

SSC5887 Introdução aos Sistemas Robóticos

Denis Fernando Wolf
1º semestre 2010

Grupo de Sistemas Embarcados Evolutivos e Robóticos - SEER

Áreas de atuação:

- **Sistemas embarcados**
 - Computação reconfigurável
 - Co-projeto de hardware/software
- **Sistemas evolutivos**
 - Sistemas elétricos de potência
 - Bioinformática
 - Scheduling (roteamento e escalonamento)
 - Inteligência em jogos
- **Sistemas robóticos**
 - Controle inteligente de robôs móveis
 - Estimação de estado
 - Integração e projeto de sistemas eletrônicos e robôs

2

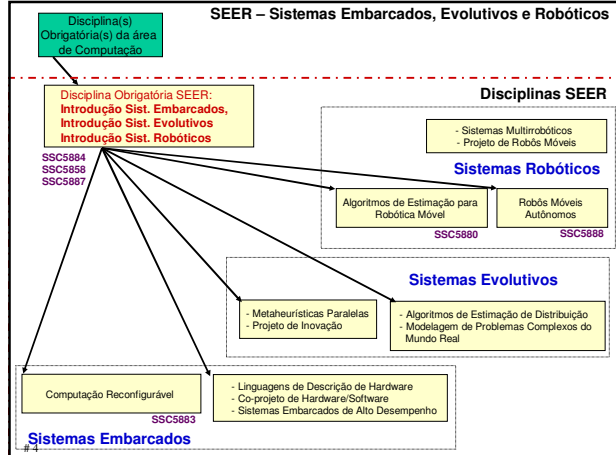
Grupo de Sistemas Embarcados Evolutivos e Robóticos - SEER

Laboratórios:



3

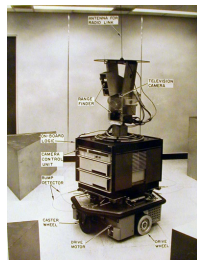
SEER – Sistemas Embarcados, Evolutivos e Robóticos



Histórico



Unimate (1961)
Primeiro robô industrial



Shakey (1968)
Primeiro robô móvel

5

Robótica Móvel

Um robô móvel é uma máquina capaz de extrair informação do ambiente e usar seu conhecimento sobre o mesmo para se locomover com um propósito definido.

Ronald Arkin

Principais características:

- Mobilidade
- Capacidade de percepção
- Autonomia
- Inteligência



A robot in every home...
Bill Gates

6

Histórico

Anos 70 (arquiteturas deliberativas):

- Modelos determinísticos do ambiente
- Sem capacidade de percepção

Anos 80 (arquiteturas reativas):

- Ausência de modelos do ambiente
- Alta dependência da capacidade de percepção

Início dos anos 90 (arquiteturas híbridas):

- Combinação de arquiteturas reativas e deliberativas

Metade/Fim dos anos 90 (abordagem probabilística):

- Integração de modelos complexos e percepção
- Representação de incerteza nos modelos

7

Robótica Móvel Hoje



8

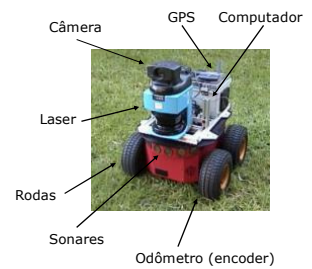
Modelo Básico



9

Robô Móvel - Componentes

- **Sensores:** câmeras, lasers, sonares, odômetros, GPS e etc
- **Atuadores:** rodas, pernas, garras e etc.
- **Sistema computacional:** CPU, memória, disco e etc



10

Sensores e Robôs - LRM



11

Robótica Móvel - Problemas

- Sensores são **limitados** e **imprecisos**.
- Atuadores são **limitados** e **imprecisos**.
- O ambiente e o estado interno do robô são **parcialmente observáveis**.
- Ambientes reais são **dinâmicos** e **imprevisíveis**.
- Os modelos do ambiente e do robô são **imprecisos** e **incompletos**.

12

Robótica Móvel

•Sistemas Robóticos Móveis Inteligentes

- **Localização**
- Mapeamento
- Navegação

13

Localização

Estimar a posição do robô em um **ambiente previamente conhecido**, utilizando informações obtidas por **sensores**.



14

Robôs Móveis - Aplicações



Guia de museu



Mapeamento de minas



Verificação da qualidade da água



Navegação autônoma

15

Localização - Problemas

Efeito da **imprecisão** das informações dos sensores:



Trajeto real

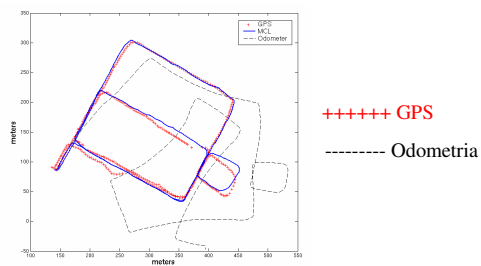


Odometria

16

Localização - Problemas

Efeito da **imprecisão** das informações dos sensores:



17

Localização – Tipos de problemas

Tracking

- Posição inicial é conhecida
- Busca local (correção de odometria)

Localização global

- Posição inicial não é conhecida
- Busca global

18

Localização - Soluções

Framework básico: Filtro de Bayes

Representação da posição do robô

- Distribuição Normal (Filtro de Kalman)
- Malha de células (Grid / Markov)
- Partículas/Amostras (Monte Carlo)

19

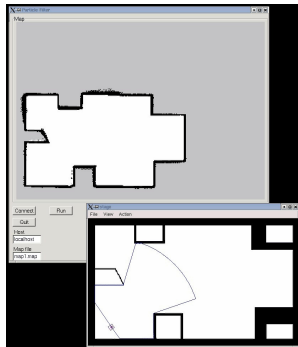
Filtro de Bayes

Nova observação (diminuição de incerteza) Deslocamento do robô (aumento de incerteza) Estimativa anterior

$$Bel(x_t) = \eta p(o_t|x_t) \int p(x_t|x_{t-1}, a_{t-1}) Bel(x_{t-1}) dx_{t-1}$$

20

Localização de Monte Carlo



21

Robótica Móvel

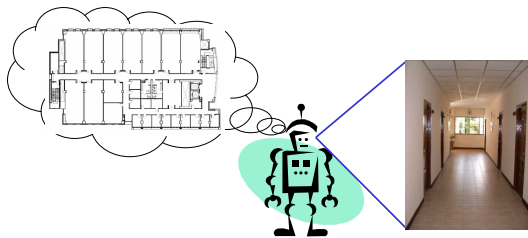
•Sistemas Robóticos Móveis Inteligentes

- Localização
- **Mapeamento**
- Navegação

22

Mapeamento

Criar um **modelo do ambiente** a partir da **localização** do robô e das **informações obtidas por sensores**.



23

Tipos de Mapas

• **Mapas métricos:** representam propriedades geométricas do ambiente de forma quantitativa.



• **Mapas topológicos:** representam a conectividade entre determinados locais do ambiente. Normalmente são utilizados grafos nessa representação.

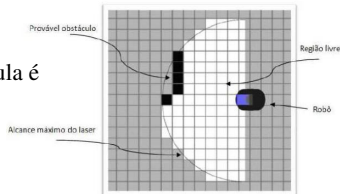


24

Mapeamento Métrico – Grade de ocupação

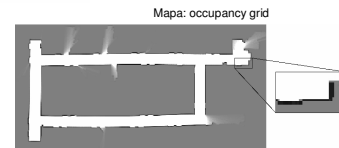
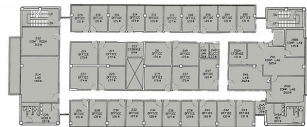
- Dividir o espaço em células e estimar a probabilidade de ocupação de cada célula individualmente baseado na informação obtida pelos sensores.

- Ao final, cada célula é classificada como ocupada, livre ou indefinido.



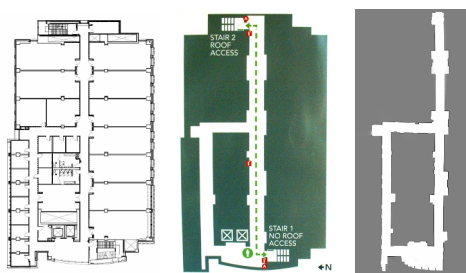
25

Grade de Ocupação



26

Grade de Ocupação



27

Mapa baseado somente na odometria



28

Robótica Móvel

- **Sistemas Robóticos Móveis Inteligentes**
- Localização
- Mapeamento
- **SLAM (Localização e Mapeamento Simultâneos)**
- Navegação

29

Localização e Mapeamento Simultâneos

O SLAM é um dos maiores desafios da robótica móvel.

Dados:

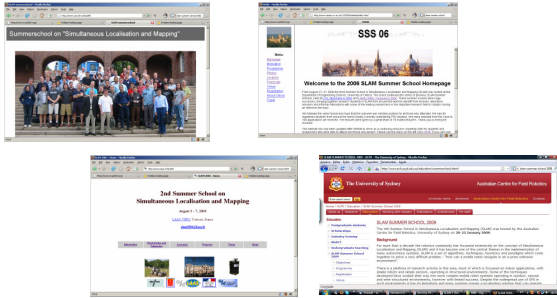
- Deslocamento do robô
- Informações obtidas pelos sensores

Deve-se estimar:

- O mapa do ambiente
- A localização/trajetória do robô

30

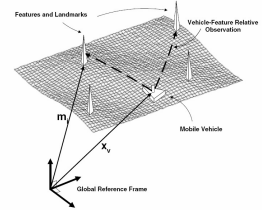
Slam Summer School



31

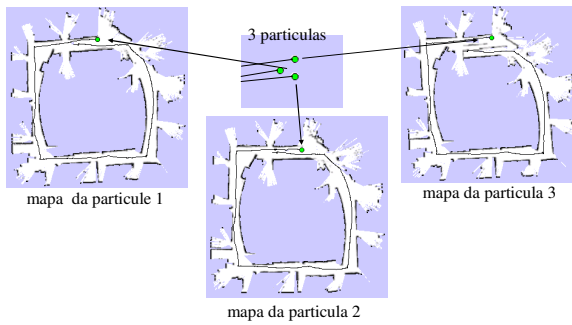
SLAM – Filtro de Kalman

- Consiste em estimar a posição do robô e dos landmarks com o filtro de Kalman.
- As posição do robô e dos landmarks são correlacionadas através da matriz de covariância



32

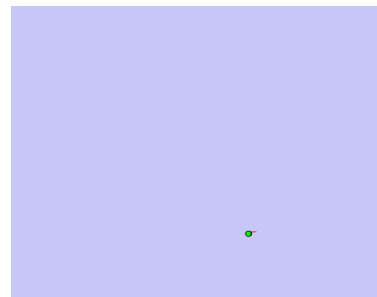
FastSLAM



CSBC 2009 - JAI
33 Fundamentos

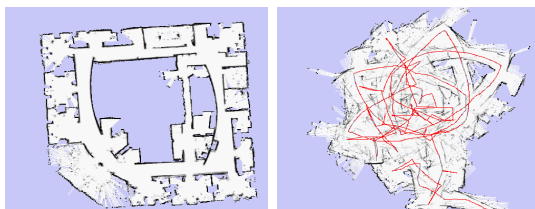
33

FastSLAM



34

FastSLAM - Resultados



FastSLAM

Odometria

35

SLAM - Multirrobo



Posição inicial **desconhecida.**

36

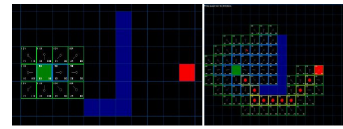
Robótica Móvel

•Sistemas Robóticos Móveis Inteligentes

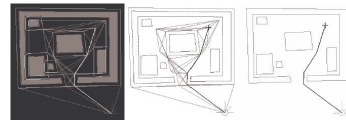
- Localização
- Mapeamento
- **Navegação**

37

Planejamento de Trajetória



A*: mapas métricos (grid)

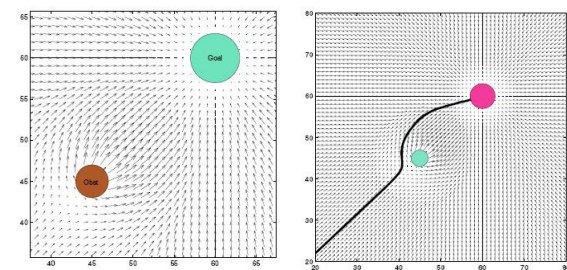


Dijkstra: mapas métricos/topológicos (grafos)

CSBC 2009 - JAI

38 Fundamentos

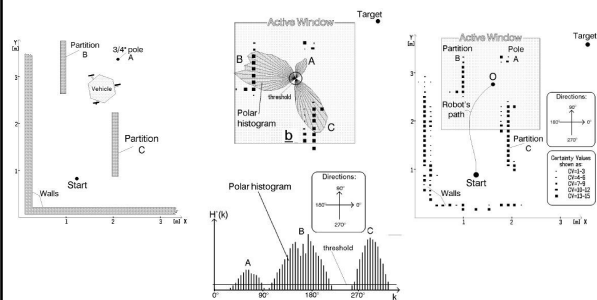
Campos Potencias



CSBC 2009 - JAI

39 Fundamentos

Vector Field Histogram - VFH



CSBC 2009 - JAI

40 Fundamentos

Localização e Mapeamento – Robô Guia de Museu

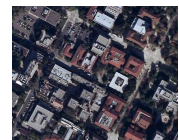


41

Localização e Mapeamento em Ambientes Urbanos

Problemas:

- Complexidade
- Escala
- Irregularidade do terreno
- Difícil representação



42

Plataforma Experimental

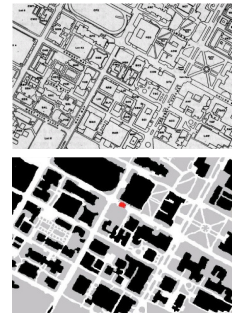


43

Localização – Monte Carlo

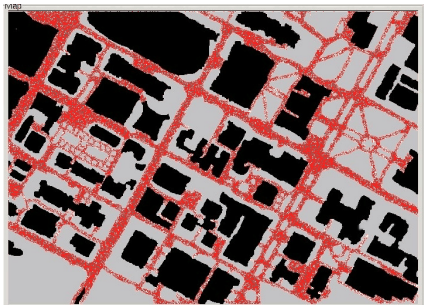
Solução:

- Grande número de partículas
- Criação de áreas semi-ocupadas.
- Obtenção de pitch e roll por uma unidade de medida inercial
- Depois de localizar o robô, estima-se a trajetória utilizando o filtro de partículas no sentido contrário.



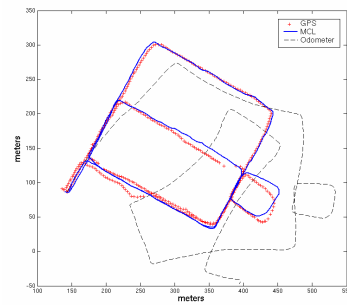
44

Localização – Monte Carlo



45

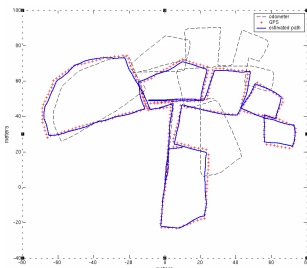
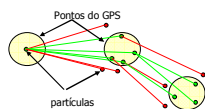
Localização - Resultados



46

Localização – Filtro de Partículas e GPS

- Cada partícula representa uma possível trajetória completa do robô
- É atribuído um peso a cada partícula de acordo com sua proximidade do GPS.
- Partículas que divergem do GPS recebem peso baixo e são eliminadas.



47