

UNIDADE DE MEDIDA INERCIAL PARA CÁLCULO DE DESLOCAMENTO

ARAÚJO, R. C.1; MARCO, M. M. de1; PAULA FILHO, P. L.1; SILVA, H. P. da1; ANGONESE, C.1

1 Núcleo de Ciência da Computação.

Câmpus UTFPR-MD

{rodrigo.araujo13, matheus.marchezan, plpf2004, hamilton.pereiradasilva}@gmail.com; angonese@utfpr.edu.br

Resumo

O objetivo deste trabalho é apresentar uma ferramenta capaz de calcular o deslocamento realizado por um objeto, de um ponto inicial a um ponto final, assim esperando como resultado uma estimativa de deslocamento coerente. Para isto é preciso utilizar alguns sensores, sendo que o acelerômetro é o principal responsável por este cálculo. Porém apenas com a utilização dele, podem ocorrer muitos problemas, assim fazendo-se necessária a utilização de sensores auxiliares como o giroscópio e magnetômetro. Mesmo com estes sensores auxiliares ainda ocorrem problemas na leitura dos mesmos, tornando necessária a utilização de filtros, como o de passa baixa e de passa alta e até mesmo sendo necessário realizar a fusão de sensores. Através disso pode-se conseguir uma melhora no resultado obtido apenas com a utilização do acelerômetro.

Palavras-chave: Sensores; Dados de Orientação; Filtros; Fusão de Sensores.

Abstract

This paper shows a tool capable of calculating displacements performed by an object, from an initial point to an end point, resulting in a coherent displacement estimation. The accelerometer is responsible for this calculus, among other sensors. However, may occur various problems using only the accelerometer, becoming essential the use of auxiliary sensors, such as the gyroscope and magnetometer. Some problems can still occur even using these auxiliary sensors, becoming necessary the use of filters such as the low pass and the high pass, and perhaps, it may become necessary a fusion of sensors. Through this strategy, better results can be achieved using only the accelerometer.

Keywords: Sensors; Orientation data; Filters; Sensor Fusion

INTRODUÇÃO

Para inspiração tomou se base no trabalho feito por Madgwick (2010), em que ele utiliza uma IMU (unidade de medida inercial) para mostrar o deslocamento realizado pelo seu corpo. Neste exemplo ele mostra o deslocamento realizado ao se movimentar em linha reta, subir um degrau e subir uma escada inteira. Uma unidade de medida inercial é um conjunto de sensores que combinam vários acelerômetros e giroscópios para uma medição tridimensional da aceleração exercida, e a velocidade angular. Este conjunto de sensores é um dos principais componentes utilizados em aviões, naves espaciais, embarcações, mísseis guiados entre outros. Com estes componentes é possível calcular continuamente a posição, a direção e a velocidade do objeto em movimento. Para possibilitar o cálculo contínuo é necessária a utilização de sensores precisos (FRANÇA, 2012).

ESTADO DA ARTE

Para poder calcular o deslocamento é preciso utilizar alguns sensores, sendo que o acelerômetro é o principal responsável por este cálculo. Para monitorar a orientação do equipamento são necessários sensores auxiliares como o giroscópio e magnetômetro.

O magnetômetro é um equipamento capaz de medir a força e a direção de um campo magnético, esta medida é conhecida como milligauss. Algumas aplicações importantes deste instrumento são medir o campo magnético de nosso planeta e também pode ser utilizado como bússola. Neste caso, é utilizado para corrigir a direção para onde o equipamento está sendo apontado (MADGWICK, 2010).

Um acelerômetro é um instrumento capaz de medir a aceleração sobre objetos. Ao invés de posicionar diversos dinamômetros (instrumentos para medir a força) em lugares diferentes do objeto, um único acelerômetro é capaz de calcular qualquer aceleração exercida sobre ele (STARLINO, 2013).

Para obter os dados de orientação do objeto, usa-se primeiramente um giroscópio, com o objetivo de obter resultados mais precisos.

O giroscópio é um instrumento capaz de medir a taxa de variação angular em eixos específicos. Cada canal do giroscópio mede a rotação em torno de um destes eixos. Por exemplo, um giroscópio capaz de medir em dois eixos irá medir a taxa de rotação em torno dos eixos X e Y, tendo como principal unidade de medida o graus/segundos (STARLINO, 2013). Ao utilizar um giroscópio com três eixos, é necessário utilizar um magnetômetro para corrigir o erro em seu eixo Z.

Para realizar a leitura dos dados dos sensores utilizou-se um microcontrolador LPCxpresso 1768, mais conhecido como MBed. Este microcontrolador foi feito com o objetivo de agilizar o desenvolvimento de novos produtos. Este contém um processador ARM que roda a 96 MHz, com 512 KB de flash, 64 KB de RAM, bem como várias interfaces, incluindo dispositivo USB, SPI, I²C, entre outros. (MBED, 2013)

METODOLOGIA

Todos os dados dos sensores são obtidos e calculados no MBed. Dentre esses cálculos está o do deslocamento: nele transforma-se a aceleração captada pelo acelerômetro em velocidade e posteriormente a velocidade em deslocamento. Para isso é preciso calcular a primeira integral da aceleração e, com isso, consegue-se a velocidade

(Equação 1), sendo necessário realizar uma segunda integração para se obter o deslocamento (Equação 2) (KURT; CAMACHO; 2007).

$$\int a(t) dt = v(t) \quad (1)$$

$$\iint a(t) dt = s(t) \quad (2)$$

Em que,

a(t) – aceleração;

v(t) – velocidade;

s(t) – deslocamento;

Quando se usa sensores, a probabilidade da ocorrência de ruídos nas leituras é muito grande. No caso do acelerômetro, estes pequenos erros na medição da aceleração são integrados progressivamente, assim gerando maiores erros na velocidade, que quando integrados novamente se tornam ainda maiores no deslocamento. Para diminuir estes erros pode-se fazer a utilização de filtros, sendo os principais o de passa baixa (Low Pass) e o de passa alta (High Pass). O objetivo do primeiro filtro é permitir apenas as mudanças de longo prazo, assim eliminando uma grande quantidade de ruído, pois filtra-se as mudanças de curto prazo, sendo utilizado para filtrar os dados gerados pelo acelerômetro. Já o passa alta tem o objetivo oposto, este deixa passar apenas os sinais de curta duração, filtrando os sinais de longa duração, sendo utilizado para filtrar os dados obtidos a partir do Giroscópio. (FRANÇA, 2012)

Estes algoritmos são utilizados para corrigir medições contaminadas com erros e assim estimar resultados que tendam a se aproximar dos valores reais. Outro exemplo é o filtro de Kalman que é uma equação matemática muito eficiente para estimar o estado de

um processo, de modo a minimizar erros existentes. O filtro é muito poderoso em vários aspectos, pois suporta estimativas de estado passado, presente e até mesmo o futuro, e pode fazê-lo mesmo quando a natureza do sistema modelado é desconhecida (WELCH; BISHOP; 2006).

Porém, apenas a utilização de filtros não é suficiente, é necessário combinar os dados obtidos de dois ou mais sensores, ou seja, realizar a fusão destes dados, assim obtendo resultados mais precisos em relação ao uso de apenas um único dispositivo deste tipo. Através do filtro de Kalman é possível realizar esta fusão, combinando-se vários dados a fim de obter a melhor precisão possível. Além disto, com a utilização do filtro de Kalman é possível obter estimativas precisas, entretanto o mesmo faz o uso de uma matemática complexa para realizar suas tarefas, conseqüentemente, exige muito esforço do processador durante sua execução. Como foi utilizado um MBed, a utilização deste filtro pode se tornar muito lenta.

Também existe o Filtro Complementar, que tem como objetivo combinar os dados gerados pelo acelerômetro filtrado pelo passa baixa, com o ângulo calculado pelo giroscópio que é filtrado pelo passa alta. Esta fusão dos sensores estima os ângulos de rotação de forma estável. Este filtro apresenta resultados semelhantes ao filtro de Kalman, no entanto com mais rapidez, e consumindo menos tempo de processamento (COLTON, 2013).

Ainda existe o algoritmo desenvolvido por Madgwick (MADGWICK, 2010), com este é possível obter o melhor resultado. Ele é baseado no filtro de Kalman, com este único algoritmo é possível realizar a fusão dos sensores, obtendo os melhores dados de orientação.

A figura 1 apresenta um modelo de leitura dos dados do acelerômetro com um movimento realizado na direção do eixo x, representada pela linha vermelha, os eixos y e z são representadas pela cor verde e azul respectivamente. Já na figura 2 tem-se uma representação 3D, destes eixos no espaço, a linha vermelha também representa o eixo x.

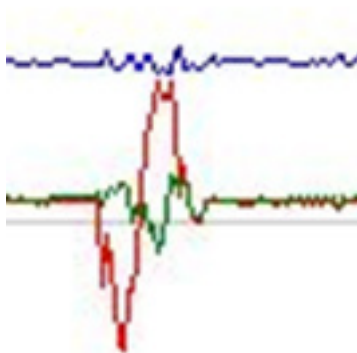


Figura 1: Movimento realizado no eixo X.

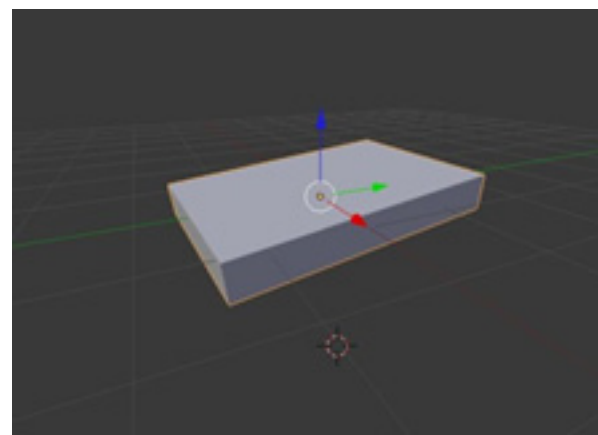


Figura 2: Representação 3D do objeto

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Utilizando apenas o acelerômetro é possível realizar o cálculo do deslocamento, obtendo resultados razoavelmente precisos para os testes realizados em curtas distâncias, porém, o sensor não pode ser inclinado, sendo apenas calibrado e deslocado em linha reta, caso contrário, o cálculo do deslocamento se torna impreciso.

CONCLUSÕES

Para solucionar o problema da inclinação, pretende-se combinar os sensores a fim de obter os dados de orientação e posteriormente combiná-los com os dados do acelerômetro a fim de possibilitar a “remoção” da gravidade, ou seja, este resultado seria a verdadeira aceleração sobre o objeto, sendo apenas reconhecido o movimento que será aplicado. Com este processo é possível a obtenção da posição inicial, ou seja, dos dados de orientação inicial do objeto em relação aos eixos X, Y e Z, como por exemplo, se o objeto estiver inclinado. Após obter a posição inicial, é possível saber como o equipamento está posicionado, assim sendo possível saber a direção do movimento a partir de sua posição inicial. Após todo este processo espera-se que o cálculo do deslocamento retorne um resultado coerente e preciso.

REFERÊNCIAS

- COLTON, Shane; **The Balance Filter**. Disponível em: <http://web.mit.edu/scolton/www/filter.pdf>. Acesso em: 10 de Abril de 2013.
- FRANÇA, Matheus da Hora; **Manipulação de objetos virtuais e navegação utilizando dispositivos sem fio**. Dissertação de Mestrado –(Mestrado em Sistemas e Computação) Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2012.
- FRANÇA, Matheus da Hora; **Manipulação de objetos virtuais e navegação utilizando dispositivos sem fio**. Dissertação de Mestrado –(Mestrado em Sistemas e Computação) Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2012.
- MADGWICK, Sebastian O.H; **An efficient orientation filter for inertial and inertial/magnetic sensor arrays**. 2010.
- MBed; **Explore MBed**. Disponível em: <http://mbed.org/explore/>. Acesso em: 11 de Abril de 2013.
- SEIFERT, Kurt; CAMACHO, Oscar; **Implementing Positioning Algorithms Using Accelerometers**. Freescale Semiconductor. Application Note, 2007. Disponível em: www.freescale.com/files/sensors/doc/app_note/AN3397.pdf. Acesso em Abril/2013.
- Starlino; **A Guide to using IMU (Accelerometer and Gyroscope devices) in Embedded Applications**. Disponível em: http://www.starlino.com/imu_guide.html. Acesso em: 10 de Abril de 2013.
- VectorNav; **Inertial Measurement Units and Inertial Navigation**. Disponível em: <http://www.vectornav.com/support/library?id=76>. Acesso em: 10 de Abril de 2013.
- Welch, Greg; Bishop, Gary; **An Introduction to the Kalman Filter**. University of North Caroline at Chapel Hill. Chapel Hill, 2006. Agropecuária. Cultivo do Milho. 2006.