

## POSICIONAMENTO EM AMBIENTES INTERNOS COM DISPOSITIVOS WI-FI DE BAIXO CUSTO

Fabricio M. Moreira<sup>1</sup>, Marcos S. Farias<sup>1</sup> e Paulo Victor R. de Carvalho<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Serviço de Instrumentação - Divisão de Engenharia Nuclear  
Instituto de Engenharia Nuclear - CNEN  
Rua Hélio de Almeida, 75 – Ilha do Fundão  
21941-906 Rio de Janeiro, RJ  
fabricio\_mv1@hotmail.com; msantana@ien.gov.br; paulov@ien.gov.br

### RESUMO

O ritmo de desenvolvimento da pesquisa ligada ao rastreamento de localização está altamente vinculado com o avanço da rede de sensores sem fio e tecnologias sem fio, sendo explorado em muitas áreas. Um exemplo clássico é o Sistema de Posicionamento Global (GPS), onde satélites são usados para enviar sinais para receptores na Terra que usam estes sinais para computar informações de navegação. Entretanto, como a comunicação entre os satélites e receptores GPS exige a propagação de rádio em linha de visada, o sistema GPS geralmente só funciona em ambientes externos. Para o crescente interesse em pesquisas para rastreamento de posição em ambientes internos (*indoor*), é preciso utilizar dispositivos sem fio baseados em tecnologia Bluetooth ou Wi-Fi (IEEE 802.11). O objetivo deste trabalho é mostrar o desenvolvimento de aplicações utilizando novos dispositivos Wi-Fi (ESP8266) para a estimativa de posicionamento e localização em ambientes internos (*indoor*).

### 1. INTRODUÇÃO

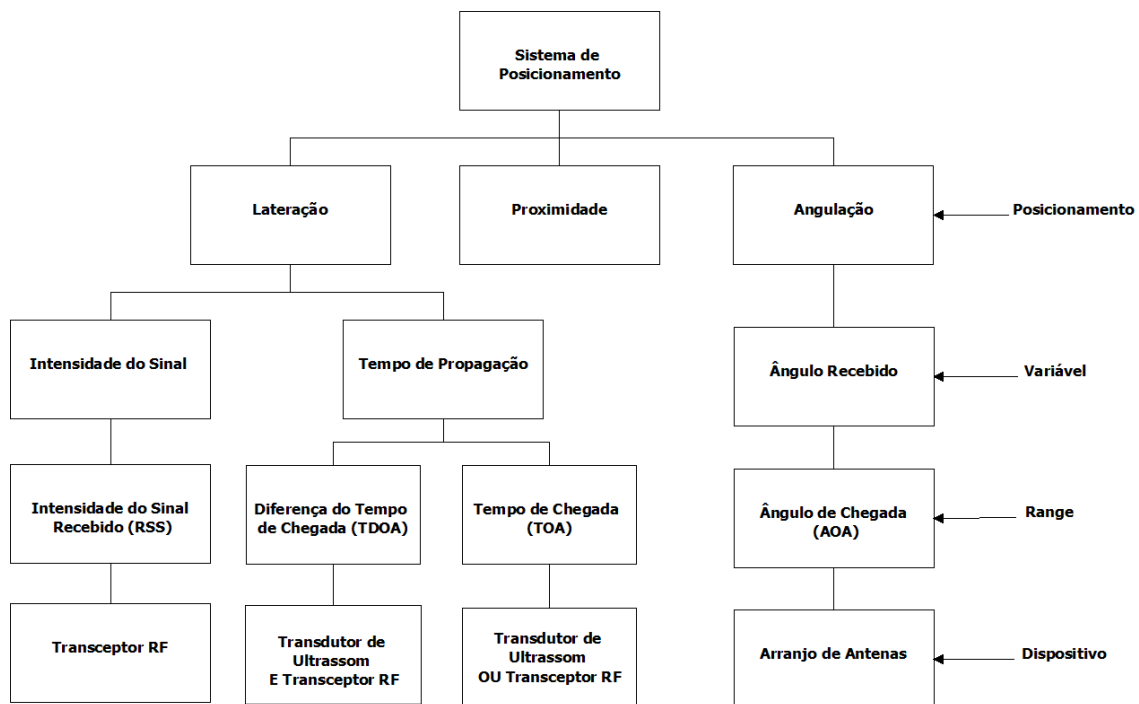
O posicionamento em ambientes internos possui possibilidade de aplicação em diversos cenários, como mapeamento de radiação, acompanhamento de pessoal em retiradas de emergência, ou mesmo posicionamento indoor dentro de museus, estações de trem, aeroportos, complexos de compras etc.

Uma das formas possíveis de calcular a posição dentro de ambientes internos é usar as intensidades dos sinais de roteadores ou pontos de acesso sem fio (Wi-Fi). Utilizando a infraestrutura já existente de pontos de acesso Wi-Fi dos locais, o desenvolvimento mostra-se promissor por facilitar a implantação em qualquer ambiente, além de ser de baixo custo. Aplicando equações de estimativa de localização por trilateração, o trabalho se baseia na possibilidade de medir a distância entre o dispositivo Wi-Fi e os pontos de acesso locais pela medida da potência do sinal recebido, pois todas as ondas eletromagnéticas têm relação de inverso do quadrado entre a potência recebida e a distância. Com isso foram desenvolvidos softwares para estimar a localização em ambientes internos.

O restante deste artigo está organizado da seguinte forma: Na Seção 2 mostramos os métodos de posicionamento em ambientes internos. Na Seção 3 apresentamos o sistema desenvolvido para este trabalho, utilizando dispositivos Wi-Fi de baixo custo. Na Seção 4 mostramos os resultados e as possibilidades de aplicação em futuros trabalhos.

## 2. POSICIONAMENTO EM AMBIENTES INTERNO

A localização dos nós de sensores e as aplicações de localização e rastreamento tem sido um estudo importante desde que o conceito de Rede de Sensores Sem Fio foi introduzido. Hoje em dia, várias técnicas e tecnologias [1] estão disponíveis para o desenvolvimento de sistemas de localização. O requisito de seleção dos sistemas de localização pode ser mais específico para atender às diferentes necessidades e ambientes, como precisão, ambiente interno ou externo, técnicas de posicionamento, segurança e privacidade, escala de rede, custo de implementação etc. Do ponto de vista da tecnologia, a classificação dos sistemas de localização pode ser categorizada em uma árvore como mostrado na figura 1 [2].



**Figura 1: Classificação dos sistemas de posicionamento.**

Pela classificação da figura 1, os sistemas de localização podem ser vistos sobre aspectos como posicionamento, variável, range e dispositivos. Sobre o aspecto de posicionamento, temos três tipos de técnicas para determinar ou estimar o posicionamento: Método de lateração, proximidade ou angulação [3].

O método de proximidade é baseado na técnica que não calcula a exata coordenada localização, sendo, portanto uma estimativa de detecção de presença [4] ou método de “granulação grosseira”.

Já as estimativas de posicionamento dados por lateração ou angulação são capazes de calcular a exata coordenada de localização do alvo através de dados de sensores. Logo, estes tipos de técnicas são conhecidos como de “granulação fina”. A diferença entre elas é o modo como são estimadas, sendo o método de angulação [5] baseado no ângulo entre a localização de alvos (por exemplo, carros nas ruas) e pontos de referência (satélites no espaço). O método de lateração [6] calcula a coordenada a partir de distâncias entre alvos (por exemplo, celulares) e pontos de referência (torres de transmissão).

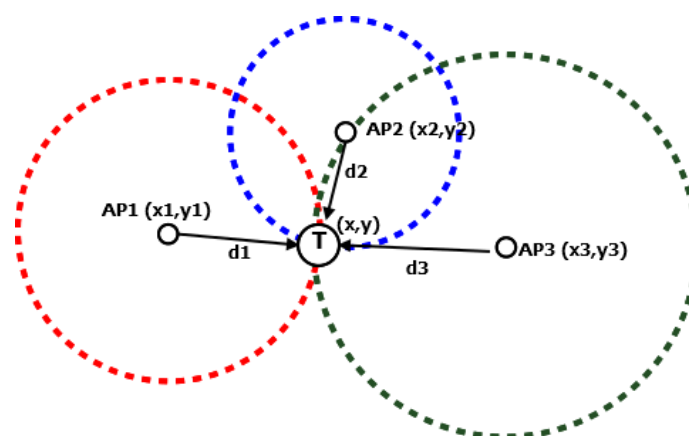
Como neste trabalho é proposto usar o sinal de RF (Radiofrequência) de dispositivos Wi-Fi, a escolha pelo método de lateração, neste caso configurando uma trilateração, é a mais indicada. A variável escolhida será, portanto, a Intensidade do Sinal (*signal strength*). A intensidade do sinal pode ser medida no receptor quando este recebe o sinal do transmissor. Se a distância é maior, a intensidade do sinal fica mais fraca por atenuação no caminho. Usando esse relacionamento, é possível encontrar a distância ao avaliar a atenuação total.

Sobre o aspecto de range, será usado o RSS (*Received Signal Strength*) [7] [8] ou Intensidade do Sinal Recebido. Se a potência de transmissão for conhecida, a atenuação total da propagação do sinal através do caminho pode ser calculada subtraindo a potência recebida da energia transmitida.

Uma vantagem de usar dispositivos de RF para estimar a posição é que, na maior parte dos transceptores de RF, um registro dedicado é usado como indicador para armazenar a intensidade do sinal recebido (RSSI). Portanto, é uma maneira econômica de medir a distância.

## 2.1. Técnica de posicionamento por trilateração

Para usar técnicas de lateração, são necessários pelo menos três nós de referência, definindo uma trilateração. Na trilateração (Figura 2) as distâncias entre posições de referência (APs) e uma posição desconhecida (T) podem ser consideradas como raios de círculos com centro em cada posição de referência (APs). Logo, a localização desconhecida é a interseção de três círculos.



**Figura 2: Estimativa de posição por trilateração.**

As expressões para o cálculo das coordenadas podem ser obtidas usando o Teorema de Pitágoras. Resolvendo as equações (1) para x e y, as coordenadas da posição desconhecida T podem ser calculadas.

$$\begin{aligned}d_1^2 &= (x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2 \\d_2^2 &= (x_2 - x)^2 + (y_2 - y)^2 \\d_3^2 &= (x_3 - x)^2 + (y_3 - y)^2\end{aligned}\tag{1}$$

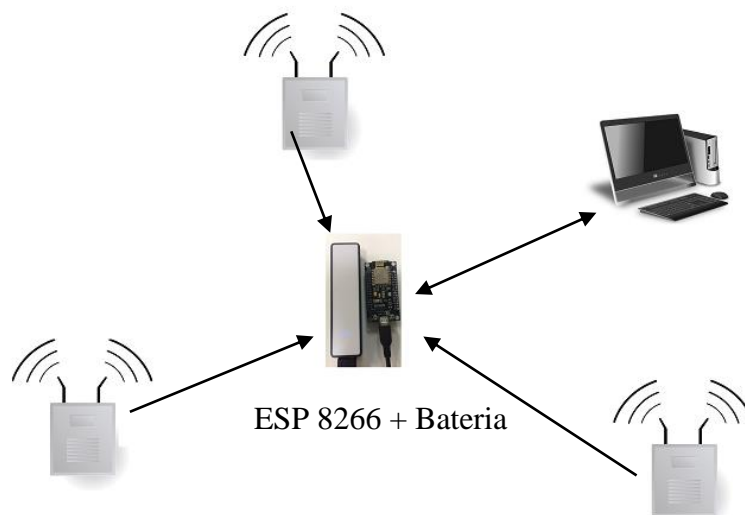
A localização usando trilateração [9] é muito conveniente porque as distâncias (d1, d2, d3) podem ser obtidas a partir da intensidade do sinal recebido (RSS), e as coordenadas de localização de todos os nós de referência são conhecidas e armazenadas anteriormente. A intensidade do sinal recebido pode ser usada para estimar a distância porque todas as ondas eletromagnéticas têm relação inversamente quadrada entre potência recebida e distância.

### 3. SISTEMA DESENVOLVIDO PARA POSICIONAMENTO INTERNO

Os seguintes passos foram realizados para o desenvolvimento do sistema de posicionamento:

#### 3.1. Desenvolvimento de programa para microcontrolador ESP8266

O microcontrolador ESP8266 possui um *firmware* chamado NodeMCU [10]. O programa, desenvolvido em linguagem LUA [11], coleta os valores de intensidade do sinal da potência de transmissão entre o ESP8266 e vários Pontos de Acesso sem fio (*Access Points* - AP) no ambiente, enviando esses dados também por meio sem fio para um PC que esteja na rede (Figura 3). O dispositivo ESP8266 pode funcionar de forma portátil com uso de uma bateria.



**Figura 3: Sistema desenvolvido.**

### 3.2. Desenvolvimento de programa para visualizar a posição do dispositivo no ambiente

O programa para visualizar a posição do dispositivo no ambiente, desenvolvido em Labview, recebe por rede sem fio os dados de intensidade de sinal coletados pelo ESP8266 (referentes a cada *Access Point* do ambiente) e calcula, por trilateração, a posição aproximada deste dispositivo (T) no ambiente, como pode ser visto na Figura 2. Para esse cálculo é necessário fornecer ao programa as coordenadas x e y de cada *Access Point*. O programa desenvolvido seleciona os três *Access Point*, dentre os mapeados, com maior potência, ou seja, os três mais próximos. A potência do sinal é convertida em distância por um processo de caracterização que relaciona as duas grandezas em duas distâncias conhecidas até cada *Access Point* (AP).

A tela do programa para visualizar a posição é mostrada na Figura 4. Esta mostra a área do 2º andar do prédio da Instrumentação (Bloco G) do IEN. Os pontos em vermelho referem-se às sucessivas posições calculadas em intervalo de um minuto. A variação chegou a 1,2 metros do ponto real, marcado em verde.

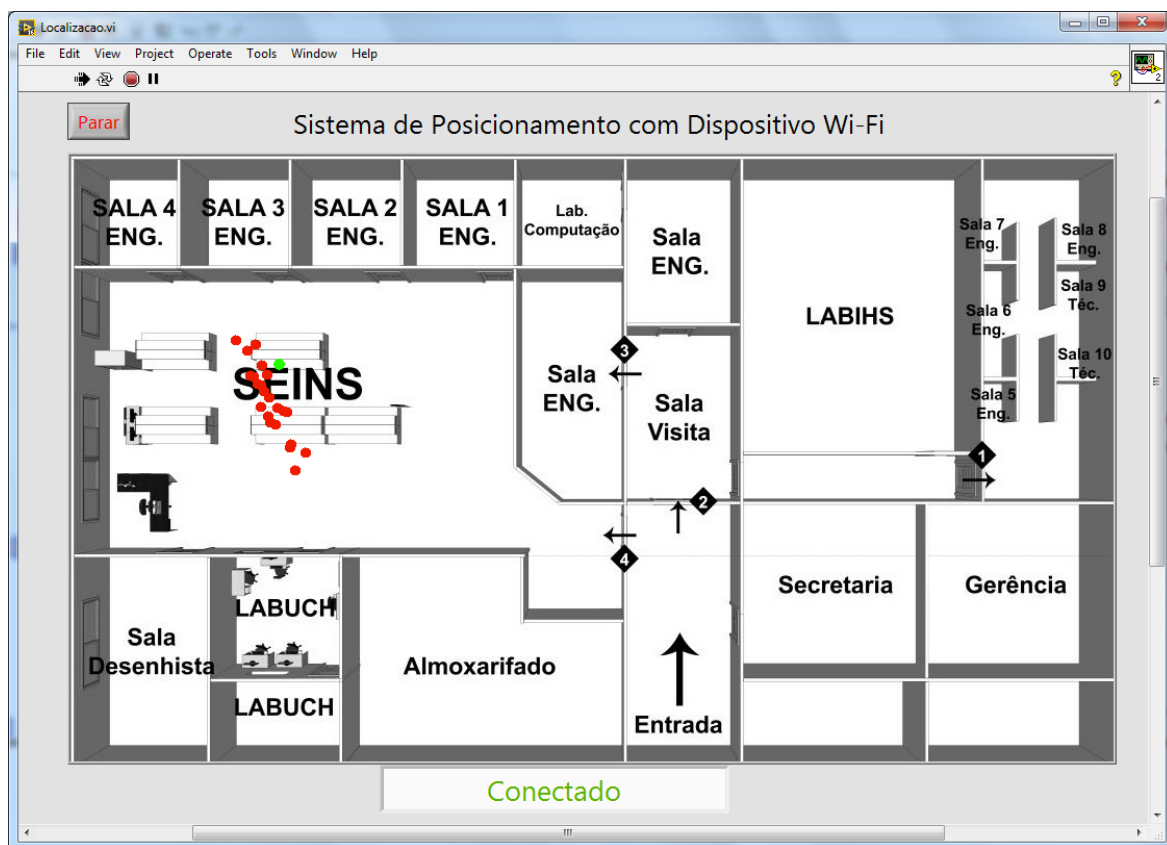


Figura 4: Tela do programa de visualização do dispositivo no ambiente.

### 3. CONCLUSÕES

Este trabalho mostrou o desenvolvimento de sistema utilizando novos dispositivos Wi-Fi (ESP8266) e softwares para a estimativa de posicionamento e localização em ambientes internos (*indoor*).

As variações percebidas na posição (Figura 4), mesmo com o dispositivo ESP8266 parado, mostram que a localização em ambientes internos, baseada na indicação da intensidade do sinal recebido, ainda carece de melhorias em virtude da imprecisão e incerteza nos valores medidos, decorrência direta dos obstáculos e reflexões do sinal. A caracterização mais precisa do ambiente, considerando ajustes em função de móveis e barreiras divisórias, pode ajudar no aumento da precisão. No entanto, como solução de baixo custo se comparada a outras, como RFID (Identificação por radiofrequência), já difundidas em algumas aplicações [12], a utilização do dispositivo ESP8266 torna-se muito vantajosa.

A sequência do trabalho se dará com o uso de métodos para melhorar a precisão, a passagem de informação para dispositivos móveis (smartphones) e o acoplamento destes em monitores de radiação para mapeamento em ambientes internos.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem pelo apoio financeiro do Conselho Nacional de Pesquisa (CNPQ) e ao suporte propiciado pela CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear).

## REFERÊNCIAS

1. Zhao, F. & Guibas, L. J. *Wireless Sensor Networks: An Information Processing Approach*, Elsevier: Morgan Kaufmann Series, (2004).
2. Pu, C.C. *Development of a New Collaborative Ranging Algorithm for RSSI Indoor Location Tracking in WSN*, PhD Thesis, Dongseo University, South Korea. (2009).
3. Hightower, J. & Borriello, G. "Location Systems for Ubiquitous Computing", *IEEE Computer*, vol.34, no.8, August 2001, pp.57–66. (2001).
4. Nakajima, N. "Indoor Wireless Network for Person Location Identification and Vital Data Collection," *ISMICT*, Oulu, Finland, December (2007).
5. Kamath, S.; Meisner, E. & Isler, V. "Triangulation Based Multi Target Tracking with Mobile Sensor Networks," *ICRA*, pp.3283–3288, Roma, Italy, April (2007).
6. Rice, A & Harle, R. "Evaluating Lateration-based Positioning Algorithms for Fine grained Tracking", *DIALM-POMC*, pp.54–61, Cologne, Germany, September (2005).
7. Savvides, A., Han, C.-C. & Mani, B. Strivastava. "Dynamic Fine-Grained Localization in Ad-Hoc Networks of Sensors," *MobiCom*, pp.166–179, Rome, Italy, July (2001).
8. Leu, H. Tzeng. "Received signal strength fingerprint and footprint assisted indoor positioning based on ambient Wi-Fi signals." *75th IEEE Vehicular Technology Conference (VTC Spring)*, IEEE Press, (2012)
9. Thomas, F. & Ros, L. "Revisiting Trilateration for Robot Localization," *IEEE Robotics*, vol.21, no.1, pp.93-101. (2005).
10. LUA language – Disponível em <http://www.dcc.ufrj.br/~fabiom/lua/>
11. NodeMCU manual - Disponível em <https://nodemcu.readthedocs.io/en/dev/en/>.
12. W. Ching-Sheng, H. Xin-Mao, and H. Ming-Yu. "Adaptive rfid positioning system using signal level matrix," *World Academy of Science, Engineering and Technology* 46.135: 746-752. (2010).