

# Um estudo sobre tecnologias de localização em ambientes fechados

Gabriela Tieko Hirashima<sup>1</sup>, Elieser Botelho Manhas Jr.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Computação – Universidade Estadual de Londrina (UEL) ~ Caixa Postal 10.011 – CEP 86057-970 – Londrina – PR – Brasil

`gabriela.hirashima@uel.br, elieser@uel.br`

**Abstract.** *The indoor localization technology became extremely relevant nowadays, showing great versatility to managing and support systems. The data from those methods are relevant to a wide range of fields, including health, warehousing, robotics etc., in which approaches may vary due to different purposes. With these on mind, this paper will discuss indoor localization methods, studying the technology efficiency and pointing out the vantages and disadvantages from each system.*

**Resumo.** *O uso de tecnologias de localização em ambientes fechados vem se tornando extremamente relevante para os tempos atuais, funcionando de maneira versátil para o gerenciamento e manutenção de sistemas. Os dados obtidos por estes métodos são relevantes para as mais diversas áreas: saúde, depósitos, varejo, robótica etc., e muitas vezes, os meios adequados para alcançar os objetivos se diferem. Portanto, este trabalho se propõe a discutir algumas das técnicas de localização em ambientes fechados, estudando a eficiência de algumas dessas tecnologias e evidenciando vantagens e desvantagens de cada sistema.*

## 1. Introdução

Com a introdução de smartphones e outros dispositivos inteligentes sem fio, uma das tecnologias que vêm sendo de extrema relevância, é a de localização em ambientes fechados [1], seja de dispositivos, pessoas ou objetos, em diversas esferas. O uso dessa tecnologia possui as mais diversas aplicações, podendo apontar a navegação em centros de compras, auxiliar no resgate em incêndios, planejar rotas de estacionamento em garagens [2], rastrear a montagem de automóveis, equipamentos e pacientes, equipe hospitalar e equipamentos hospitalares [3] e etc.

Sabendo das diversas aplicações desse tipo de localização, é também preciso compreender a diferença entre os métodos utilizados para obter os resultados apresentados. A localização em ambientes fechados (*indoor localization*) possui múltiplas abordagens, cada uma com características próprias para determinados usos.

Para muitas das situações, a precisão é uma necessidade. Em uma indústria 4.0, por exemplo, essa precisão deve ser de 0,1 m [4], o que infere em técnicas mais sofisticadas para alcançar o resultado esperado. Nos exemplos citados acima, a precisão também é imprescindível para gerar proveito da tecnologia aplicada.

Embora seja algo de grande importância para o sucesso dos sistemas, a precisão nem sempre é obtida, seja por alto custo de dispositivos, interferências externas e internas, falhas em algoritmos etc.

Diante dos problemas citados, este trabalho possui a proposta de analisar de forma prática e teórica alguns dos procedimentos de localização em ambientes fechados, avaliando seu desempenho em situações diversas, de modo a comparar e documentar os diferentes conceitos.

## **2. Fundamentação Teórica-Metodológica e Estado da Arte**

### **2.1. Localização em ambientes abertos**

O Sistema de Posicionamento Global (GPS, do inglês *Global Positioning System*) possui uma alta taxa de sucesso quando se trata de navegação em ambientes abertos, porém, não é tão efetivo quando a busca é feita em ambientes fechados, devido a complexidade destes locais que podem contar com diversos objetos que obstruem os sinais e construções que podem causar o efeito de multipercorso (*multipath*) e a atenuação das ondas de satélite [2, 5]. Isto é, quando um sistema indoor de GPS não é aplicado, com satélites próprios para o aumento de sinal [6].

Outro método aplicado é utilizar a base de infraestrutura de aparelhos celulares, porém, com menos precisão que o GPS. Mais técnicas de localização em ambientes abertos são constantemente propostas, como por exemplo, usando *Fingerprints* que analisam assinaturas pré-definidas por meio de sensores dos smartphones para estimar a posição [7].

Os dados de localização são frequentemente utilizados em aplicativos, sistemas de comunicação etc., e são essenciais para o bom funcionamento destes. É importante saber, por exemplo, a localização de um smartphone e seu usuário em aplicações como as de motorista particular ou de entregas de comida. Nesses casos, a utilização de um sistema de localização com GPS ou até mesmo a infraestrutura de aparelhos celulares seria o suficiente. No entanto, quando situações mais complexas exigem a posição de um determinado elemento em um ambiente fechado, a abordagem precisa ser diferente.

### **2.2. Localização em ambientes fechados**

Como citado no parágrafo 2.1., a localização se tornou um elemento de grande importância em dados e não pode ser tratada de maneiras similares para ambientes abertos e fechados. Em locais fechados, as abordagens necessitam de técnicas diferentes devido à complexidade desses ambientes. Paredes, objetos que atrapalham a propagação de sinal e até mesmo pessoas podem atrapalhar os sistemas de localização internos.

Além disso, as propostas são diferentes. Um sistema de posicionamento em ambientes fechados pode oferecer por exemplo, o controle logístico de um depósito inteligente, gerenciando a entrada, saída de produtos e planejando rotas de transporte dentro de um depósito [8]. Pode também, auxiliar a navegação em centros de compras, auxiliar no resgate em incêndios, planejar rotas de estacionamento em garagens [2], rastrear a montagem de automóveis, equipamentos e pacientes, equipe hospitalar e equipamentos hospitalares [3] e etc.

Como os exemplos acima apontam, a precisão para este tipo de sistema é essencial. No entanto, alguns fatores podem atrapalhar o desempenho dessas técnicas

que o aplicam, ainda mais quando há a necessidade de modelagens mais complexas de localização, como por exemplo, um posicionamento em três dimensões.

### **2.2.1. Sistemas utilizando RFID**

As etiquetas (*tags*) de RFID (*Radio Frequency Identification*) são uma das apostas para a localização em ambientes fechados. O RFID utiliza as ondas de rádio para acessar os dados de um microchip, geralmente em etiquetas, as quais podem ter três classificações:

1. Passiva – Etiquetas que não dependem de bateria externa, energia é obtida através da conversão de energia de microondas em eletricidade. Possui menos alcance de funcionamento. Precisa de um leitor de alta potência para o funcionamento, com capacidade de transferir energia e instruções para a etiqueta [2].
2. Semipassiva – Etiquetas que possuem uma bateria de baixo custo, o que diminui a potência necessária do leitor.
3. Ativa – Etiqueta possuem bateria e transmissor, o que aumenta o alcance de funcionamento. A etiqueta transmite o sinal para o leitor sem precisar aguardar por instruções [2].

No caso de uso de uma etiqueta RFID passiva por exemplo, a localização é estimada utilizando algoritmos de localização por meio dos dados obtidos do leitor, que recebe a informação dos sinais modulados das etiquetas [2]. Ao estimar o *round-trip time* (RTT) do sinal, é possível inferir precisamente a distância da etiqueta,

Um exemplo de uso é o de depósito inteligente, o qual utilizou Ultra WideBand (UWB), uma tecnologia ainda emergente, para o sistema. Utilizando etiquetas UHF (*Ultra High Frequency*) RFID para identificar cada objeto do depósito, antenas e leitores de UHF-RFID, âncoras UWB como referências de estações bases de posicionamento, terminais para envio de sinais para as etiquetas e um sistema para processamento de localização e dados [8].

Também utilizando RFID, outra solução baseada em etiquetas UHF-RFID e UWB é apresentada. Um usuário consegue se localizar e encontrar objetos com as etiquetas, interagindo e recebendo informações dispostas em um shopping center, podendo funcionar com a tecnologia de realidade aumentada, por exemplo. Além disso, também é citado o monitoramento de remédios em um hospital e cadeias de alimentos para prevenir adulterações [9].

Muitos problemas são citados nas soluções pesquisadas. Os sinais de um ambiente interno por exemplo, podem atrapalhar as etiquetas. O path-loss de um sistema *two-way* pode ser grande nesses casos, muita energia é desperdiçada pela tag, etiquetas assíncronas que exigem tratamento no algoritmo e além de muitos outros detalhes que ainda não foram devidamente resolvidos.

### **2.2.2. Outros métodos**

Muitos outros sistemas foram desenvolvidos com o intuito de obter a posição estimada de um objeto ou pessoa. Algumas dessas outras técnicas são as seguintes [10]:

- Sinais Ultrassônicos: Os sinais estimam a localização com base em etiquetas e receptores. Muitas vezes são combinados com outros métodos para obter a distância de maneira precisa.

- Localização por vídeo: Outra técnica interessante envolve a utilização e aparelhos de vídeo e aparelhos para o processamento de imagem. Os sistemas geralmente se baseiam no conjunto de dados recebidos da imagem, ângulos das câmeras e métodos de *tracking*.

- Localização por WiFi: O WiFi é uma tecnologia de fácil acesso nos dias de hoje. O uso do Wi-Fi possui as vantagens de não precisar de aparelhos adicionais (além de um dispositivo como um roteador e um receptor, ambos comuns no cotidiano). O cálculo da distância analisa as ondas de Wi-Fi dos terminais receptores para obter a posição estimada.

### **2.2.3. Algoritmos**

Após a coleta dos dados por sensores, antenas etc., é preciso realizar cálculos para que a localização seja obtida com precisão. Para isso, existem diversos métodos para a descoberta dos valores.

Em recursos em que a localização é calculada com base em sinais, a dificuldade é dada devido as propagações de onda. Em RSSI (*Received Signal Strength Indicator*) por exemplo, um transmissor e um receptor são utilizados para estimar a distância por meio da força do sinal. A atenuação de sinal causada por paredes, obstáculos, ondas de som do ambiente interno e o efeito de multipercurso causam a diminuição de efetividade da técnica [1].

Nestes sistemas, os algoritmos possuem a função de calcular a distância e retornar o ponto em que determinados elementos se encontram. O algoritmo de trilateração por exemplo, consiste em saber a distância entre o objeto e três outros elementos com localização definida, e assim, descobrir a posição 2d do objeto. O algoritmo de *MinMax* utiliza-se de retângulos para calcular distâncias entre os objetos de interesse, usando o modelo de *path-loss*. Outro algoritmo relevante é o *Maximum Likelihood*, que se baseia na teoria clássica de inferência estatística, calculando a probabilidade de localizar um objeto em uma dada área diminuindo o erro estimado [5].

## **3. Objetivos**

Este trabalho tem como objetivo estudar o tema de localização em ambientes fechados de maneira geral, oferecendo informações e dados concretos com os seguintes fins:

1. Oferecer definições objetivas e claras sobre os sistemas selecionados, abordando suas fraquezas e qualidades;
2. Abordar utilidades em situações reais, informando custos estimados e resultados possíveis;
3. Disponibilizar dados de experimentos realizados, visando destacar os pontos de discrepância entre os sistemas estudados de maneira prática;

## **4. Métodos e técnicas**

Para o desenvolvimento deste trabalho, os passos a serem seguidos estão divididos em oito etapas, os quais podem ocorrer de maneira simultânea.

1. Levantamento Bibliográfico – O primeiro passo será analisar a literatura do tema, com foco em compreender mais sobre os sistemas desenvolvidos de uma maneira geral.
2. Seleção de Sistemas – O segundo passo envolverá uma seleção criteriosa dos sistemas analisados, buscando obter um leque diversificado para uma abordagem mais rica e interessante, pensando na aplicação prática do modelo.
3. Aprofundamento bibliográfico sobre os sistemas selecionados – O terceiro passo será o de buscar na literatura científica, informações específicas sobre as técnicas selecionadas no passo dois, os quais serão utilizadas para os passos quatro e cinco.
4. Desenvolvimento teórico – No quarto passo, todo o conhecimento encontrado no passo três será aplicado para desenvolver as teorias de maneira clara. Isto é, apontar vantagens e desvantagens de cada técnica, abordando os métodos de uso e aplicação.
5. Desenvolvimento prático – Na quinta parte, o objetivo é testar de maneira prática, os sistemas selecionados para este passo. Isto é, implementar algoritmos e sistemas físicos escolhidos para obter dados de uso e informações necessárias para a pesquisa.
6. Análise e comparação dos resultados obtidos – O sexto passo envolverá a análise dos dados coletados do passo quatro e cinco, comparando-os entre si e examinando a aplicação real de cada técnica.
7. Escrita do TCC – No sétimo passo, a escrita do TCC será concluída. Reunindo as informações coletadas ao longo do trabalho, o processo de redação será feito com o objetivo de esclarecer os métodos citados de maneira concisa.

## **6. Cronograma de Execução**

As atividades propostas são as seguintes:

1. Levantamento Bibliográfico
2. Seleção de sistemas
3. Aprofundamento bibliográfico sobre os sistemas selecionados
4. Desenvolvimento teórico
5. Desenvolvimento prático
6. Análise e comparação dos resultados obtidos
7. Escrita do TCC

**Tabela 1. Cronograma de Execução**

	Set/ 22	Out/ 22	Nov/ 22	Dez/ 22	Jan/ 23	Fev/ 23	Mar/ 23	Abr/ 23
Atividade 1	X							
Atividade 2		X						
Atividade 3			X					
Atividade 4			X	X				
Atividade 5					X	X	X	
Atividade 6							X	
Atividade 7			X	X	X	X	X	X

## 7. Referências

- [1] Faheem Zafari, Athanasios Gkelias, Kin K. Leung. A Survey of Indoor Localization Systems and Technologies. *IEEE Communications Surveys & Tutorials* (Volume 21, Issue 3, third quarter 2019).
- [2] Chenyang Li, Lingfei Mo, Dongkai Zhang. Review on UHF RFID Localization Methods. *IEEE Journal of Radio Frequency Identification* (Volume 3, Issue 4, December 2019).
- [3] Mohamed R. Mahdfouz, Aly E. Fathy, Michael J. Kuhn, Yahzou Wang. Recent Trend and Advances in UWB Positioning. Published in 2009 *IEEE MTT-S International Microwave Workshop on Wireless Sensing, Local Positioning, and RFID*.
- [4] Mickael Delamare, Remi Boutteau, Xavier Savatier, Nicolas Iriart. Static and Dynamic Evaluation of an UWB Localization System for Industrial Applications. *Sci* 2020, 2(2), 23, <https://doi.org/10.3390/sci2020023>.
- [5] Ali Yassin, Youssef Nasser, Mariette Awad, Ahmed Al-Dubai, Rai Liu, Chau Yuen, Ronald Raulefs, Elias Aboutanios. Recent Advances in Indoor Localization: A Survey on Theoretical Approaches and Applications. Published in 2016 *IEEE Communications Surveys & Tutorials* (Volume 19, Issue 2, Secondquarter 2017).
- [6] Xiaowei Lu, William J. O'Brien, Christine L. Julien. Comparative evaluation of Received Signal-Strenght Index (RSSI) based indoor localization techniques for construction jobsites. *Advanced Engineering Informatics*, Volume 2, Issue 2, April 2011, Pages 355-363.
- [7] Quoc Duy Vo, Pradipta De. A Survey of Fingerprint based Outdoor Localization. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*. (Volume 18, Issue 1, Firstquarter 2016).
- [8] Kang Zhao, Minghua Zu, Bo Xiao, Xuguang Yang, Changlei Gong, Junyi Wu. Joint RFID and UWB Technologies in Intelligent Warehousing Management System. Published in *IEEE Internet of Things Journal* (Volume 7, Issue 12, December 2020).
- [9] Davide Dardari, Nicoló Decarli, Anna Guerra, Francesco Guidi. The Future of Ultra-Wideband Localization in RFID. 2016 *IEEE International Conference on RFID (RFID)*.

- [10] Chaimaa Basri, Ahmed El Khadimi. Survey of Indoor localization System and Recent Advances of WIFI Fingerprinting Technique. 2016 5<sup>th</sup> International Conference on Multimedia Computing and Systems (ICMCS)