

UFMG
UNIVERSIDADE FEDERAL
DE MÍNIAS GERAIS

Introdução à Robótica

Robótica Móvel – Localização

Prof. Douglas G. Macharet
douglas.macharet@dcc.ufmg.br

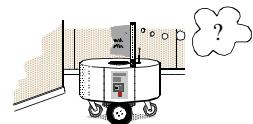
DCC
DEPARTAMENTO DE
CIÉNCIA DA COMPUTAÇÃO

VERlab

Introdução

■ Principais questões na Robótica

- Onde estou? (localização)
- Aonde vou? (objetivo)
- Como vou? (planejamento)



Introdução à Robótica - Localização

2

Introdução

```

graph TD
    Perception[Percepção] --> MundoReal[Mundo Real]
    Localization[Localização] --> MundoReal
    Localization -- "Posição Mapa Global" --> Cognition[Cogição Planejamento]
    Cognition -- "Caminho" --> Controle[Controle]
    Controle --> MundoReal
    Cognition -- "Mundo Real" --> Perception
    Localization -- "Modelo do ambiente Mapa Local" --> Perception
  
```

DCC M

Introdução à Robótica - Localização

3

Introdução

■ Tarefa fundamental

- Determinar a posição (pose) do robô
- Diferentes representações
 - Coordenadas, métrica, topológica, ...
- Absoluta x Relativa
 - Sempre é relativa a um referencial
- Local x Global



Introdução à Robótica - Localização

4

Introdução

- Principais desafios
 - Erros nos sensores
 - Ruído
 - Aliasing
 - Erros nos atuadores
 - Erros nos modelos (simplificações)

DCC M

Introdução à Robótica - Localização

5

Introdução

■ Por que não utilizar sempre GPS?

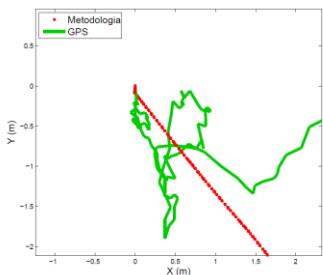
- Não está disponível em todos os ambientes
 - Edificações, cavernas, subaquático, Marte, ...
- Baixo desempenho para sistemas mais críticos
 - Precisão
 - Taxa de aquisição de dados
 - Tamanho do receptor
 - Random walk



Introdução à Robótica - Localização

6

Introdução



Introdução

- Fusão Sensorial
- Principais formas de localização
 - Dead reckoning (relativa)
 - Filtro de Kalman
 - Baseada em marcos/mapas (global)
 - Localização de Markov
 - Localização de Monte Carlo

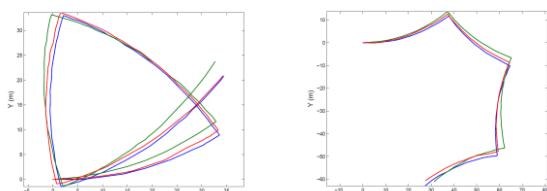
Odometria

- Dead Reckoning
 - Processo de calcular a posição atual utilizando-se a posição (atual) previamente calculada
- Simples
 - Integração a partir das velocidades
 - Utilizar o modelo cinemático
- Sujeta a erros acumulativos

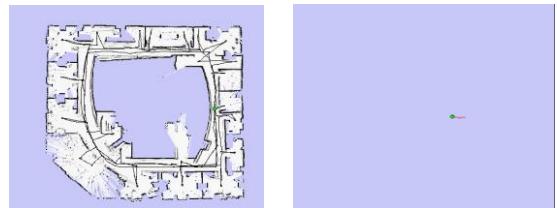
Odometria

- Classificação dos erros
 - Determinístico (sistemático)
 - Erro repetitivo, afeta todas as medidas igualmente
 - Solução: Realizar uma calibração do sistema
 - Não determinístico (não sistemático)
 - Erro aleatório devido a eventos não previstos
 - Solução: Modelagem dos erros

Odometria



Odometria



Odometria

Problemas

- Como resolver esses problemas?
 - Utilizar outras informações para melhorar
- Fusão sensorial
 - Bússola
 - Giroscópios
 - Acelerômetros
 - ...

Filtro de Kalman

- Utilização prática do Filtro de Bayes
 - R. E. Kalman (50's)
- Estimação recursiva de estados
- Diferentes aplicações
 - Fusão sensorial, estimação, filtragem, ...
- Considera que o sistema é linear e pode ser representado por distribuições gaussianas

Filtro de Kalman

- Representação da posição do robô
 - Estado de crença (*belief state*)
 - Possui uma incerteza associada
- Estado de crença
 - Hipótese única
 - Múltiplas hipóteses

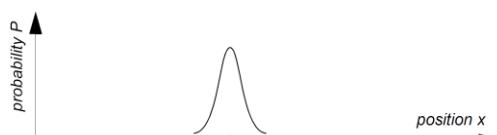
Filtro de Kalman

Estado de crença

- Hipótese única
 - Possível posição do robô (e incerteza)
 - Distribuição Gaussiana
- Vantagem
 - Mais fácil de lidar
 - Facilita a tomada de decisões
- Desvantagem
 - Mais restritivo

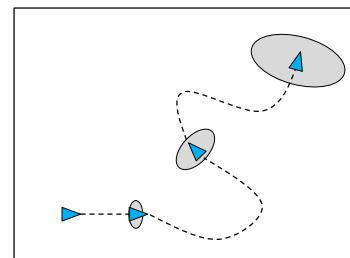
Filtro de Kalman

Estado de crença

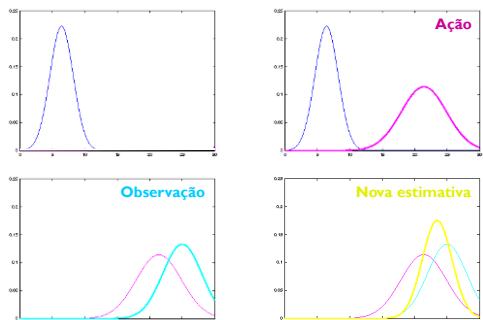


Filtro de Kalman

Estado de crença



Filtro de Kalman



Filtro de Kalman

Algoritmo

```

1: Algorithm Kalman filter( $\mu_{t-1}, \Sigma_{t-1}, u_t, z_t$ ):
2:    $\hat{\mu}_t = A_t \mu_{t-1} + B_t u_t$ 
3:    $\hat{\Sigma}_t = A_t \Sigma_{t-1} A_t^T + R_t$ 
4:    $K_t = \Sigma_t C_t^T (C_t \Sigma_t C_t^T + Q_t)^{-1}$ 
5:    $\mu_t = \hat{\mu}_t + K_t(z_t - C_t \hat{\mu}_t)$ 
6:    $\Sigma_t = (I - K_t C_t) \Sigma_t$ 
7:   return  $\mu_t, \Sigma_t$ 

```

Predição

Correção

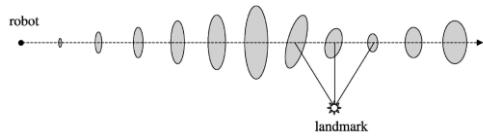
Localização baseada em marcos

- Utilizar marcos em posições conhecidas
 - Principalmente para correção das estimativas
 - Podem ser utilizados como localização global
- Marcos podem ser naturais ou artificiais
 - Árvore, porta, corredor, ...
 - Marcos adicionados no ambiente

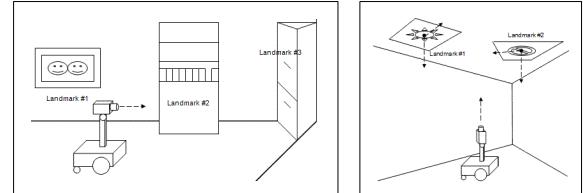
Localização baseada em marcos

- Vantagem**
 - Melhora a estimativa obtida pela odometria
- Desvantagem**
 - Pode ser difícil identificar os marcos
 - E se existirem marcos semelhantes?
 - Nem sempre é possível modificar o ambiente
 - Caro

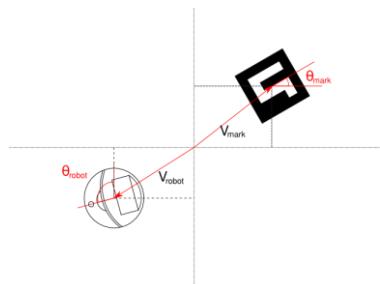
Localização baseada em marcos



Localização baseada em marcos



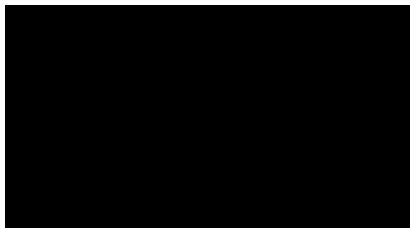
Localização baseada em marcos



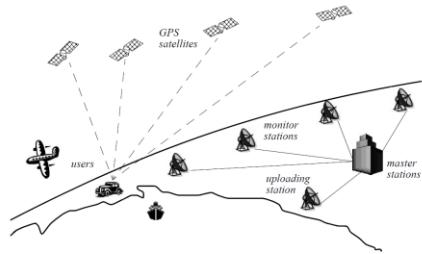
Localização baseada em marcos



Localização baseada em marcos



Localização baseada em marcos



Localização baseada em marcos

Problemas

- Ainda demanda uma estimativa inicial
- A posição do marco também é incerta
 - Considerando limitações dos sensores
- Problema do robô raptado
 - Transporte para um outro local do ambiente
 - Como se localizar sem informação anterior?

Localização utilizando mapas

- Localização absoluta e global
 - Em relação ao ambiente (mapa)
- Posição pode ser estimada sem ser baseada em estimativas anteriores
 - Depende das características do mapa
 - Ambiguidade → Múltiplas hipóteses

Localização utilizando mapas

Estado de crença

■ Múltiplas hipóteses

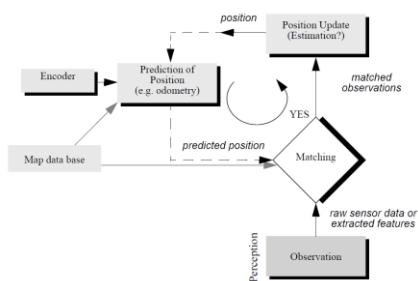
- Conjunto de diversas possíveis posições
- Vantagem
 - Método mais genérico (abrangente)
- Desvantagem
 - Caro computacionalmente
 - Dificulta a tomada de decisões

Localização utilizando mapas

Estado de crença



Localização utilizando mapas



Localização utilizando mapas

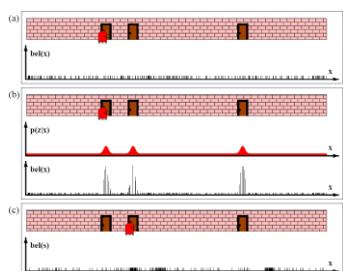
■ Monte Carlo Localization

- Uma das principais técnicas utilizadas
- Estimativas representadas por partículas
- Filtro de Partículas
- Etapas básicas



Localização utilizando mapas

Monte Carlo Localization



Localização utilizando mapas

Monte Carlo Localization



Localização utilizando mapas

Problemas

- O mapa não possui tudo sobre o ambiente
 - Objetos (mesa, lixeira, ...)
 - Pessoas
- E se eu não tenho o mapa e quero fazer um?
 - Para mapear é necessário saber a posição?
 - E agora?