# Localização indoor utilizando Bluetooth Low Energy e aprendizado de máquina

RESUMO EXPANDIDO - Disciplina de TCC290009

## Daniel Trevisan Tatsch

Estudante do Curso de Engenharia de Telecomunicações

### Roberto de Matos

Professor orientador

Semestre 2018-2

Resumo- A necessidade de localização de objetos ou pessoas não se limita somente à aplicações em ambientes externos, tendo a localização indoor grande importância nos cenários de Internet of Things (IoT). Tecnologias como o Bluetooth Low Energy (BLE), foco deste trabalho, em conjunto com técnicas de aprendizado de máquina usam apenas dados provenientes da comunicação entre os componentes da rede para aferir a localização em ambientes internos. O objetivo deste trabalho é apresentar testes e análises de diferentes técnicas de aprendizado de máquina associadas à localização indoor utilizando BLE.

Palavras-chave: Bluetooth Low Energy. Aprendizado de máquina. Localização indoor.

#### 1 Introdução

Atualmente, a busca por sistemas de controle e monitoramento situados no contexto de IoT tem priorizado equipamentos que possuem baixo custo de implementação e consumo energético ínfimo. Isso permite englobar aplicações altamente escaláveis e com valores aceitáveis a diferentes contextos, como transporte, saúde, automação industrial, ou até o meio ambiente, onde poderia ser feito por exemplo, o monitoramento de lugares propícios a ocorrência de desastres naturais (AL-FUQAHA et al., 2015). Com o intuito de suprir essas demandas, tecnologias de comunicação como o BLE, ZigBee® e LoRaWAN possuem como principais características a eficiência energética e custo de implementação reduzido.

À medida que soluções envolvendo IoT se difundem, surge a necessidade de se obter resultados mais aprimorados com tecnologias que antes não eram utilizadas para tais finalidades. No caso do BLE por exemplo, havendo uma rede de dispositivos que se comunicam utilizando essa tecnologia, a mesma pode ter como objetivo determinar a localização desses equipamentos em determinados ambientes.

Determinar a localização de pessoas ou objetos em ambientes abertos, denominados outdoor, se tornou algo trivial graças ao Global Positioning System (GPS). No entanto, segundo Sadowski e Spachos (2018), sua precisão fica comprometida quando aplicado em ambientes internos, chamados de indoor, como prédios ou casas. Isso se dá por conta da dependência de linha de visada dos dispositivos com os satélites de GPS. Alguns fatores que desfavorecem a utilização do GPS para localização indoor estão ligados também ao consumo de energia e ao custo de aquisição do sensor.

Para Rezende e Ynoguti (2015), o maior desafio de se implementar a localização indoor está nas características do próprio ambiente em si, como a existência de móveis, paredes, equipamentos ou pessoas, que influenciam na comunicação sem fio dos dispositivos que compõem a rede. Para indicar com fidelidade a posição de um usuário ou dispositivo em um ambiente interno, a precisão pode chegar a apenas alguns centímetros, visto que com uma diferença mínima outro ambiente pode ser registrado.

Diferente do GPS, a localização *indoor* pode apresentar, dependendo da técnica utilizada, resultados na forma simbólica, estimando não coordenadas geográficas, mas sim setores ou ambientes em que os dispositivos podem estar posicionados. Para Rezende e Ynoguti (2015), um sistema de localização *indoor* é utilizado de forma única em cada cenário em que é aplicado. Em uma loja por exemplo, pode haver o monitoramento da seção em que cada cliente está, sugerindo ofertas de determinados produtos que estão próximos a sua posição. Já em um hospital, saber a localização de médicos e pacientes pode ser crucial em casos de emergência.

O BLE, bem como outras tecnologias de comunicação sem fio de baixo consumo energético e custo de implementação reduzido, busca suprir com essa necessidade de localização em ambientes internos. De acordo com Liu et al. (2007), essas técnicas podem se basear na potência do sinal recebido, chamada de RSSI (*Received Signal Strength Indication*); no ângulo de incidência do sinal na antena do receptor, conhecido como AoA (*Angle of Arrival*); ou no tempo de voo, denominado ToF (*Time of Flight*), que especifica o tempo de propagação do sinal entre os dois nós.

Para prover um resultado mais preciso na localização indoor, diferentes técnicas de aprendizado de máquina podem ser utilizadas. De acordo com Lovon-Melgarejo et al. (2018), os algoritmos pertencentes ao aprendizado de máquina supervisionado, Supervised Learning Algorithms (SLAs), consistem basicamente em duas etapas: treino e classificação. Na primeira fase é gerado um modelo de categorização a partir das amostras dos dados coletados – RSSI, por exemplo. Esses dados são utilizados posteriormente para inferir a classificação das novas informações coletadas no sistema durante a segunda fase. De modo geral, quando novos dados são coletados, suas posições podem ser estimadas através de um histórico de comportamento do sistema previamente registrado. Este trabalho tem como objetivo avaliar diferentes técnicas de aprendizado de máquina associadas ao contexto de localização indoor, utilizando como tecnologia de comunicação o BLE.

### 2 Metodologia

Para o cumprimento do objetivo proposto, este trabalho está dividido em três etapas: estudo das técnicas de localização *indoor*, desenvolvimento de uma rede de dispositivos BLE e análise e testes de diferentes técnicas de aprendizado de máquina aplicadas na localização dos componentes presentes na rede implementada.

### 2.1 Estudo das técnicas de localização indoor

Nesta etapa é necessário compreender os diversos métodos utilizados para se obter a localização *indoor*, desde os parâmetros da comunicação que serão utilizados (RSSI, ângulo de incidência do sinal na antena do dispositivo receptor, ou o tempo de propagação do sinal entre os pontos), até a implementação do algoritmo responsável por determinar a posição dos equipamentos.

### 2.2 Implementação de uma rede de dispositivos BLE

A partir da definição da técnica de localização utilizada, parte-se então para a implementação de uma rede de dispositivos se comunicando via BLE. A arquitetura dessa rede constitui uma topologia em estrela, onde os dispositivos finais, ou nós, enviam suas informações aos gateways ou concentradores. Eles ficam responsáveis por enviar as informações coletadas e a identificação dos nós para um servidor remoto, onde serão aplicados os algoritmos de aprendizado de máquina para determinar a localização deles.

#### 2.3 Análise e testes das técnicas de aprendizado de máquina

Os testes consistem em aplicar os SLAs, como *k-Nearest Neighbour* (k-NN) e o *Support Vector Machine* (SVM), na base de dados gerada no servidor. As comparações consistem em verificar quais classificadores obtêm maior precisão na estimativa da localização.

## 3 Considerações Parciais/Finais

Para realizar a localização *indoor* optou-se por utilizar técnicas que necessitam apenas do RSSI, pois para aplicar as técnicas dependentes de outros parâmetros, seria necessário um *hardware* mais aprimorado aumentando o custo da solução. No caso do AoA, por exemplo, seria necessário um arranjo de antenas para estimar com precisão a posição dos dispositivos finais. Já com o ToF, o custo estaria agregado à necessidade de sincronismo entre esses dispositivos e os *gateways*.

#### Referências

AL-FUQAHA, A. et al. Internet of things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications. *Communications Surveys Tutorials, IEEE*, IEEE, USA, v. 17, n. 4, p. 2347–2376, 2015. ISSN 1553-877X.

LIU, H. H. et al. Survey of wireless indoor positioning techniques and systems. *Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions on*, IEEE, USA, v. 37, n. 6, p. 1067–1080, 2007. ISSN 1094-6977.

LOVON-MELGAREJO, J. et al. Supervised learning algorithms for indoor localization fingerprinting using ble4.0 beacons. In: . Arequipa, Peru: [s.n.], 2018. v. 2017-November, p. 1-6. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1109/LA-CCI.2017.8285716>.

REZENDE, E. M.; YNOGUTI, C. A. Tecnologias para localização interna (indoor location). II RST - Seminário de Redes e Sistemas de Telecomunicações, INATEL, BR, 2015. ISSN 2358-1913.

SADOWSKI, S.; SPACHOS, P. Rssi-based indoor localization with the internet of things.  $IEEE\ Access$ , v. 6, p. 30149 – 30161, 2018. ISSN 21693536. Disponível em: <a href="http://dx.doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2843325">http://dx.doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2843325</a>.