



Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Informática

Graduação em Ciência da Computação

**Um Estudo Sistemático Sobre Técnicas de *Dead Reckoning*
para Localização *Indoor***

Vinícius de Moraes Rêgo Cousseau

Proposta de Trabalho de Graduação

Orientador: Silvio de Barros Melo

Recife

Agosto de 2016

Resumo

A extração de dados para auxiliar diversos tipos de aplicações e negócios aliada ao uso em massa de *smartphones* que, carregados de sensores, provêm uma rica coleção de dados sobre seus usuários, tem gerado crescente interesse nos últimos anos. Dentre os possíveis dados a se extrair, destaca-se a localização do usuário. Esta é tradicionalmente obtida a partir do GPS, entretanto, este sistema sofre uma grande queda de precisão em ambientes *indoor*. Nesse contexto, é comum confiar nas medições dos sensores inerciais dos *smartphones* para inferir a posição do usuário, e a este processo de navegação inercial dá-se o nome de *dead reckoning*. Este trabalho tem como objetivo a realização de um estudo sistemático sobre técnicas de *dead reckoning* para localização *indoor*. Será discutido o processo de localização em interiores de acordo com uma perspectiva histórica do assunto. Em seguida, serão explorados os conceitos gerais de *dead reckoning* em tal contexto, problemáticas e técnicas desenvolvidas. Em particular, será mostrado como os dados oriundos dos sensores de *smartphone* podem ser transformados em informação relevante. Por fim, o trabalho apresenta a implementação e visualização de um módulo de *dead reckoning*.

Palavras-chave: *dead reckoning*, localização *indoor*, processamento de sinais, sensores

Abstract

Extracting data to support several types of applications and businesses alongside the mass adoption of smartphones which, being loaded with sensors, provide a rich collection of data about their users, has been a growing trend during the last few years. Among the possible pieces of data to extract, the users' location stands out. This information is traditionally obtained through GPS, however, the system suffers a great precision loss in indoor environments. In this context, it is common to trust in the smartphone's inertial sensor readings to infer its user's position, in an inertial navigation process named dead reckoning. This thesis intends to perform a systematic study about dead reckoning techniques for indoor localization. The work discusses the location process in interiors according to a historical perspective of the subject. Subsequently, it explores general concepts about dead reckoning in the aforementioned context, as well as problematics and previously developed techniques. In particular, the thesis shows how data gathered from the sensors of a smartphone can be transformed into relevant information. Finally, this work presents the implementation and visualization of a dead reckoning module.

Keywords: dead reckoning, indoor localization, signal processing, sensors

Sumário

1. Introdução	1
2. Objetivos	3
3. Estrutura do Trabalho	4
4. Cronograma.....	5
5. Possíveis Avaliadores	6

1. Introdução

Nos últimos anos, a facilidade de acesso a novas tecnologias de baixo custo e a ubiquidade da computação causaram um grande aumento na quantidade de dados produzidos pelas pessoas. Com esse aumento, criou-se a necessidade de estudar formas de extrair e interpretar esses dados e, adicionalmente, muitas oportunidades para aqueles dispostos a utilizá-los. Um dos principais fatores que contribuiu para a geração de novos dados foi a popularização de *smartphones*. Considerando apenas o ano 2014, foram vendidos mais de 1,2 bilhões de *smartphones* no mundo (FRIEDMAN, 2015).

Por serem carregados de sensores e utilizados diariamente em proximidade a seus usuários, os *smartphones* provém uma rica coleção de dados. Dentre os possíveis dados a se extrair dos dispositivos, destaca-se a localização do usuário. A partir desta é possível tornar aplicações computacionais sensíveis ao contexto no qual o usuário está inserido, sendo localização um dos dois principais problemas a serem superados pela computação ubíqua (WEISER, 1999), juntamente com escala.

Atualmente, diversas aplicações sensíveis ao contexto tiveram sua criação possibilitada pela obtenção da localização do usuário. Existem aplicações, por exemplo, que controlam elevadores de acordo com a localização de pessoas nas proximidades, otimizando o algoritmo de movimentação deste, e outras aplicações que oferecem publicidade direcionada ao usuário de acordo com a localização dele (IN LOCO MEDIA, 2016). Algumas das técnicas, inclusive, alcançam precisões a nível de prateleiras em um supermercado (LYMBEROPOULOS et al., 2015).

Localizar uma pessoa por meio de dispositivos digitais não é um desafio recente: Há cerca de 40 anos foi lançado o *Global Positioning System* (GPS), sistema que localiza usuários de receptores em qualquer lugar na terra que possua contato com seus satélites. O GPS é mantido pelo governo dos Estados Unidos (NRC, 2014) e possui garantias de precisão de acordo com o ambiente onde o usuário do receptor se encontra.

A informação do GPS, porém, sofre uma grande perda de acurácia quando o usuário está localizado em ambientes fechados (*indoor*), não possuindo bom contato com os satélites GPS. Em contrapartida, para ser possível localizar usuários em ambientes *indoor* é necessária uma boa precisão e alta granularidade nas técnicas, vez que tais ambientes costumam ser menores e mais densos que espaços abertos.

Somando-se os fatos supracitados a estudos que revelam uma tendência crescente dos seres humanos gastarem mais tempo diariamente em ambientes fechados, sendo 87% em 2001 segundo KLEPEIS et al. (2001), é possível concluir que a localização precisa em espaços *indoor* é crucial. Consequentemente, tornou-se propício o desenvolvimento da área de localização de usuários em ambientes *indoor* como um campo de estudo a parte.

Estudos iniciais no campo de localização *indoor* investigaram o uso de dispositivos e modificações extras para obter a posição do usuário (BAHL; PADMANABHAN, 2000). Essas técnicas precursoras para a área possuíam diversas limitações e não ofereciam uma precisão muito satisfatória quando comparada com a oferecida pelo GPS em ambientes abertos. Adicionalmente,

as soluções propostas não atuavam de forma generalizada para qualquer local e sem informação prévia.

Pesquisas na área renovaram-se com as novas possibilidades geradas pelos *smartphones*, visto que os dados oriundos dos diversos sensores dos aparelhos poderiam ser usados em detrimento de dispositivos adicionais ou extensas adaptações físicas em dispositivos existentes. Além disso, criar soluções mais generalizadas se tornou uma tarefa muito mais tangível devido à facilidade de acesso.

Nas técnicas utilizadas nesse contexto é comum confiar nas medições de alguns sensores específicos dos *smartphones*, tais como giroscópio e acelerômetro, para inferir a velocidade e orientação do usuário a partir de uma posição inicial e, com o decorrer do tempo, localiza-lo. A esse processo dá-se o nome de *deduced reckoning*, comumente abreviado para *dead reckoning*. Combinado com outras técnicas, o *dead reckoning* é usado nos mais avançados sistemas de localização *indoor* da atualidade, como mostram os estudos realizados por LYMBEROPOULOS et al. (2015).

Pesquisas sobre o uso de *dead reckoning* para a localização em tempo real de usuários em ambientes urbanos foram conduzidas independentemente de pesquisas gerais sobre localização *indoor* (LADETTO, 2002). Diversos sensores inerciais eram acoplados a algum equipamento, e os dados oferecidos por estes eram então utilizados para localizar o usuário. Grandes vantagens apresentadas por esses métodos eram as possibilidades de se utilizarem sensores de maior qualidade e posicioná-los em partes ótimas do corpo, resultando em uma maior precisão e confiabilidade.

O uso de dispositivos extras, porém, torna pouco viável a aplicação em massa da técnica, vez que seria necessário um investimento adicional por parte dos usuários. Além disso, alguns equipamentos não são práticos o suficiente para o uso diário. Essa praticidade, em contrapartida, é alcançada pelos *smartphones*.

Apesar da praticidade, há uma dependência inerente na precisão dos sensores dos *smartphones* que causa problemas para o *dead reckoning*, visto que cada tipo de sensor pode apresentar uma forma diferente de erro de medição, erro cumulativo ou de viés inicial. Esses problemas são amplificados quando se leva em conta que os sensores em *smartphones* são geralmente de menor qualidade.

Extrair e processar os dados necessários para *dead reckoning* em um smartphone, portanto, não é uma tarefa trivial. Torna-se relevante, conseqüentemente, um estudo sobre diferentes abordagens para tal processo, como elas se encaixam no contexto de localização *indoor* e em que pontos elas podem ser melhoradas.

2. Objetivos

O principal objetivo deste trabalho é realizar um estudo sistemático e comparativo sobre técnicas de *dead reckoning* no contexto de localização em ambientes *indoor*. Especificamente, objetiva-se explicar o processo básico de *dead reckoning* por uma visão matemática e computacional, discorrer sobre diferentes abordagens para realiza-lo, comparar tais abordagens, mostrar as problemáticas envolvidas, e explicitar como o processo se encaixa dentro de um sistema completo para localização *indoor*. Adicionalmente, é realizada uma análise de técnicas de localização *indoor* sob uma perspectiva histórica, com o intuito de contextualizar o trabalho. Pretende-se também prover uma implementação e visualização de um módulo de *dead reckoning* para facilitar o entendimento dos conceitos apresentados.

3. Estrutura do Trabalho

O trabalho será composto pelos seguintes capítulos:

1. **Introdução:** Detalhará a temática do trabalho, mostrando o contexto no qual o estudo proposto está inserido, fazendo uma breve passagem pelos capítulos a seguir. Além disso, é dada uma justificativa para a relevância do tema e são mostrados os objetivos pretendidos.
2. **Conceitos Fundamentais:** Discorrerá sobre conceitos básicos de processamento de sinais e sensores necessários para o entendimento das técnicas a serem descritas.
3. **Localização Indoor:** Realizará uma análise histórica de técnicas de localização *indoor*, das técnicas seminais até o estado da arte. O intuito do capítulo é prover conhecimento sobre o campo no qual as técnicas de *dead reckoning*, foco do trabalho, são utilizadas e, mais especificamente, como elas colaboram com o processo.
4. **Dead Reckoning:** Capítulo principal do trabalho, equivalente a um capítulo de desenvolvimento. Nele, serão mostradas abordagens para o processo de *dead reckoning*, suas vantagens e desvantagens, problemas inerentes, e usos. Neste capítulo também é fornecida uma implementação e visualização de um módulo de *dead reckoning*, objetivando facilitar o entendimento dos conceitos discutidos e possibilitar uma análise mais precisa destes.
5. **Conclusão:** Será descrito um breve resumo do trabalho realizado e das contribuições dele. Além disso, são mostrados os desafios encontrados, considerações sobre o módulo implementado e sugestões de trabalhos futuros.
6. **Referências Bibliográficas:** Listará as referências utilizadas na pesquisa.

4. Cronograma

Atividade	Agosto			Setembro				Outubro			Novembro			Dezembro			
Revisão Bibliográfica	█	█	█														
Estudo sobre processamento de sinais e sensores			█	█													
Pesquisa em sistemas de localização indoor atuais				█	█												
Pesquisa sobre o uso de dead reckoning em sistemas atuais					█	█	█										
Desenvolvimento de <i>features</i> para um módulo de <i>dead reckoning</i>								█	█	█	█	█					
<i>Elaboração</i> do Relatório Final											█	█	█	█			
Preparação da Defesa													█	█	█	█	
Defesa																█	█

5. Possíveis Avaliadores

Possíveis avaliadores para o trabalho são os professores Daniel Carvalho da Cunha (CIn/UFPE) e Carlos André Guimarães Ferraz (CIn/UFE).

Assinaturas

Silvio de Barros Melo
Orientador

Vinícius de Moraes Rêgo Cousseau
Aluno

Referências Bibliográficas

BAHL, P.; PADMANABHAN, V.n.. RADAR: an in-building RF-based user location and tracking system. Proceedings Ieee Infocom 2000. Conference On Computer Communications. Nineteenth Annual Joint Conference Of The Ieee Computer And Communications Societies (cat. No.00ch37064), [s.l.], v. 2, p.775-784, 2000. Institute of Electrical & Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/infcom.2000.832252>.

FRIEDMAN, A., 1.2 billion smartphones sold in 2014, slowdown in growth seen for 2015, PhoneArena. 2015. Disponível em: <http://www.phonearena.com/news/1.2-billionsmartphones-sold-in-2014-slowdown-in-growth-seen-for-2015_id66085>. Acesso em 19 jul. 2016.

IN LOCO MEDIA (Pernambuco). Início - In Loco Media: A maior e mais avançada plataforma de anúncios mobile do Brasil. 2016. Disponível em: <<https://www.inlocomedia.com/>>. Acesso em: 16 ago. 2016.

KLEPEIS, Neil e et al. The National Human Activity Pattern Survey (NHAPS): a resource for assessing exposure to environmental pollutants. J Expo Anal Environ Epidemiol, [s.l.], v. 11, n. 3, p.231-252, jun. 2001. Nature Publishing Group. <http://dx.doi.org/10.1038/sj.jea.7500165>.

LADETTO, Q.; MERMINOD, B.. Digital Magnetic Compass and Gyroscope Integration for Pedestrian Navigation, 9th International Conference on Integrated Navigation Systems, p. 27 – 29, St. Petersburg, 2002.

LYMBEROPOULOS, Dimitrios et al. A realistic evaluation and comparison of indoor location technologies. Proceedings Of The 14th International Conference On Information Processing In Sensor Networks - Ipsn '15, [s.l.], p.178-189, 2015. Association for Computing Machinery (ACM). <http://dx.doi.org/10.1145/2737095.2737726>.

NRC. The global positioning system: a shared national asset: recommendations for technical improvements and enhancements. National Academies Press. p. 16, Washington, 2014.

WEISER, M., “The Computer for The 21st Century”, *Sigmobile Mob. Comput. Commun. Rev.*, vol. 3, n. 3, p. 3 – 11, New York, 1999. Association for Computing Machinery (ACM). <http://dx.doi.org/10.1145/329124.329126>.