



FICE

4ª FEIRA DE INICIAÇÃO
CIENTÍFICA E EXTENSÃO

15 e 16 de Setembro

UTILIZAÇÃO DE RASTREAMENTO DE OBJETOS SEM O USO DE GPS PARA OTIMIZAR O PERCURSO DE DISPOSITIVOS ROBÓTICOS AUTÔNOMOS

Thiago Crestani¹ ; Marcelo Massocco Cendron²

INTRODUÇÃO

Saber a localização de algo ou alguém é muito importante, isso pode ser utilizado para uma série de casos, como mapeamento de trânsito, de local, de pontos de referência e muitos outros. Com a popularização dos dispositivos móveis a localização ganhou ainda mais importância, possibilitando seu uso para diversas atividades do dia a dia.

Embora os benefícios do uso de sistemas de localização sejam enormes, em algumas situações não é possível realizar a conexão com satélite ou com a *internet* para utilizar métodos de navegação tradicionais como o GPS (*Global Positioning System* - Sistema de Posicionamento Global), então são utilizados outros métodos auxiliares como por exemplo, aqueles que se baseiam na inércia do movimento para realizar a localização do dispositivo. Tais como o método de navegação INS (*Inertial Navigation System* - Sistema de Navegação Inercial). Para medir o deslocamento os sistemas INS utilizam os *Inertial Measurement Unit* – IMU presentes nos dispositivos. Esses são dispositivos compostos pelo agrupamento de acelerômetros e giroscópios. Assim com essa combinação o sistema pode identificar e quantificar deslocamento do dispositivo em que está alocado.

No projeto foi desenvolvido um sistema de navegação inercial especializado na localização em curtas distâncias. Ele contém técnicas para efetuar a localização do usuário utilizando sensores de acelerômetro e bússola. Como o sistema se baseia em sensores que não exigem a conexão com um sinalizador externo, o sistema funciona em variados tipos de ambiente possuindo alta precisão.

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

² Professor Orientador. Instituto Federal Catarinense - Campus Videira - Curso de Ciência da Computação E-mail: marcelo.cendron@ifc-videira.edu.br



FICE

4ª FEIRA DE INICIAÇÃO
CIENTÍFICA E EXTENSÃO

15 e 16 de Setembro

O projeto foi desenvolvido em ambiente *Android*, utilizando a linguagem de programação *Java*, o que torna possível a migração dos códigos para outras plataformas como o *Arduino*.

E por fim, ao final do projeto os resultados obtidos vão de encontro com a necessidade de várias aplicações no meio robótico, onde a realização da localização com o GPS é um problema em determinados tipos de ambientes. Por isso, o projeto traz benefícios para toda a comunidade de desenvolvedores e usuários em geral.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS (materiais e métodos)

O projeto teve desenvolvimento de aproximadamente um ano e se iniciou com a análise do problema. Nessa análise foram verificadas as melhores formas para implantar o sistema, bem como a plataforma ideal para o desenvolvimento. Para essa análise foi necessária uma pesquisa bibliográfica, que buscou os melhores métodos de localização que não utilizam conexão com sinalizadores externos e também facilidade de implementação.

O aplicativo foi desenvolvido para sistemas *Android*, pois estes possuem todos os recursos necessários para a implementação do sistema, além de ser um projeto *open source* com amplo suporte e disponibilizar uma série de ferramentas gratuitas que auxiliam no desenvolvimento.

Para o desenvolvimento inicialmente foi preparado o ambiente para o aplicativo, configurando o *framework Android Studio* e preparando-o para a linguagem de programação *Java*, que foi utilizada no projeto.

Depois foram realizadas uma série de etapas necessárias para a obtenção dos resultados finais, que são:

- *Captura dos valores obtidos pelos sensores* - foram criados métodos em *Java* que capturam os valores obtidos pelos sensores de acelerômetro e bússola do dispositivo *Android*.
- *Refinamento dos dados* – foram inseridos filtros nos dados capturados afim de obter resultados mais precisos e evitar erros.



FICE

4ª FEIRA DE INICIAÇÃO
CIENTÍFICA E EXTENSÃO

15 e 16 de Setembro

- *Implantação das fórmulas necessárias para os cálculos de distancia e direção* – tratou da implementação de técnicas da física e matemática para a obtenção da distância e direção percorridas.
- *Melhoramento dos cálculos* – nessa etapa o algoritmo passou por melhoramentos para se tornar mais eficaz e consumir menos recursos.
- *Testes* – foram realizados testes gráficos e diferentes ambientes para verificar os reais benefícios da aplicação criada.

O *software* foi desenvolvido aos poucos, uma vez que envolve uma alta complexidade. A cada etapa de desenvolvimento foram necessários testes que serviram de base para orientar como estava o processo de desenvolvimento do aplicativo. E ao final, com o processo concluído foram realizados testes gráficos em diferentes tipos de ambientes, direcionados para o uso real da aplicação possibilitando ver os resultados e também verificar possíveis melhoramentos que poderão ser implementados em trabalhos futuros.

Todo o processo passou pela etapa de documentação que ocorreu em simultâneo com todas as fases do desenvolvimento, e tem a mesma importância que os outros procedimentos, pois é a partir da análise dela que desenvolvedores podem implantar esse algoritmo em seus sistemas futuramente.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O método INS funciona integrando os valores de aceleração do dispositivo obtidos pelo sensor acelerômetro e os valores de direção obtidos com o sensor de orientação (bússola). Dessa forma é possível obter a velocidade e direção dos movimentos realizados pelo usuário.

O projeto construído tem característica de realizar a localização de um dispositivo sem a necessidade de conexão externa, utilizando apenas os sensores presentes no próprio dispositivo. Para a construção do sistema foram utilizados sensores do tipo acelerômetro e orientação (bússola).

Os celulares do tipo *smartphone* possuem esses sensores embutidos em seu *hardware* por isso foi optado pelo uso desses dispositivos para realizar a implantação do algoritmo. Para a criação do sistema foi utilizado *smartphones* que



FICE

4ª FEIRA DE INICIAÇÃO
CIENTÍFICA E EXTENSÃO

15 e 16 de Setembro

funcionam com o sistema operacional *Android* porque além desse sistema disponibilizar todo um ambiente de desenvolvimento otimizado e gratuito, ele trabalha com a linguagem de programação *Java*, que é de fácil compreensão.

A Estrutura do projeto compreende as seguintes classes *Java*:

- *Ins* – Esta classe contém todos os códigos necessários para o funcionamento do método de navegação INS. Ela utiliza valores obtidos de outras quatro classes desenvolvidas especialmente para auxiliar em seu funcionamento, que são as classes, *Ponto*, *Kalman*, *Angulo* e *ValorSensor*.
 - *Ponto* – É utilizada para armazenar valores referentes a posição atual, e deslocamento do usuário quando o método INS está em uso. Nessa classe são inseridos valores de tempo, distância, velocidade, entre outras características do movimento.
 - *Kalman* – A classe *Kalman* é responsável por calcular o filtro de *kalman* que é utilizado durante o processo de navegação INS.
 - *Angulo* – A classe *Angulo* armazena as informações que referentes a orientação que o usuário está no plano terrestre.
- *ValorSensor* – Essa classe armazena os valores capturados pelos sensores utilizados no projeto.

Para seu desenvolvimento o projeto foi dividido em etapas, o que facilitou a realização do estudo.

Coleta de Valores dos sensores

Nesta etapa foi realizado a captura dos valores provenientes do *hardware* do dispositivo *Android*. Para isso são necessárias linhas de programação que indicam quais sensores serão utilizados na aplicação.

Para o projeto foi utilizado apenas sensores do tipo acelerômetro linear e o sensor de orientação (bússola). Foi utilizado o acelerômetro do tipo linear para o projeto pois esse tipo de sensor, exclui a força da gravidade dos valores capturados, e como consequência torna os resultados mais coesos. Além disso, nesta etapa foi



FICE

4ª FEIRA DE INICIAÇÃO
CIENTÍFICA E EXTENSÃO

15 e 16 de Setembro

definido a frequência de captura dos sensores, que é a velocidade com que é obtido os valores dos sensores.

Refinamento dos valores

O principal problema do método de navegação INS é o ruído proveniente das capturas, que se acumula durante os cálculos e afeta o resultado final. Se em sistemas com sensores super precisos desenvolvidos especialmente para a navegação INS o ruído deve ser tratado, nos celulares onde os sensores são de baixo custo e pouco precisos este problema se torna o vilão do sistema.

Para evitar o máximo possível de ruídos foram aplicadas três camadas de filtros. Na primeira foram excluídos valores muito altos ou baixos para corresponder a capturas reais, ou seja, foram efetuados testes que verificaram qual a faixa de valores que o acelerômetro captura, então valores acima ou abaixo dessa faixa foram automaticamente ignorados.

Na segunda camada foi definido no código que para os cálculos de distância são utilizados médias aritméticas com amostras de 24 capturas dos sensores. Assim valores ruidosos não tem tanto impacto no cálculo final de distância.

A última etapa foi implementação um filtro matemático chamado de filtro de *Kalman*. Esse filtro organiza os valores obtidos corrigindo os ruídos. É possível ver como ele funciona na figura a seguir, onde os pontos verdes representam os valores obtidos e a linha vermelha representa como eles são organizados após passarem pelo filtro de *Kalman*.

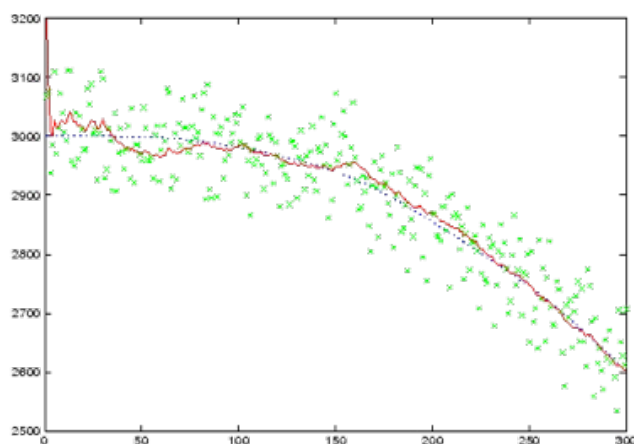
Figura 1 – Filtro de Kalman aplicado em ruídos



FICE

4ª FEIRA DE INICIAÇÃO
CIENTÍFICA E EXTENSÃO

15 e 16 de Setembro



fonte: <http://artico.lma.fi.upm.es/numerico/asigs/tds/node6.html>

Implantação de fórmulas matemáticas

Esta etapa correspondeu a implantação das fórmulas necessárias para os cálculos de distância e direção utilizados no projeto.

Cálculo de distância - O acelerômetro captura valores de aceleração de um dispositivo. Para calcular a distância a primeiro é necessário calcular a velocidade que corresponde a seguinte fórmula:

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

E em seguida aplicar os valores resultantes na fórmula de distância:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = [m/s]$$

Esses dois cálculos foram feitos no código com os valores já filtrados e assim foi possível obter, independente da direção, a distância que o dispositivo foi movimentado.

Cálculo de direção - O sensor de orientação do smartphone, que corresponde a bússola, retorna valores de 0 a 360 ao usuário. Esses valores correspondem as direções norte, sul, leste e oeste. Sendo que 0 é a direção norte, 180 é a direção sul e assim por diante. Para calcular as direções dos movimentos, foram efetuados cálculos que demonstraram a direção que o usuário estava no momento do movimento, e assim utilizando algumas fórmulas provenientes da trigonometria foi possível obter a direção exata do movimento do dispositivo.

Por fim com os cálculos de distância e direção concluídos foi possível fazer o rastreamento dos momentos do usuário, como mostra a figura a seguir.

Figura 2 – Trajeto e distância registrado pelo aplicativo



fonte: O autor

O processo ainda passou por mais uma etapa, que correspondeu a correção de problemas e a reformulação de alguns cálculos. O que proporcionou resultados mais confiáveis e também proveu maior economia de recursos do dispositivo. Nesta etapa também foram inseridos códigos que transformam os capturados em metros para coordenadas decimais.

Na parte final do projeto foram executados testes, que serviram para avaliar os resultados obtidos e também procuras possíveis falhas remanescentes.

Testes

Para facilitar os testes foi desenvolvida uma interface gráfica (Figura 3) onde um ponto representa o usuário e outro ponto a posição final, além disso vários campos demonstravam os valores de latitude, longitude, distância percorrida entre outros valores relevantes para o processo.

Figura 3 – Aplicativo de testes do sistema



FICE

4ª FEIRA DE INICIAÇÃO
CIENTÍFICA E EXTENSÃO

15 e 16 de Setembro



fonte: O autor

Na figura acima é possível ver o resultado final do algoritmo, que apenas utilizando os sensores do próprio *smartphone* consegue obter a distância total do movimento (6.54 metros) e também a direção em que ele foi executado. O aplicativo ainda mostra o registro dos movimentos em forma gráfica, onde o ponto verde representa o ponto de partida, o ponto vermelho representa a posição atual e os pequenos pontos amarelos representam o trajeto que o usuário percorreu.

Dessa forma é possível concluir que o projeto cumpriu com o objetivo de desenvolver um sistema de rastreamento sem o uso de GPS que pode ser implantado em sistemas robóticos autônomos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As comparações foram feitas com técnicas existentes para dispositivos móveis, contemplando celulares, *tablets*, *smartwatches* e outros dispositivos dessa categoria. Frequentemente são criados aplicativos para uso da população em geral nesses tipos de dispositivos, por isso, os métodos que foram comparados e executados na plataforma *Android*.



FICE

4ª FEIRA DE INICIAÇÃO
CIENTÍFICA E EXTENSÃO

15 e 16 de Setembro

Apesar do estudo ser realizado com base em dispositivos robóticos ele tem aplicação em diversas áreas, como a área de aplicações para deficientes físicos, de aplicativos para facilitar o dia a dia, entre outros.

O sistema esta funcional , no entanto, durante o processo foram encontradas melhorias que podem ser implantadas ao projeto, contribuindo para resultados finais mais precisos e menor consumo de recursos do dispositivo.

Podem ser implementados filtros de ruídos ainda mais eficientes, controlando a imprecisão na localização. Além disso a implantação em novas plataformas com sensores ainda mais precisos pode permitir maior precisão em distâncias mais longas.

As melhorias foram percebidas durante o processo de desenvolvimento, e não foram adicionadas ao sistema atual por conta dos prazos disponíveis para a implementação e testes. Portanto um projeto futuro de refinamento dos processos seria de muito proveito para o sistema, permitindo corrigir falhas, ou implementando novas funcionalidades para o sistema.

REFERÊNCIAS

A. D. KING. **Inertial Navigation – Forty Years of Evolution**. GEC REVIEW, London, v. Volume 13, n. Número 3, p. 140-149, 1998.

AFYOUNI, Imad; RAY, Cyril; CLARAMUNT, Christophe. **Spatial models for context-aware indoor navigation systems: A survey**. Journal Of Spatial Information Science. França, p. 85-123. maio 2012.

ANDROID, Google. **Android**. Disponível em: <<http://www.Android.com/about/>>. Acesso em: 20 nov. 2014.

GROVES, Paul D. **Navigations Systems**. Principes of GNSS, Inertial and Multisensor Integrated, p.1-17, jun. 2008.

MAUTZ, Rainer; TILCH, Sebastian. **Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN)**. Ieee, Internacional, v. 000, n. 000, p.1-7, set. 2011.

STEINBRUCH, Alfredo; WINTERLE, Paulo. **Geometria analítica**. 2. ed. São Paulo: Pearson Education, 1987. 292 p. ISBN 0074504096 (broch.).



FICE

4ª FEIRA DE INICIAÇÃO
CIENTÍFICA E EXTENSÃO

15 e 16 de Setembro

WELCH, Greg; BISHOP, Gary. **An Introduction to the Kalman Filter**. 2001. University of North Carolina at Chapel Hill Department of Computer Science Chapel Hill, NC 27599-3175. Disponível em: <http://www.cs.unc.edu/~tracker/media/pdf/SIGGRAPH2001_CoursePack_08.pdf>. Acesso em: 04 jun. 2015.