

IMPLEMENTAÇÃO E TESTE DE ALGORITMO DE LOCALIZAÇÃO PARA REDES DE SENSORES SEM FIO

Mauro L. MAIMONI¹; Luiz Carlos B. C. FERREIRA²

RESUMO

As informações produzidas por uma rede de sensores sem fio podem partir de qualquer lugar. Em alguns casos pode ser necessário conhecer a origem da informação, ou seja, a localização do sensor que a gerou. Para resolver esta questão, existem alguns métodos propostos na literatura. Assim, o objetivo do trabalho é implementar um método e uma técnica escolhidos para uma plataforma de redes de sensores sem fio e verificar o desempenho do sistema de localização através de experimentos práticos.

INTRODUÇÃO

Redes de sensores sem fio (RSSF) são capazes de captar dados do ambiente, e possibilitar o aumento da qualidade de produtos, diminuir custos, além de automatizar processos em áreas como agricultura, industrial, doméstica, saúde, e militar com informações em tempo real do ambiente referenciado permitindo maior controle dos processos e da produção (LOUREIRO et al., 2003).

Sistemas de localização podem ser úteis para as RSSF, pois podem ser usadas coordenadas espaciais para nomear dados que são intrinsecamente associados com o contexto físico do fenômeno que está sendo monitorado (LOUREIRO et al., 2003).

Assim, em algumas aplicações, se faz necessário conhecer onde as informações têm origem, desta forma a localização é importante para organização dos dados produzidos pelo ambiente. Desta forma, este trabalho tem como objetivo pesquisar as técnicas de localização, escolher um método que se adeque ao contexto das RSSF's, implementar o método escolhido em uma plataforma real e

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, email: 1606@ifs.ifsuldeminas.edu.br;

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Inconfidentes. Inconfidentes/MG, email: luiz.ferreira@ifs.ifsuldeminas.edu.br;

mostrar os resultados obtidos, propondo melhorias em possíveis trabalhos futuros. Na próxima sessão será descrito os materiais e métodos usados para realizar a localização dos nós sensores durante o desenvolvimento desta pesquisa.

MATERIAIS E MÉTODOS

Um sistema de localização pode ser dividido basicamente em três componentes (LOUREIRO et al., 2003):

- Estimativa da distância: este componente é responsável por estimar distâncias entre dois nós. Alguns métodos são o Received Signal Strength Indicator (RSSI), o Time of Arrival (ToA) e o Angle of Arrival (AoA).
- Cálculo da posição: este componente é responsável pelo cálculo da posição do nó sensor na base com as informações disponíveis. As técnicas mais usadas são a trilateração, a multilateração, e a triangulação.
- Algoritmo de localização: é o principal componente do sistema. Ele realiza o papel de ordenação das informações com a finalidade de estimar a posição dos nós sensores.

O uso do RSSI na estimativa da distancia é um método baseado na potência do sinal recebido, além de ser um método com baixo custo de *hardware* e computacional, por esse motivo torna-se interessante para RSSF e consequentemente para este trabalho (LOUREIRO et al., 2003).

Após determinar o método utilizado na estima de localização é importante compreender e explorar as técnicas usadas para realizar o cálculo da posição, dentre elas as que mais se destacam são a trilateração, a multilateração, e a triangulação. Neste trabalho será utilizada a multilateração, por ser apresentado na literatura como uma opção com boas taxas de eficiência (KARL; WLLIG, 2005).

No algoritmo são usados alguns nós sensores com posições conhecidas, denominados nós âncoras, usados para determinar a posição de um nó sensor com a posição desconhecida. É preciso determinar um valor para o coeficiente de perda de percurso. Um método empírico para isto pode ser encontrado em Karl; Willig, 2005.

Na sequência os nós âncoras serão colocados no ambiente como ilustrados na figura 1, são representados por A1, A2, A3 e A4. E em seguida são adicionados os nós comuns representados por N na figura 1.

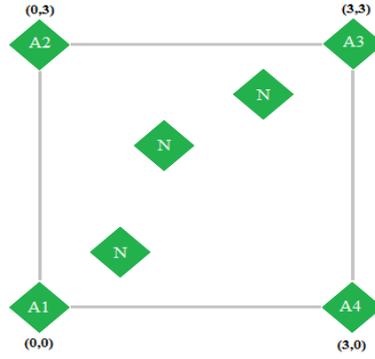


Figura 1: Nós âncoras e nós comuns.

A base envia um pedido de localização a um nó sensor. O nó recebe este pacote e então envia um pedido para os nós âncoras que respondem com as informações da sua posição (x, y) , o RSSI entre ambos. Depois envia um pacote com a matriz (1) para a base realizar os cálculos da posição.

$$\begin{bmatrix} x1 & y1 & RSSI1 \\ x2 & y2 & RSSI2 \\ x3 & y3 & RSSI3 \\ x4 & y4 & RSSI4 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Com as informações obtidas dos sensores âncoras é possível calcular a distância dos nós sensores em relação aos âncoras com a expressão (2) (KARL; WLLIG, 2005).

$$d = d_0 * 10^{\frac{P_{TX} + G_{TX} + G_{RX} - 10 \log\left(\frac{4\pi * d_0}{\lambda}\right)^2 - P_{RX}}{10 * \eta}} \quad (2)$$

Na expressão (2) acima d é a distância que se quer encontrar, d_0 é a distância de referência utilizada para o cálculo de η (coeficiente de perda de percurso), P_{TX} é a potência de transmissão, G_{TX} e G_{RX} são os ganhos de transmissão e o de recepção, λ é o comprimento de onda do sinal de rádio e P_{RX} a potência de recepção.

Após efetuar os cálculos das posições com a equação (2) obtêm-se uma matriz onde $x1, y1$ e $d1$ que representam as coordenadas de x , as coordenadas y , e às distâncias calculadas em relação aos nós âncoras, resultando na matriz M abaixo (LANGENDOEN; REIJERS, 2003).

$$M = \begin{bmatrix} x1 & y1 & d1 \\ x2 & y2 & d2 \\ x3 & y3 & d3 \\ x4 & y4 & d4 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Até o momento, foi realizado o cálculo das distâncias até os nós âncoras. Agora calcularemos a posição do sensor usando a multilateração. Através da Matriz

M obtida anteriormente, obtém-se o seguinte sistema de equações (4), segundo Langendoen; Reijers, 2003:

$$\begin{cases} (x_1 - x) + (y_1 - y) = d_1^2 \\ \vdots \\ (x_n - x) + (y_n - y) = d_n^2 \end{cases} \quad (4)$$

Assim, isola-se uma das equações e substituem-se em cada uma das $n-1$ equações restantes para solucionar o sistema com as seguintes expressões (PATWARI et al., 2005):

$$\hat{a} = (B^T B)^{-1} B^T c \quad (5)$$

Ao reordenar os termos serão obtido os seguintes sistemas de equações lineares na forma de $Ax=b$ (PATWARI et al., 2005), onde:

$$B = \begin{bmatrix} 2(x_1 - x_n) & 2(y_1 - y_n) \\ \vdots & \vdots \\ 2(x_{n-1} - x_n) & 2(y_{n-1} - y_n) \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$c = \begin{bmatrix} x_1^2 - x_n^2 + y_1^2 - y_n^2 + d_n^2 - d_1^2 \\ \vdots \\ x_{n-1}^2 - x_n^2 + y_{n-1}^2 - y_n^2 + d_n^2 - d_{n-1}^2 \end{bmatrix} \quad (7)$$

As ferramentas usadas para implementação deste sistema de localização foram à plataforma para RSSF *Radiuino* (RADIUINO, 2013) e a linguagem *python*, com as bibliotecas *numpy* e *scipy*, que foram utilizadas para a implementação dos cálculos descritos acima. A sessão seguinte ira abordar os resultados e discussão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram considerados dois cenários. No primeiro os sensores foram colocados na mesma altura, com linha de visada entre eles a uma distância de três metros um do outro. A Figura 2 mostra a distribuição dos sensores no ambiente.

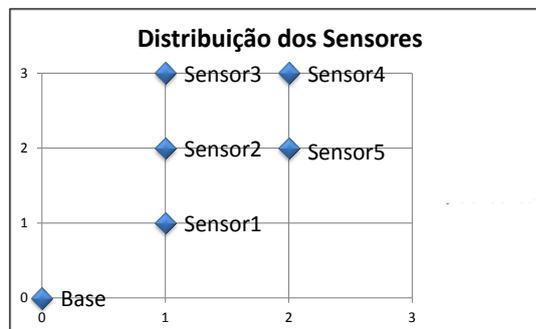


Figura 2: Distribuição dos sensores no cenário.

Os Sensores 1, 3, 4 e 5 são os nós âncoras. A Figura 3 apresenta uma foto do ambiente teste.



Figura 3: Ambiente de testes.

Foi executado o cálculo de posição do Sensor 2. O resultado está apresentado na Tabela I.

Tabela I: Cálculo da posição do sensor 2 no cenário 1.

ID_SENSOR	X	Y	X obtido	Y obtido
Sensor 2	1	2	0,90	1,98

O algoritmo de localização teve um acerto de 90% na coordenada X e 98,5% em Y .

No segundo cenário, são mantidas as posições dos nós âncoras e alterada a posição do Sensor 2, que foi colocado na mesma posição, mas com uma altura diferente dos demais. Nesta condição foram introduzidos obstáculos, como mostra a Figura 4.



Figura 4: Mudança na Altura do Sensor 2.

Após alterar a altura do Sensor 2, foi executada a etapa de cálculo de posição novamente, obtendo como resultado as posições mostradas na Tabela II.

Tabela II: Resultado do cálculo de posição do sensor 2 no cenário 2.

ID_SENSOR	X	Y	X obtido	Y obtido
Sensor 2	1	2	1,79	1,32

Com a existência de obstáculo entre os nós sensores, a posição do nó sensor muda bruscamente, sendo bem diferente da posição física real. E para finalizar a conclusão destacando os principais pontos deste trabalho.

CONCLUSÕES

O algoritmo de localização baseado em medidas de intensidade de sinal foi implementado em uma plataforma real e testada em um ambiente de laboratório. O que podemos constatar é que o algoritmo funciona com uma exatidão acima de 90% para situações sem obstáculos entre os sensores. Já em situações onde a linha de visada é obstruída o método tende a falhar devido às características de propagação do canal, que são alteradas devido a estes obstáculos. Próximos trabalhos serão desenvolvidos com o objetivo de atenuar este problema da existência de obstáculos, usando outros modelos de propagação e/ou métodos para um ajuste mais fino do coeficiente de perda de percurso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

KARL, H.; WLLIG, A. **Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks**. [s. L.]: John Wiley & Sons, 2005.

LANGENDOEN, K.; REIJERS, N. Distributed localization in wireless sensor networks: a quantitative comparison. **Netherlands: Computer Networks: The International Journal Of Computer And Telecommunications Networking, Special Issue: Wireless Sensor Networks**, 2003. 20 p.

LOUREIRO, A. A. F.; et al. Redes de Sensores Sem Fio. In: Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores, 21, 2003, Belo Horizonte, **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, 2003. p. 179 - 226.

PATWARI,N.; et al. Locating the nodes - cooperative localization in wireless sensor networks. **IEEE Signal Processing Magazine**, [s. L.], n., p.54-69, jun. 2005.

Radiuino. Disponível em: < <http://www.radiuino.cc/>>. Acessado em: 23 ago. 2013.