguem a relação $i^2 = j^2 = k^2 = -1$.

Os quaternions podem ser utilizados como uma alternativa aos métodos de representação do espaço tridimensional, são mais intuitivos e econômicos em relação ao uso de memória e tempo de processamento se comparados à outros métodos, como por exemplo, os ângulos de Euler. (FRANQUEIRA, 1993)

Representação Gráfica

Para a interface de comunicação dos sensores do Android com o usuário foi usado o software de desenvolvimento *Processing*, que é voltado para facilitar o uso de recursos gráficos (imagens, objetos 3D, animações, etc.) (PROCESSING FOUNDATION, 2012). Também através do *Processing* foi implementado uma interface de comunicação com o Arduino Uno, que estava configurado com o MPU-6050, um sensor de giro e aceleração.

Através do *Processing*, tanto no caso do *Arduino* quanto do *Android*, foram coletados os dados dos sensores para tratá-los com o objetivo de se obter algum resultado. Para calcular a rotação do objeto foi usado um método chamado “fusão de sensores”. De forma simples, esse método consiste em obter os ângulos de rotação reais através da soma dos ângulos de rotação do objeto em relação ao campo magnético da Terra e os ângulos de rotação da integração do giro do sensor (normalmente dada em graus por segundo).



FICE

5ª FEIRA DE INICIAÇÃO
CIENTÍFICA E EXTENSÃO

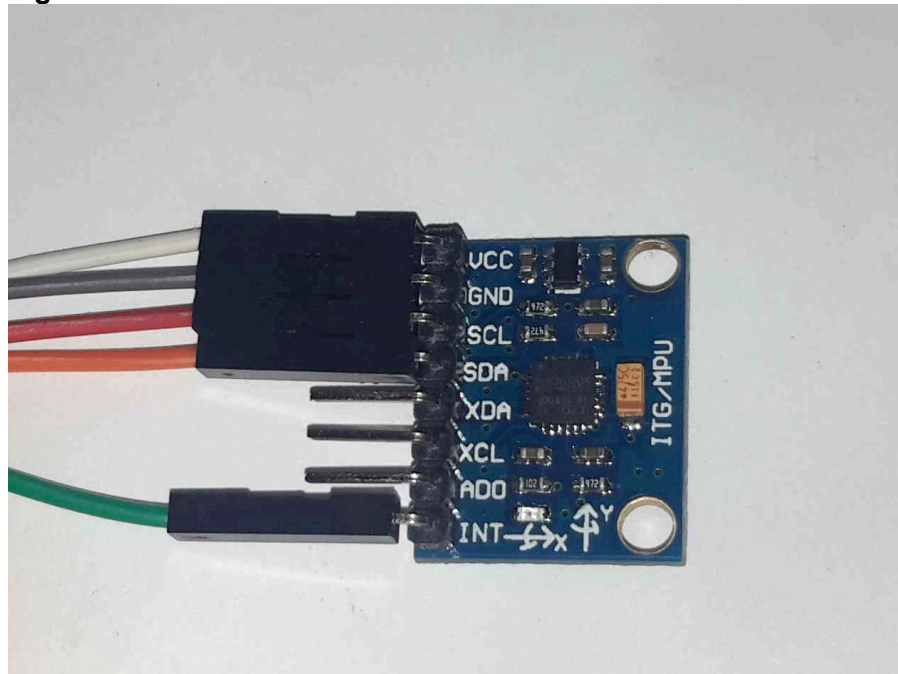
15 e 16 de Setembro

A fim de analisar e visualizar essa rotação foram utilizados recursos de projeção tridimensional do *Processing* para criar um objeto que representa a orientação dos sensores.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

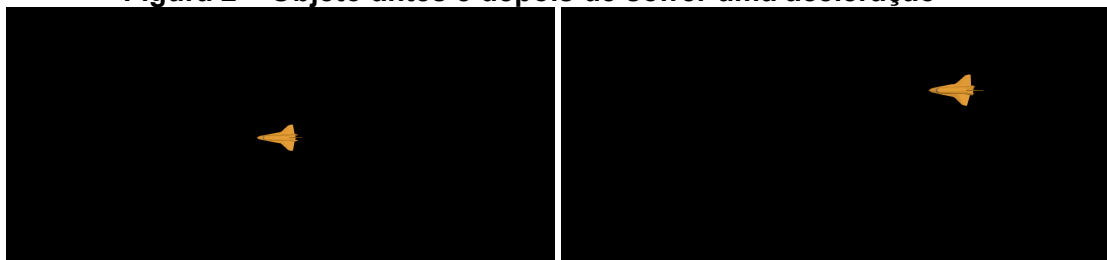
O sensor utilizado para capturar a aceleração e o giro foi o MPU-6050, conforme pode ser visto na Figura 1.

Figura 1 – Sensor MPU-6050



Com o devido processamento dos dados coletados conforme explicado, foi realizada a representação do movimento através de uma nave em ambiente tridimensional, conforme pode ser visto na Figura 2

Figura 2 – Objeto antes e depois de sofrer uma aceleração





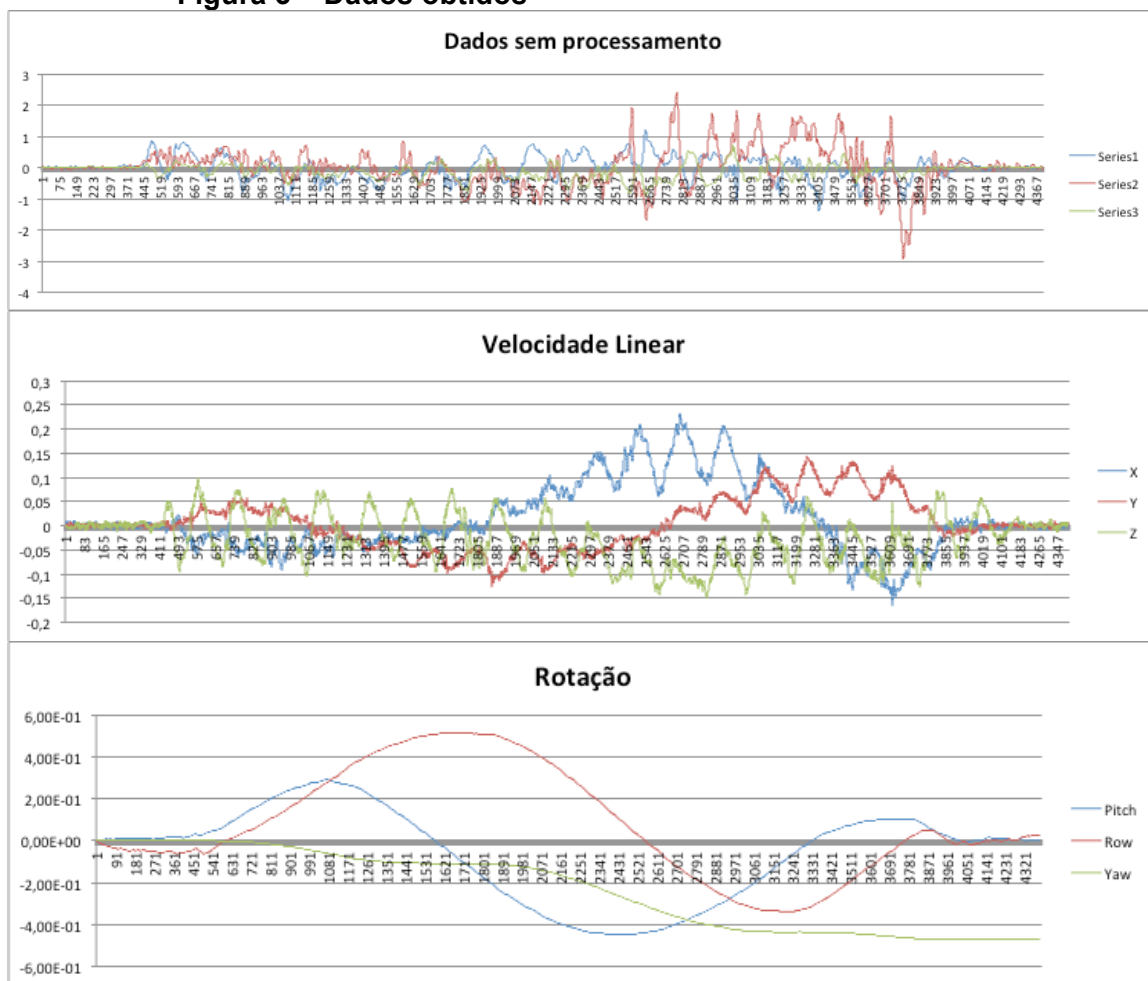
FICE

5ª FEIRA DE INICIAÇÃO
CIENTÍFICA E EXTENSÃO

15 e 16 de Setembro

O maior problema do projeto foram os ruídos na questão do deslocamento. Para rotacionar o problema foi menor, pois já existem técnicas que ajudam a resolver esse problema com os ruídos, porém para o deslocamento não existem métodos tão eficientes para lidar com o ruído aleatório. A Figura 3 demonstra os dados obtidos.

Figura 3 – Dados obtidos



Conforme pode ser observado, a Rotação apresenta uma variação suave, enquanto a Velocidade linear possui ruídos que durante a visualização, aparecem como oscilações do objeto observado.



FICE

5ª FEIRA DE INICIAÇÃO
CIENTÍFICA E EXTENSÃO

15 e 16 de Setembro

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cálculo de deslocamento pode ser feito através dos métodos apresentados no artigo, porém eles serão superficiais, não podem ser usados quando se necessita de pouca margem de erro.

Uma possibilidade de trabalhos futuros é coletar padrões de movimentos realizados para analisar e comparar com um movimento ideal. Muitos esportes exigem movimentos precisos e corretos para melhor aproveitamento e/ou preservação da saúde do atleta. Ao se criar uma interface que mapeia e analisa essas informações, auxiliar o atleta a verificar e corrigir o mais cedo possível esses movimentos.

Também pode ser interessante desenvolver uma nova pesquisa utilizando dois ou mais sensores e através de um programa, lidar com esses sensores como se fossem apenas um, já que os ruídos são aleatórios, há a possibilidade mesclar as acelerações de um modo que se consiga abstrair uma aceleração mais próxima da real.

REFERÊNCIAS

BARCELOS NETO, João. Mecânica Newtoniana, Lagrangiana e Hamiltoniana. São Paulo: José Roberto Marinho, 2004. 431 p.

BIASI, Sergio Coutinho de; GATTASS, Marcelo. Utilização de quatérnios para representação de rotações em 3D. 2002. 35 f. Disponível em: <<http://webserver2.tecgraf.puc-rio.br/~mgattass/Quaternios.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2016.

CHROBOTICS (Australia). Using Accelerometers to Estimate Position and Velocity. 2016. Disponível em: <<http://www.chrobotics.com/library/accel-position-velocity>>. Acesso em: 10 jul. 2016.

CHROBOTICS (Australia). Understanding Euler Angles. 2016. Disponível em: <<http://www.chrobotics.com/library/understanding-euler-angles>>. Acesso em: 10 jul. 2016.

CRESTANI, Thiago. Desenvolvimento de API Para Rastreamento Híbrido de Dispositivos Móveis em Ambientes Internos. 2015. 85 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciência da Computação, Instituto Federal Catarinense - Ifc Câmpus Videira, Videira, 2015.



FICE

**5ª FEIRA DE INICIAÇÃO
CIENTÍFICA E EXTENSÃO**

15 e 16 de Setembro

FRANQUEIRA, Theldo Cruz. UM ESTUDO SOBRE QUATÉRNIOS E SUA APLICAÇÃO EM ROBÓTICA. 1993. 138 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1993. Disponível em: <<http://www.ppgee.ufmg.br/defesas/742M.PDF>>. Acesso em: 10 jul. 2016.

FUX, Samuel. Development of a planar low cost Inertial Measurement Unit for UAVs and MAVs. 2008. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Automação, Instituto Federal Suíço de Tecnologia de Zurique, Suécia, Zurique, 2008. Disponível em: <[http://sky-sailor.ethz.ch/docs/Development_of_a_Planar_Low_Cost_Inertial_Measurement_Unit_for_UAVs_and_MAVs_\(Fux2008\).pdf](http://sky-sailor.ethz.ch/docs/Development_of_a_Planar_Low_Cost_Inertial_Measurement_Unit_for_UAVs_and_MAVs_(Fux2008).pdf)>. Acesso em: 10 jul. 2016.

GOOGLE (Estados Unidos). Android Developer. 2016. Disponível em: <<https://developer.android.com/index.html>>. Acesso em: 10 jul. 2016.

GALO, M.; TOZZI, C.; A representação de matrizes de rotação e o uso de quatérnios em ciências geodésicas. In: Série em Ciências Geodésicas – 30 anos da Pós-Graduação em Ciências Geodésicas. MITISHITA, E. A. (Editor), v-1, pp. 214-231, 2001. (ISBN 85-88783-01-0)

MICROSOFT. Kinect. 2016. Disponível em: <<https://developer.microsoft.com/pt-br/windows/kinect>>. Acesso em: 10 jul. 2016.

PROCESSING FOUNDATION. Processing. 2012. Disponível em: <<https://processing.org>>. Acesso em: 10 jul. 2016.