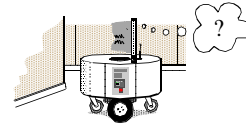


## Introdução à Robótica Robótica Móvel – Localização

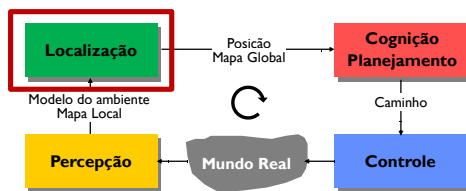
Prof. Douglas G. Macharet  
douglas.macharet@dcc.ufmg.br

## Introdução

- Principais questões na Robótica
  - Onde estou? (localização)
  - Aonde vou? (objetivo)
  - Como vou? (planejamento)



## Introdução



## 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

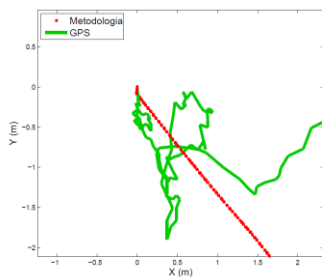
## Introdução

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

## 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



## 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

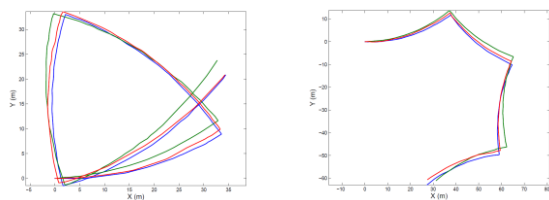
## Odometria

- *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
- Sujeita a erros acumulativos

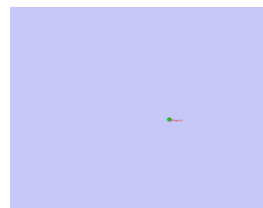
## Odometria

- 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

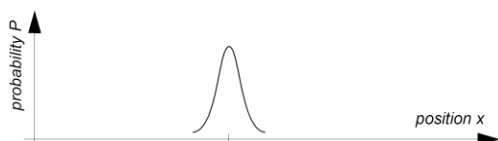
## Filtro de Kalman

### 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

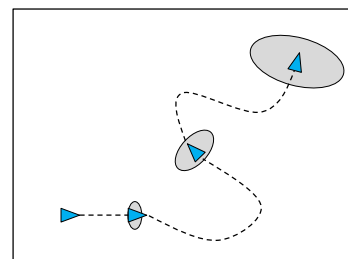
## Filtro de Kalman

### Estado de crença

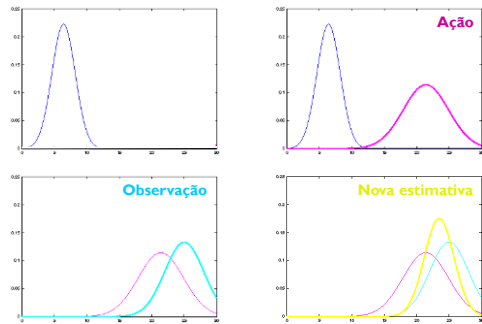


## Filtro de Kalman

### 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:    $\hat{\Sigma}_t = A_t \Sigma_{t-1} A_t^T + B_t B_t^T$ 
4:    $K_t = \hat{\Sigma}_t C_t^T (C_t \hat{\Sigma}_t C_t^T + Q_t)^{-1}$ 
5:    $\mu_t = \hat{\mu}_t + K_t (z_t - C_t \hat{\mu}_t)$ 
6:    $\Sigma_t = (I - K_t C_t) \hat{\Sigma}_t$ 
7:   return  $\mu_t, \Sigma_t$ 
    
```

Predição

Correção

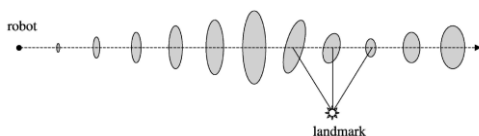
## Localização baseada em marcos

- 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

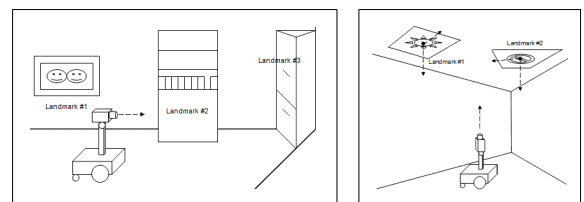
## Localização baseada em marcos

- 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

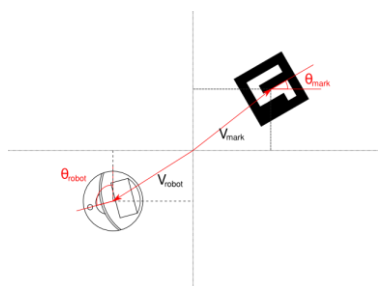
## Localização baseada em marcos



## Localização baseada em marcos



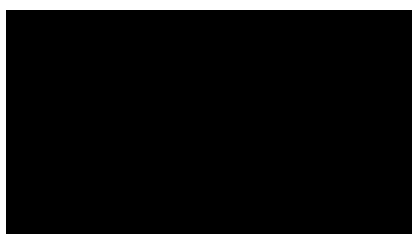
## Localização baseada em marcos



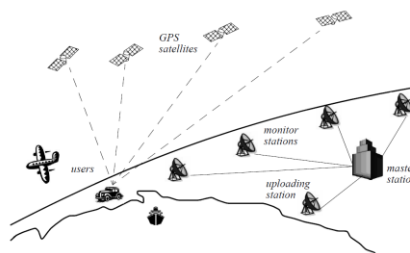
## Localização baseada em marcos



## 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

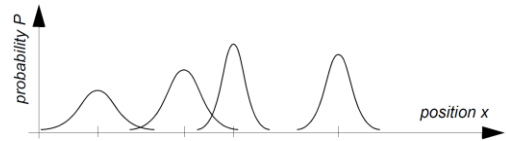
## Localização utilizando mapas

Estado de crença

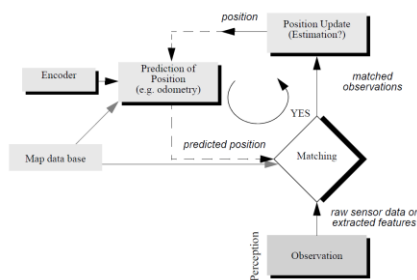
- Múltiplas hipóteses
  - Conjunto de diversas possíveis posições
  - Vantagem
    - Método mais genérico (abrangente)
  - Desvantagem
    - Caro computacionalmente
    - Dificulta a tomada de decisões

## Localização utilizando mapas

Estado de crença

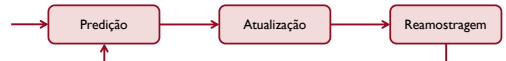


## Localização utilizando mapas



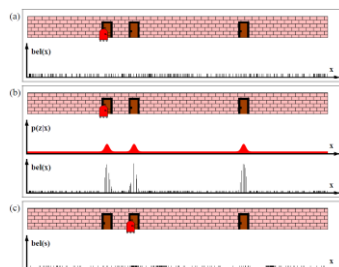
## Localização utilizando mapas

- *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?