

Como descobrir localizações usando distâncias

Guilherme Philippi

Acadêmico de Engenharia de Controle e Automação
Campus Blumenau
Universidade Federal de Santa Catarina
UFSC
Orientado por Felipe Delfini Caetano Fidalgo

SAENG 2018
Semana Acadêmica das Engenharias
Blumenau - Santa Catarina - Brasil



- 1 Preliminares
- 2 Redes de sensores e detecção de localização
- 3 Como modelar um sistema de localização
- 4 ML Multilateração - Uma proposta de solução
- 5 Um estudo de Complexidade Computacional
- 6 PGD - Aplicações

Preliminares

Para que queremos descobrir localizações?



Dynamic Fine-Grained Localization in Ad-Hoc Networks of Sensors

Andreas Savvides, Chih-Chieh Han and Mani B. Strivastava
 Networked and Embedded Systems Lab
 Department of Electrical Engineering
 University of California, Los Angeles
 {asavvide, simonhan, mbs}@ee.ucla.edu

ABSTRACT

The recent advances in radio and embedded system technologies have enabled the proliferation of wireless micro-sensor networks. Such wirelessly connected sensors are released in many diverse environments to perform various monitoring tasks. In many such tasks, location awareness is inherently one of the most essential system parameters. It is not only needed to report the origins of events, but also to assist group querying of sensors, routing, and to answer questions on the network coverage. In this paper we present a novel approach to the localization of sensors in an ad-hoc network. We describe a system called AHLoS (Ad-Hoc Localization System) that enables sensor nodes to discover their locations using a set distributed iterative algorithms. The operation of AHLoS is demonstrated with an accuracy of a few centimeters using our prototype testbed while scalability and performance are studied through simulation.

Keywords

location discovery, localization, wireless sensor networks

1. INTRODUCTION

1.1 Sensor Networks and Location Discovery

medical applications and smart battlefields. Networked sensors can signal a machine malfunction to the control center in a factory, or alternatively warn about smoke on a remote forest hill indicating that a dangerous fire is about to start. Other wireless sensor nodes can be designed to detect the ground vibrations generated by the silent footsteps of a cat burglar and trigger an alarm.

Naturally, the question that immediately follows the actual detection of events, is: *where?* Where are the abnormal vibrations detected, where is the fire, which house is about to be robbed? To answer this question, a sensor node needs to possess knowledge of its physical location in space. Furthermore, in large scale ad-hoc networks, knowledge of node location can assist in routing [5] [6], it can be used to query nodes over a specific geographical area or it can be used to study the coverage properties of a sensor network [31]. Additionally, we envision that location awareness developed here will enjoy a wide spectrum of applications. In tactical environments, it can be used to track the movements of targets. In a smart kindergarten [32] it can be used to monitor the progress of children by tracking their interaction with toys and with each other; in hospitals it can keep track of equipment, patients, doctors and nurses or it can drive context

Redes de sensores e detecção de localização

GPS - Sistema de Posicionamento Global

- Utilização dificultada em lugares fechados ou em presença de vegetação densa;
- Módulos de GPS possuem consumo energético elevado
- GPS é um sistema caro
- Baixa precisão

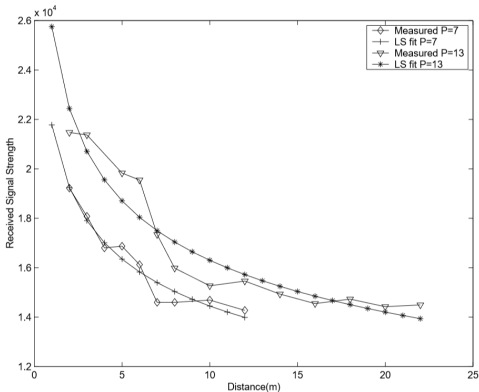


Como modelar um sistema de localização

Questões principais:

1) Como obter os dados?

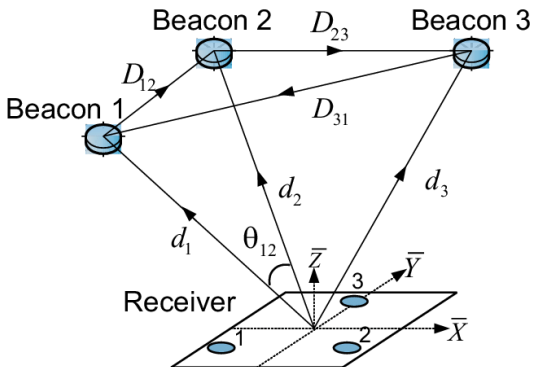
- Indicador de força do sinal recebido $P_{RSSI} = \frac{X}{R^n}$



Como modelar um sistema de localização

Questões principais:

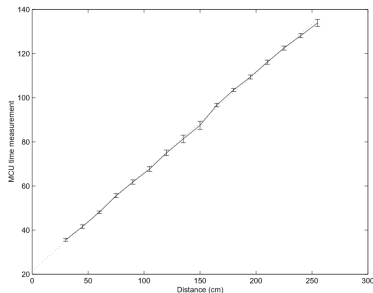
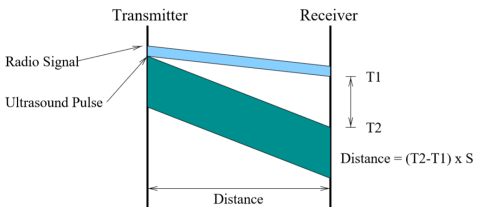
- 1) Como obter os dados?
 - Ângulo de chegada



Como modelar um sistema de localização

Questões principais:

- 1) Como obter os dados?
 - Métodos baseados no tempo (ToA, TDoA)

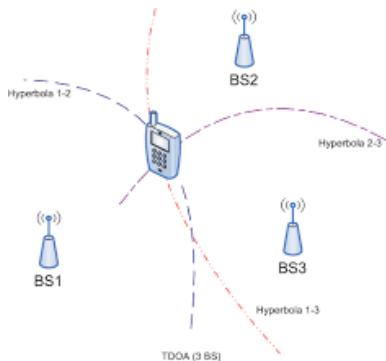
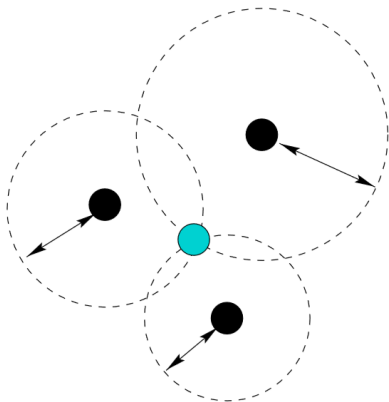


Como modelar um sistema de localização

Questões principais:

2) Como combinar os dados?

- Trilateração hiperbólica

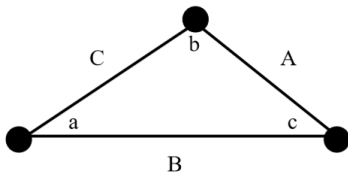


Como modelar um sistema de localização

Questões principais:

2) Como combinar os dados?

- Triangulação



$$\frac{A}{\sin a} = \frac{B}{\sin b} = \frac{C}{\sin c}$$

$$C^2 = A^2 + B^2 + 2AB\cos(c)$$

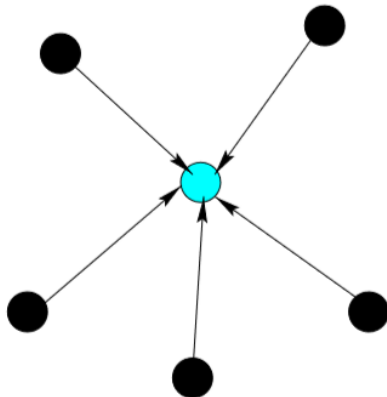
$$B^2 = A^2 + C^2 - 2BC\cos(b)$$

$$A^2 = B^2 + C^2 - 2BC\cos(a)$$

Como modelar um sistema de localização

Questões principais:

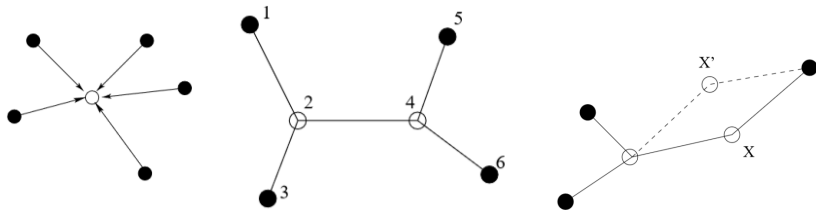
- 2) Como combinar os dados?
 - Multilateração de Máxima Verossimilhança



ML Multilateração

Multilateração Atômica

- Nós Ancoras - Localização conhecida
- Nós Desconhecidos - Possíveis localizações



ML Multilateração

Multilateração Atômica

$$f_i(x_0, y_0, s) = st_{i0} - \sqrt{(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2}$$

$$F(x_0, y_0, s) = \sum_{i=1}^N \alpha^2 f(i)^2$$

$$\min F(x_0, y_0, s)$$

$$-x_i^2 - y_i^2 = (x_0^2 + y_0^2) + x_0(-2x_i) + y_0(-2y_i) - s^2 t_{i0}^2$$

$$-x_i^2 - y_i^2 + x_k^2 + y_k^2 = 2x_0(x_k - x_i) + 2y_0(y_k - y_i) + s^2(t_{ik}^2 - t_{i0}^2)$$

$$b = (X^T X)^{-1} X^T y$$

Mínimos quadrados

ML Multilateração

Multilateração Atômica

$$X = \begin{bmatrix} 2(x_k - x_1) & 2(y_k - y_1) & t_{k0}^2 - t_{k1}^2 \\ 2(x_k - x_2) & 2(y_k - y_2) & t_{k0}^2 - t_{k2}^2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 2(x_k - x_{k-1}) & 2(y_k - y_{k-1}) & t_{k0}^2 - t_{k(k-1)}^2 \end{bmatrix}$$

$$y = \begin{bmatrix} -x_1^2 - y_1^2 + x_k^2 + y_k^2 \\ -x_2^2 - y_2^2 + x_k^2 + y_k^2 \\ \vdots \\ x_{k-1}^2 - y_{k-1}^2 + x_k^2 + y_k^2 \end{bmatrix}$$

$$b = \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ s^2 \end{bmatrix}$$

ML Multilateração

Multilateração atômica só pode ser implantada se o nó desconhecido está dentro do alcance de pelo menos outros três nós ancoras.

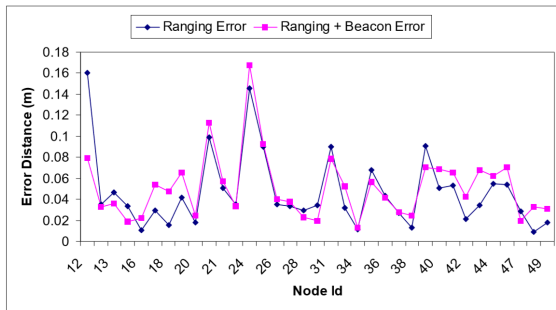
ML Multilateração

Multilateração Iterativa

```

boolean multilateracaoIterativa(G){
    no = nó desconhecido com mais ancoras
    while (no.qtdAncoras  $\geq$  3){
        setAncora(no)
        no = nó desconhecido com mais ancoras
    }
}

```



ML Multilateração

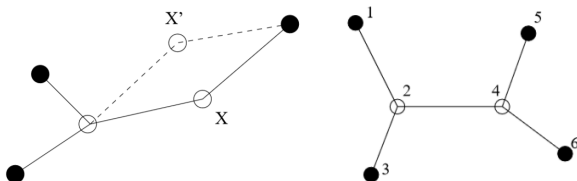
Multilateração Colaborativa

Definition

Um nó é dito participante se ele é uma ancora ou se é um desconhecido com pelo menos outros três vizinhos participativos.

Definition

Par de participação é um par de nós conectados do tipo ancora-desconhecido ou desconhecido-desconhecido onde todos os desconhecidos são participantes.



ML Multilateração

Multilateração Colaborativa

```
boolean isParticipative(no, inicial){  
    if (inicial) minimo = 3 else minimo = 2  
    if (no.qtdAncoras  $\geq$  minimo) return true  
    qtd = no.qtdAncoras  
    foreach vizinho in no.vizinhos{  
        if (isParticipative(vizinho, false)) qtd++  
        if (qtd == minimo) return true  
    }  
    return false  
}
```

ML Multilateração

Multilateração Colaborativa

```

boolean multilateracaoInterativa(G){
    no = nó desconhecido com mais ancoras
    while (no.qtdAncoras  $\geq$  3){
        setAncora(no)
        no = nó desconhecido com mais ancoras
    }
    while (isParticipative(no, true)){
        setAncora(no)
        no = nó desconhecido com mais ancoras
        while (no.qtdAncoras  $\geq$  3){
            setAncora(no)
            no = nó desconhecido com mais ancoras
        }
    }
}

```

Introdução Teoria de Grafos

Definition

Um **grafo** $G = (V, E)$ é definido por dois conjuntos: os vértices V e as arestas E , definidas por pares de vértices.

Perceba, não há restrições para o conjunto V .

Definition

Um grafo $G = (V, E)$ é dito **não direcionado** quando o conjunto de arestas E é definido em termos de pares não ordenados de arestas.

Definition

Em um grafo não-direcionado G , dois vértices u e v são ditos **conectados** se G contém um caminho de u para v

ML Multilateração

Definition

Considere um grafo não direcionado conectado $G = (N, E)$ feito de $|N| = n$ nós e um conjunto E de $n - 1$ ou mais arestas. Os nós ancoras são definidos como um conjunto B onde $B \subseteq N$ e o conjunto de nós desconhecidos é U onde $U \subseteq G$. Tem-se a solução do problema encontrando $x_u, y_u \forall u \in U$ minimizando

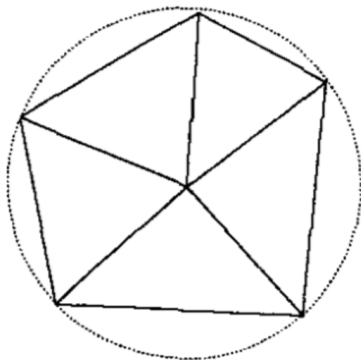
$$\sum_{i \in (B \cup U)} (D_{iu} - \sqrt{(x_i - x_u)^2 + (y_i - y_u)^2})^2$$

para todos os pares de nós participantes i, u onde $i \in B$ ou $i \in U$ e $u \in U$, sujeito a: x_i, y_i são conhecidos se $i \in B$, e todo par i, u é um par participante.

Complexidade Computacional

Estamos preocupados com um problema de realização.

Grafos globalmente rígidos



Complexidade Computacional

Olhando através da otimização global.

Podemos analisar a complexidade sobre um grafo de trilateração $G = (V, E)$ a partir da minimização de

$$\sum_{(i,u) \in E} (D_{iu} - ||i - u||)^2$$

Definition

Um grafo de trilateração $G = (V, E)$ com configuração realizável é realizável em um número de trilaterações polinomiais.

Problema de Geometria de Distâncias (PGD)

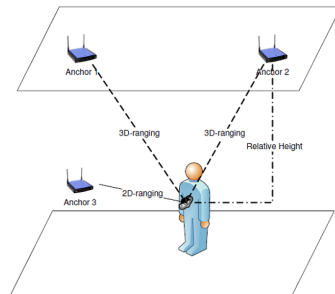
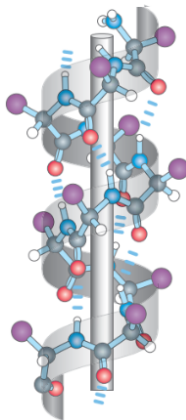
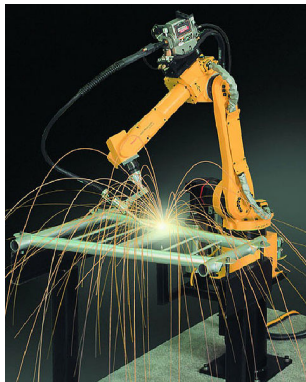
Definition

Dado um grafo $G = (V, E, d)$, conectado e ponderado nas arestas por $d : E \rightarrow (0, \infty)$, encontre uma função $x : V \rightarrow \mathbb{R}^3$ tal que

$$\forall \{u, v\} \in E, \|x(u) - x(v)\| = d(u, v).$$

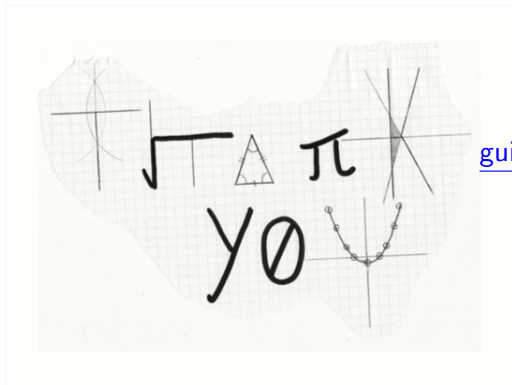
Diz-se que, se o grafo G for completo, tal problema pode ser resolvido com N equações, sendo $N \sim |V|$, possuindo solução em **tempo linear**.

Problema de Geometria de Distâncias (IKP, MDGP, SNL)



Teorema

*O PGD é um problema **NP-Difícil**.*



guilherme.philippi@hotmail.com

UFSC - Blumenau