



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA**

Autorizada pelo Decreto Federal nº 77.496 de 27/04/76  
Recredenciamento pelo Decreto nº 17.228 de 25/11/2016



**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
COORDENAÇÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

## **XXIV SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS** **SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - 2020**

### **Desenvolvimento de um Sistema de Localização Absoluto Baseado em Marcos Fixos Utilizando Bluetooth**

**Gustavo Henrique Bastos de Oliveira<sup>1</sup>**;

**Anfranserai Morais Dias<sup>2</sup>**

1. Bolsista PIBIC/CNPq, Graduando em Engenharia de Computação, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: [ghboliveira@hotmail.com](mailto:ghboliveira@hotmail.com)
2. Orientador, Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: [anfranserai@ecomp.uefs.br](mailto:anfranserai@ecomp.uefs.br)

**PALAVRAS-CHAVE:** Triangulação; BLE ; Marcos Fixos.

### **INTRODUÇÃO**

Determinar a posição de um robô em um ambiente fechado é uma tarefa complexa. Mesmo em sistemas consolidados como o GPS, A-GPS e GLONASS, que são sistemas de localização por satélites, algumas interferências nos sinais podem afetar a precisão no momento de determinar uma localização. As interferências prejudicam sistemas que operam em ambientes fechados. Para resolver este problema existem sistemas de localização que conseguem determinar a posição de um agente móvel com precisão. Entre essas soluções, existem os sistemas de marcos fixos utilizando Bluetooth (Beacons), onde uma antena emite e/ou recebe um sinal continuamente. A partir disto, é possível medir a potência do sinal e determinar a distância entre emissor e receptor. Ao distribuir mais antenas no ambiente é possível obter a posição de cada um dos agentes.

Este trabalho propõe o aprimoramento do sistema que mede a orientação e posição dos robôs com rodas. Esta medida será utilizada para navegar o robô sobre um caminho desejado. A navegação será realizada com base nas ferramentas disponíveis no ROS (Robotic Orientation System).

### **MATERIAL E MÉTODOS OU METODOLOGIA (ou equivalente)**

A construção de um ambiente de teste é primordial ao se trabalhar com robôs. É necessário um espaço estruturado para que se possa validar os algoritmos propostos. O processo de validação é exaustivo, exige um número elevado de repetições. Durante os experimentos as baterias do robô descarregam, limitando o tempo de execução. Uma forma de amenizar esse problema é a utilização de simulação. O ambiente de simulação, chamado Gazebo, é totalmente compatível com o ROS. Nele pode-se simular um ambiente 3D e realizar diversas parametrizações, é necessário apenas definir a estrutura física do robô como peso, tamanho, quantidade de rodas entre outras propriedades, e definir um mapa com as características do ambiente.

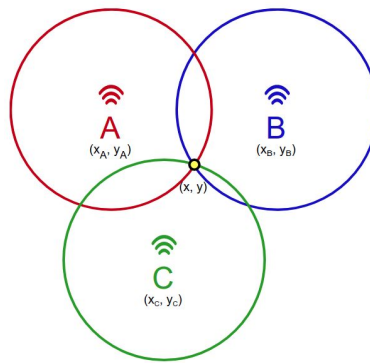
No desenvolvimento do sistema de localização foram utilizados Beacons Bluetooth Low Energy, utilizados para enviar um sinal continuamente. Ao enviar esse sinal, o Beacon manda uma série de informações, uma delas é indica potência do sinal na distância de 1 metro ( $RRSI_0$ ). O sinal emitido é capturado por uma ou mais estações

receptoras, onde também é medida a intensidade do sinal recebido, denominada de RSSI(Received Signal Strength Indication). A atenuação do sinal recebido pode ser relacionada à distância através da Equação (1).

$$d = 10^{\frac{(RSSI_0 - RSSI)}{10n}} \quad (1)$$

Onde,  $n$  é um indicador relacionado a propagação do sinal de rádio no ambiente.

A distância  $d$  não é o suficiente para calcular a posição do receptor. Para este cálculo é necessário ter ao menos 3 pontos conhecidos. Em cada ponto deve ser posicionado um Beacon, de forma que a área de cobertura de cada sinal deve sobrepor os outros sinais. Quando um receptor estiver na área de cobertura, como na Figura 1, ele vai medir sua distância a cada emissor, e a partir daí é feito o cálculo da sua posição.



**Figura 1:** Área de cobertura dos sinais produzidos pelos emissores A, B e C.

Esta forma de obter a localização é conhecida como trilateração, calculada por:

$$(x, y) = \left( \frac{g\delta - h\beta}{\delta\alpha - \beta\gamma}, \frac{g\gamma - h\alpha}{\beta\gamma - \alpha\delta} \right) \quad (2)$$

onde,  $\alpha = -2x_A + 2x_B$ ,  $\beta = -2y_A + 2y_B$ ,  $\gamma = -2x_B + 2x_C$ ,  $\delta = -2y_B + 2y_C$ ,  $g = d_A^2 - d_B^2 - x_A^2 + x_B^2 - y_A^2 + y_B^2$  e  $h = d_B^2 - d_C^2 - x_B^2 + x_C^2 - y_B^2 + y_C^2$ . Os valores  $x_A$ ,  $x_B$ ,  $x_C$ ,  $y_A$ ,  $y_B$  e  $y_C$  são as projeções das distâncias entre os Beacons e o receptor sobre os eixos  $x$  e  $y$ .

## RESULTADOS E/OU DISCUSSÃO (ou Análise e discussão dos resultados)

Para facilitar o desenvolvimento do sistema foi utilizado o BLE iBeacon Scanner, que é um SDK(Software development kit, Conjunto de Desenvolvimento de Software) *open source* escrito em Python. Ele realiza a captura dos dados Bluetooth e disponibiliza de uma forma mais amigável para ser utilizado. O primeiro cenário de teste foi montado para poder avaliar o funcionamento do emissor e do receptor e também mapear os valores de RSSI por distância(cm). A posição do emissor variou entre 10 e 800cm, a cada 5cm. Para cada posição foram feitas 10 medidas e calculada a média. A tabela abaixo, apresenta uma amostra dos resultados obtidos.

Distância	10	20	30	40	50	100	200	300	400	500	600	700	800
RSSI <sub>médio</sub>	-40,4	-42,4	-42,4	-48,9	-52,2	-60,9	-69,3	-62,2	-63,4	-64,4	-74,3	-69,7	-77,6

**Tabela 1:** Análise dos valores médios do RSSI.

Uma análise inicial desses valores mostra que existem grandes oscilações no valor do RSSI. Por exemplo, o valor de -42,4 foi obtido nas distâncias de 20 e 30cm. Estas oscilações podem ocorrer por diversos fatores, como ressonância, interferências, reflexão, entre outros.

Visando a diminuição do ruído, foi feito um experimento para realizar uma análise de regressão. Inicialmente, foram desligados quaisquer equipamentos que possam afetar as medições e retirado obstáculos entre os agentes do sistema. O emissor foi colocado em 20 posições definidas pelo SDK AltBeacon, e foram coletadas 100 medições em cada posição. A Tabela 2 mostra o resultado em algumas distâncias.

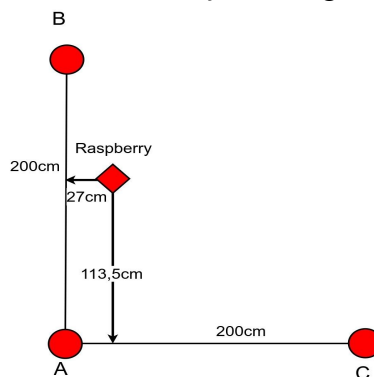
Distância(cm)	RSSI <sub>médio</sub>	RSSI <sub>min</sub>	RSSI <sub>max</sub>	RSSI <sub>mediano</sub>	RSSI <sub>moda</sub>	RSSI <sub>desvio padrão</sub>
25	-51.36	-65	-49	-52	-52	2.51
50	-59.99	-71	-57	-60	-61	2.12
100	-62.77	-75	-59	-62	-61	3.45
400	-76.44	-89	-69	-77	-79	3.01
900	-85.07	-93	-82	-84	-84	2.43
1400	-89.37	-96	-85	-89	-90	1.76

**Tabela 2:** Análise analítica dos sinais RSSI em diferentes posições.

O levantamento da média aritmética tem o intuito de analisar a atenuação do ruído. O valor máximo e mínimo permite a análise da aleatoriedade do ruído. A mediana pode ser usada com o objetivo de ignorar a distorção de valores extremos. A moda foi calculada com o intuito de observar a frequência dos valores em cada posição. Por fim, o desvio padrão foi obtido para avaliar a distorção de cada medida.

Para diminuir essas oscilações foi implementado o filtro de média móvel para suavizar variações abruptas. Além da média, também foi aplicada uma tolerância de 10% no valor da média. Medidas fora da faixa de tolerância não são usadas no cálculo da média. O filtro foi aplicado aos dados do experimento anterior. Analisando os resultados, percebeu-se que a média móvel não resolveu o problema do ruído. Como a intensidade do sinal possui um comportamento exponencial, uma tolerância fixa deixa passar mais valores ruidosos em distâncias maiores. Além disso, a existência de ruído nas primeiras amostras é crítico para o funcionamento do filtro. Outras proposições foram testadas para esse filtro, mas nenhum dos resultados foi satisfatório.

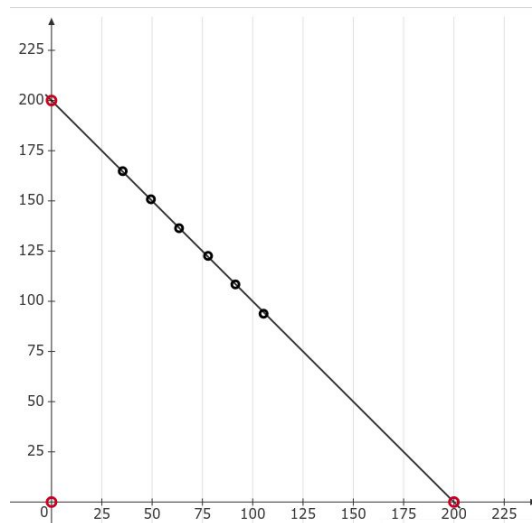
O próximo experimento usou o SDK AltBeacon para a medição das distâncias. Foram dispostos 3 emissores nos pontos A, B e C. Em seguida, o receptor foi colocado em várias posições para o cálculo de trilateração. A Figura 2 mostra um dos testes.



**Figura 2:** Posição de cada agente no ambiente de teste construído.

O algoritmo de trilateração inicialmente mede a distância entre todos os emissores e o receptor. Com a origem posicionada sobre do emissor no ponto A, a posição sobre o eixo x foi de 122cm, e sobre o eixo y foi de 103cm. No eixo y, a medida apresentou um erro absoluto de 10 centímetros. Mas no eixo x, o erro foi de 95cm.

Além de pontos colocados a esmo, também foi avaliado a medida de posições sobre uma trajetória de um metro começando na posição (0,35 1,65) e finalizando em (1,05 0,93), variando a posição a cada 20 centímetros, como mostrado na Figura 3. Os resultados apresentaram erros similares aos do experimento anterior.



**Figura 3:** Trajetória feita pelo receptor.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS (ou Conclusão)

Analisando os resultados verifica-se que diversos fatores influenciam no sinal do Beacon e na recepção da Raspberry, faz-se necessário um estudo aprofundado sobre a filtragem do ruído. Além disso, seria possível também adaptar antenas para melhorar a transmissão e recepção do sinal. No estado atual, o sistema não pode ser utilizado para o controle do robô.

## REFERÊNCIAS

- Botta, M., & Simek, M. (2013). Adaptive distance estimation based on RSSI in 802.15.4 network. *Radioengineering*, 22(4), 1162-1168.
- Franco, T. C. R. (2009). Análise da precisão no posicionamento com um receptor GPS de navegação. *Revista Agrogeoambiental*, 1(3).
- CIPRIANO, W. (2018) LOCALIZAÇÃO Indoor BASEADA EM TECNOLOGIA BLUETOOTH DE BAIXA ENERGIA.
- González, J., Blanco, J. L., Galindo, C., Ortiz-de-Galisteo, A., Fernández-Madriral, J. A., Moreno, F. A., & Martínez, J. L. (2009). Mobile robot localization based on ultra-wide-band ranging: A particle filter approach. *Robotics and autonomous systems*, 57(5), 496-507.