



## **Intelligent Construction Site: On Low Cost Automated Indoor Localization Using Bluetooth Low Energy Beacons**

Behnam Badihi, Jianyu Zhao, Siyan Zhuang, Olli  
Seppanen, Riku Jantti

2019 IEEE Conference on Wireless Sensors (ICWISE)

# Sumário

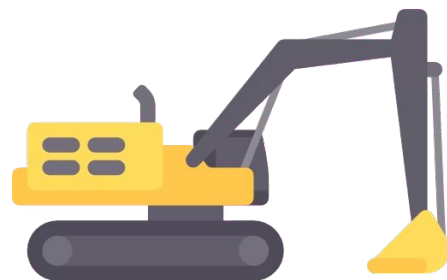
- Resumo
- Objetivo e justificativa;
- Contribuição e estudo futuro;
- Proposta do autor;
- Materias e métodos;
- Resultados e discussões;
- Conclusão.

# Resumo

- Foi desenvolvido um sistema de rastreamento em tempo real para sítios de construção utilizando beacons de Bluetooth Low Energy (BLE)
- Utiliza o método de trilateração para adquirir a localização em tempo real de recursos e trajetórias de movimento nos locais de construção
- O protótipo foi implementado e testado em uma construção real na China
- O sistema de rastreamento implementado pode ser utilizado em locais de construção, dependendo do nível de precisão necessário para o projeto



Figura[1] Fonte:  
<https://cdn-icons-png.flaticon.com/512/2778/2778451.png>



Figura[2] Fonte:  
[https://img.freepik.com/icones-gratis/caminhao\\_318-272734.jpg?w=2000](https://img.freepik.com/icones-gratis/caminhao_318-272734.jpg?w=2000)

# Justificativa

- A construção civil, é uma das indústrias com mais contribuição na economia mundial
- As obras de construção são um ambiente complicado e dinâmico
- É caracterizado por várias interações entre mão de obra, material e ferramentas quase totalmente manuais
- Sofre de problemas como:
  - Baixa produtividade
  - Alto nível de ineficiência
  - Má alocação de recursos
  - Acidentes graves
  - Problemas de saúde



Figura[3] Fonte:  
<https://venatus.com.br/wp-content/uploads/fiscalizacao-de-qualidade-de-obras-curitiba.webp>

# Justificativa

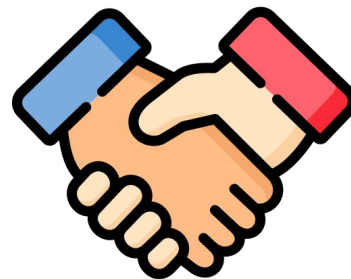
- A obtenção de informações em tempo real sobre localização de recursos, mão de obra e equipamentos é essencial para:
  - Eficiência
  - Garantir fluxos de trabalho consistente
  - Ajuda melhorar a segurança
- Existe uma falta de soluções acessíveis, fáceis de usar e implementar, que preencham a lacuna entre as informações de rastreamento e as preocupações de gestão



Figura[3] Fonte:  
<https://venatus.com.br/wp-content/uploads/fiscalizacao-de-qualidade-de-obras-curitiba.webp>

# Contribuição

- Abordou em conjunto IOT com BLE para tentar resolver um problema da área da engenharia civil
- Desenvolvimento de um algoritmo de seleção de gateway: O autor projetou um algoritmo para selecionar o gateway mais próximo de um determinado beacon com base em RSSI
- Introdução de um sistema baseado em beacons e gateways para rastreamento de trabalhadores
- Mostrou o potencial de uso em larga escala em ambientes de construção

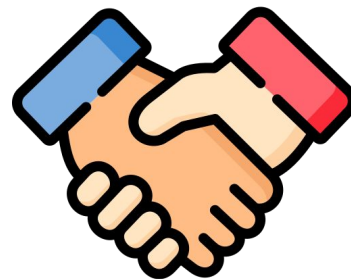


Figura[4]

Fonte: <https://cdn-icons-png.flaticon.com/512/3790/3790110.png>

# Contribuição

- Propõe novo trabalho para responder às seguintes perguntas:
  - Como a trilateração melhora o sistema de rastreamento de localização baseado em BLE Beacon existente?
  - Como um sistema de rastreamento em tempo real com recurso de posicionamento de coordenadas pode ajudar o gerenciamento de operações na construção?
  - E quais são os casos de uso em construção para este protótipo?



Figura[4]

Fonte: <https://cdn-icons-png.flaticon.com/512/3790/3790110.png>

# Trabalho Futuro

- O trabalho futuro em relação à localização é aprimorar ainda mais a precisão do sistema de coordenação, utilizando novas tecnologias e técnicas
- Podemos citar como os métodos de Ângulo de Chegada (AoA) e Ângulo de Partida (AoD)
- Esses métodos estão padronizados na versão 5.1 do BLE (Bluetooth Low Energy) e em breve serão incorporados aos dispositivos.



Figura[5]

Fonte: <https://img.genial.ly/6044a600e7d54d158f458d36/570561ab-9983-4e8f-8c0f-3f36bff0b48b.png>



# Estrutura da solução

## Arquitetura

- BLE Beacons;
- Gateway;
- Cloud.

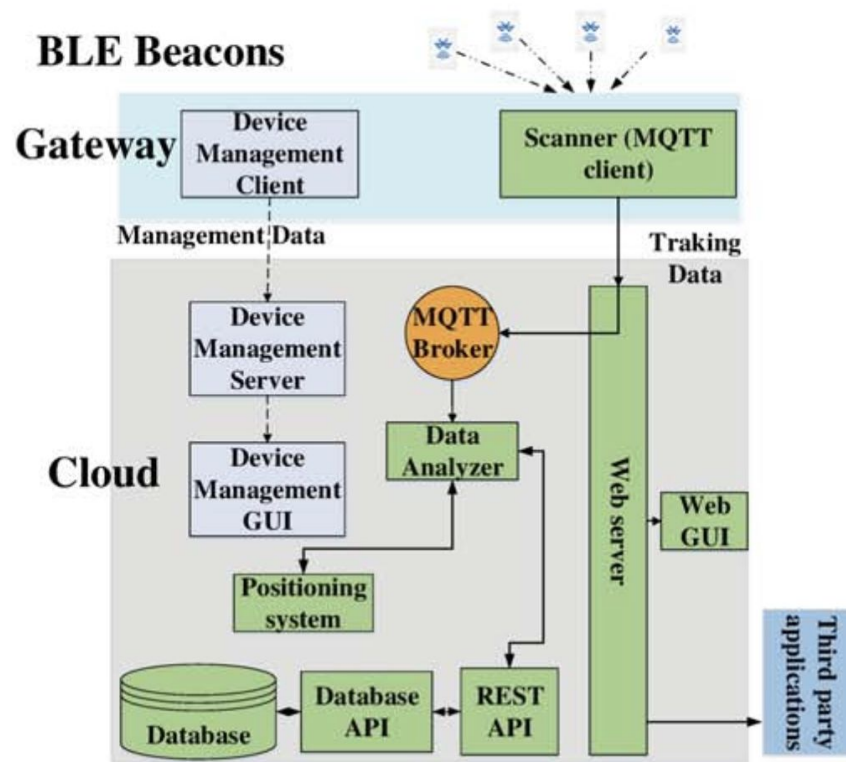
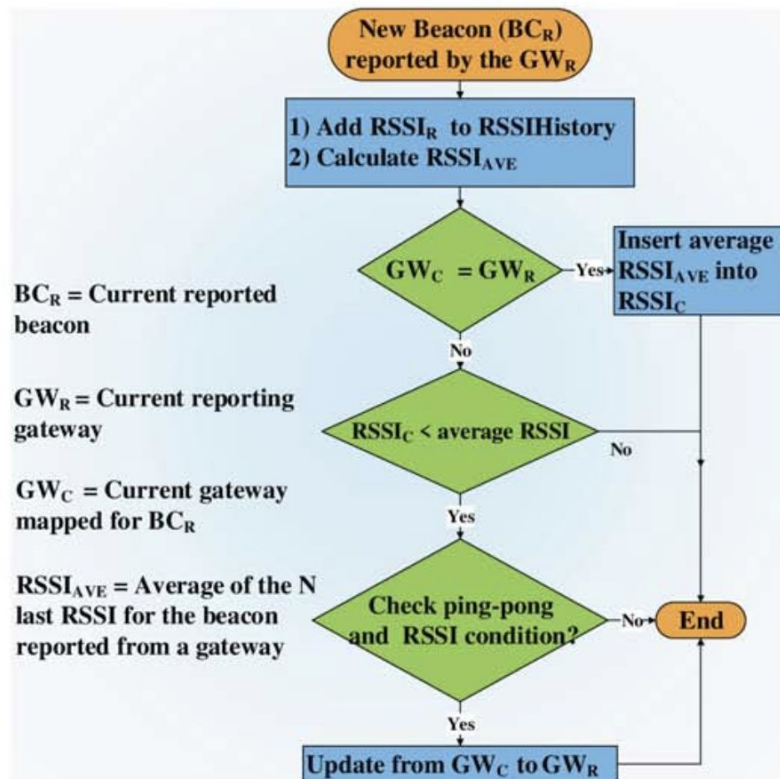


Figura 6. Visão geral da arquitetura do artigo. Fonte: Badihi, 2019. [5]

# Estrutura da solução

## Algoritmo de Rastreamento e monitoramento

Figura 7. Algoritmo de Rastreamento e monitoramento.  
Fonte: Badihi, 2019. [5]



# Estrutura da solução

## RSSI e a distância

- A relação teórica entre RSSI e distância é:

$$RSSI = A - 10n \log d$$

Fórmula 1. Relação entre RSSI e distância. Fonte: Badihi, 2019. [5]

- $A$  = RSSI ref = RSSI de um beacon a 1 metro de distância;
- $n$  = Variável de ambiente;
- $d$  = distância em metros;

# Estrutura da solução

## Trilateração

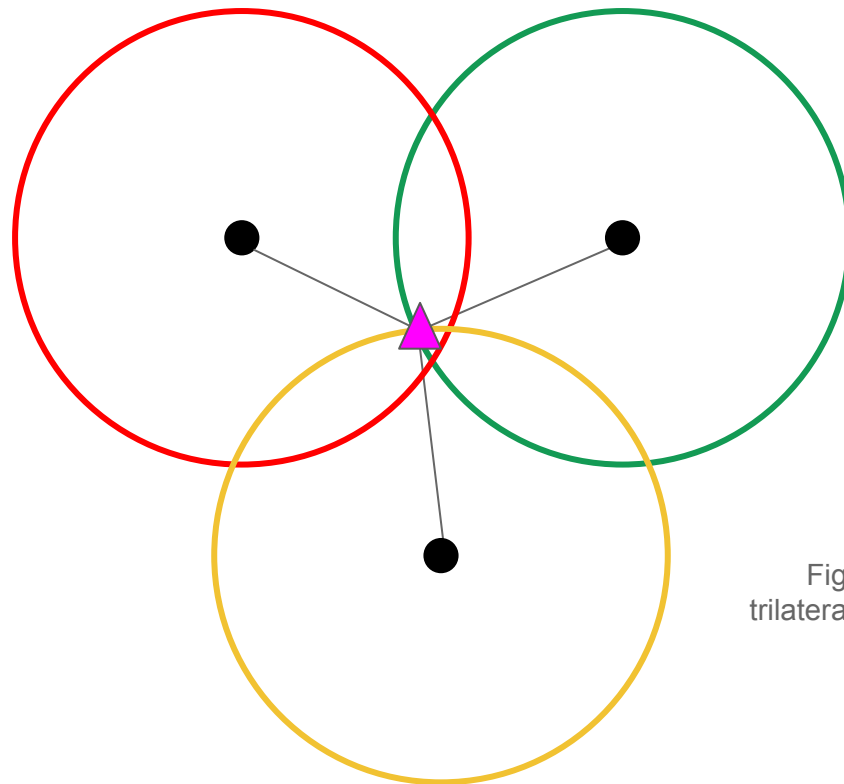
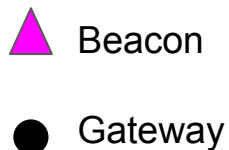


Figura 8. Exemplificação da trilateração. Fonte: Próprios autores;

# Resultados e discussões

- A solução proposta foi testada em um canteiro de obras na China, especificamente em um shopping em fase de instalação.

## Resultados e discussões



Figura 9. Foto do local de construção em Shijiazhuang. Fonte: Badihi, 2019. [5]

# Resultados e discussões

- Durante os testes, foram coletados dados de rastreamento de trabalhadores e equipamentos usando os beacons BLE e gateways.
- Através da trilateração dos sinais dos beacons, foi possível determinar as coordenadas dos trabalhadores com uma margem de erro aceitável.
- A solução também localizou os equipamentos no canteiro de obras. Isso trouxe benefícios em termos de segurança e prevenção de perdas.
- Observou-se que a solução apresentou uma boa estabilidade de sinal BLE.
- Gateways foram capazes de transmitir os dados de forma confiável, mesmo em ambientes com interferências e obstáculos.

# Resultados e discussões

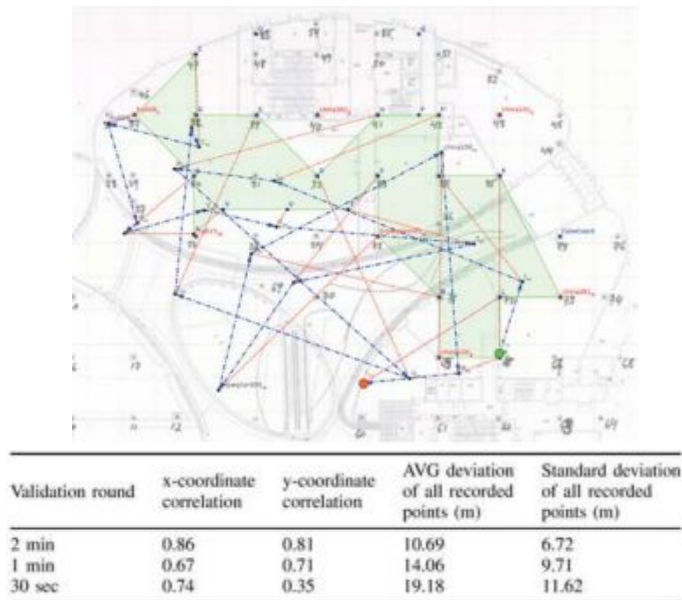


Figura 10. Exemplificação da trilateração. Fonte: Próprios autores;



# Resultados e discussões

- Embora os testes tenham sido realizados em um canteiro de obras específico, é necessário avaliar como a solução se comportaria em projetos de construção maiores e mais complexos.
- Apesar de não ser o caso, é importante considerar que a interferência de outros dispositivos eletrônicos, como obstáculos físicos, podem afetar a confiabilidade do sinal BLE.
- Uma área de trabalho futuro é a implementação de recursos adicionais para enriquecer a solução, como: a integração de sensores adicionais, como sensores de temperatura ou acelerômetros, pode permitir a detecção de situações de risco.

# Resultados e discussões

## Extensões da proposta do artigo

- Citado por 8 artigos;
- Comparado como trabalho relacionado em 2 deles;
- Artigo destacado:
  - Real-Time Locating System in Production Management [6]

Rácz-Szabó, A.; Ruppert, T.; Bántay, L.; Löcklin, A.; Jakab, L.; Abonyi, J

# Conclusão

- A indústria da construção como um dos principais contribuintes para a economia mundial está atualmente passando por uma enorme falta eficiência e desperdício devido a razões gerenciais e má alocação de recursos.
- O estudo mostra que a etapa atual pode ser beneficiada nos canteiros de obras para obter a localização em tempo real dos trabalhadores e materiais para obter informações gerenciais sobre os resíduos nos canteiros de obras.
- Como exemplo, este sistema pode ser benéfico para rastrear grandes ferramentas e maquinários em canteiros de obras, onde o erro na escala de metros pode ser maior.

# Visão crítica

- O artigo apresenta um sistema interessante de monitoramento e localização de trabalhadores utilizando beacons e gateways.
- Existem algumas áreas em que a escrita e a estrutura do artigo poderiam ser aprimoradas
- Sugestão de tornar a linguagem mais acessível para leitores menos familiarizados com o assunto
- Utilização de terminologias mais simples e explicações adicionais quando necessário
- Falta de informações sobre como a precisão da localização é calculada
- Discussão sobre os custos associados à implementação do sistema em um canteiro de obras.

# Referências

- [1] Khalid, A., Memon, I. (2021). Bluetooth-Based Traffic Tracking System Using ESP32 Microcontroller. In: Patnaik, S., Yang, X.S., Sethi, I. (eds) *Advances in Machine Learning and Computational Intelligence. Algorithms for Intelligent Systems*. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-5243-4\\_70](https://doi.org/10.1007/978-981-15-5243-4_70)
- [2] LIRA, Filipe Almeida; C. JUNIOR, Francisco L.; DO NASCIMENTO, Erik J. F. ; JUCA, Sandro C. S. ; M. JÚNIOR, Jose N. . Localizador de objetos em curtas distâncias baseado em Bluetooth BLE com monitoramento IoT via MQTT. In: ESCOLA REGIONAL DE COMPUTAÇÃO APLICADA À SAÚDE (ERCAS), 7. , 2019, Teresina. Anais [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2019 . p. 109-114.
- [3] R, Venkatesh & Mittal, Vikas & Tammana, Hrudaya. (2021). Indoor Localization in BLE using Mean and Median Filtered RSSI Values. 227-234. 10.1109/ICOEI51242.2021.9453000.
- [4] Random Nerd Tutorials. (n.d.). Getting Started with ESP32 Bluetooth Low Energy (BLE) on Arduino IDE. Retirado de: <https://randomnerdtutorials.com/esp32-bluetooth-low-energy-ble-arduino-ide/>
- [5] BADIHI, Behnam et al. Intelligent construction site: on low cost automated indoor localization using bluetooth low energy beacons. In: **2019 IEEE Conference on Wireless Sensors (ICWiSe)**. IEEE, 2019. p. 29-35.
- [6] Rácz-Szabó A, Ruppert T, Bántay L, Löcklin A, Jakab L, Abonyi J. Real-Time Locating System in Production Management. *Sensors*. 2020; 20(23):6766. <https://doi.org/10.3390/s20236766>

# Créditos

Ayran - ayranduarte5@gmail.com

Matias Gutierrez- matiguti17@gmail.com

Victor Eduardo Requia - victorrequia@gmail.com

Universidade do Estado de Santa Catarina - Joinville - SC

Professora Janine Kniess

18/06/2023