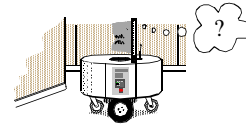


## Introdução à Robótica Robótica Móvel – Localização e Mapeamento

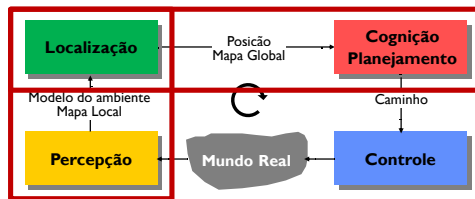
Prof. Douglas G. Macharet  
douglas.macharet@dcc.ufmg.br

## Introdução

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



## Mapeamento



## Mapeamento

- Mapa
  - Representação do ambiente
  - Construído utilizando-se diferentes sensores
    - Diferentes tipos de informação
- Por que utilizar/construir um mapa?
  - Desvio de obstáculos
  - Tomada de decisões

## Mapeamento

- Possuir apenas informações essenciais
  - Quanto mais compacto mais eficiente
  - O tipo de informação irá depender da tarefa
- Como representar o ambiente?
  - Quais tipos de representações existem?

## Mapeamento

### Representação



## Mapeamento

### Representação – Tipos

- Contínuo
  - Métrico
- Discreto (decomposição)
  - Métrico
  - Topológico

## Mapeamento

### Representação

- Características importantes
  - A precisão deve ser apropriada para a tarefa
  - Complexidade x Custo computacional
- Mapeamento
  - Tarefa de criar uma representação do mundo a partir das informações coletadas pelo sensor

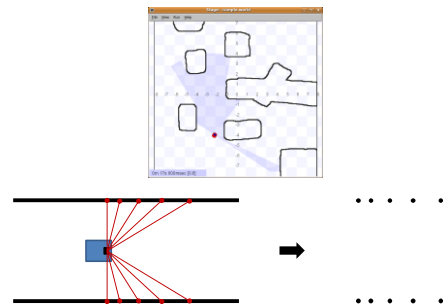
## Mapeamento

### Mapeamento

- Dados direto do sensor (*raw data*)
  - Grande volume de dados, pouca distinção
  - Ex: O ponto no espaço medido pelo sensor
- Características de baixo-nível
  - Médio volume de dados, deve ser extraída
  - Ex: Retas e outras formas geométricas
- Características de alto-nível
  - Pouco volume de dados, perda de informação
  - Ex: Carro, porta, placa, marco, ...

## Mapeamento

### Percepção (Laser)



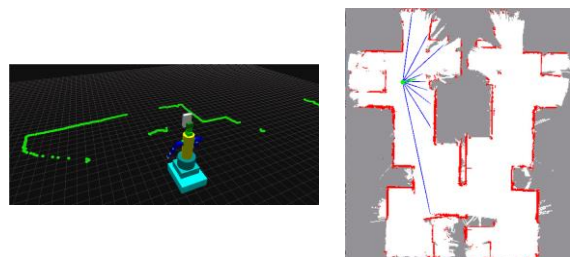
## Mapa métrico

### Contínuo

- Representação “exata” do ambiente
  - Representa todos os detalhes (alta precisão)
- Grande volume de dados
  - Será que precisamos de toda essa informação?
  - Extrair certas características
    - Paredes → Segmentos de retas

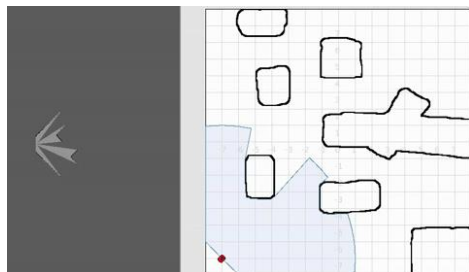
## Mapa métrico

### Contínuo



## Mapa métrico

Contínuo



## Mapa métrico

Contínuo



## Mapa métrico

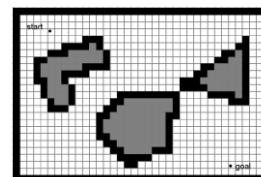
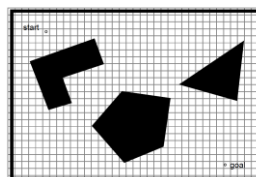
Decomposição em células

- Representação em forma de *grid*
  - Tamanhos fixos (iguais)
  - Tamanhos variáveis
- Vantagem
  - Mais fácil/eficiente de manipular
- Desvantagem
  - Perda de informação

## Mapa métrico

Decomposição em células

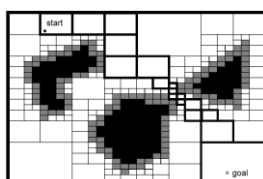
- Células de tamanho fixo
  - Passagens estreitas desaparecem



## Mapa métrico

Decomposição em células

- Células de tamanho variável
  - Aumentam a complexidade de implementação



## Mapa métrico

Decomposição em células



## Mapa métrico

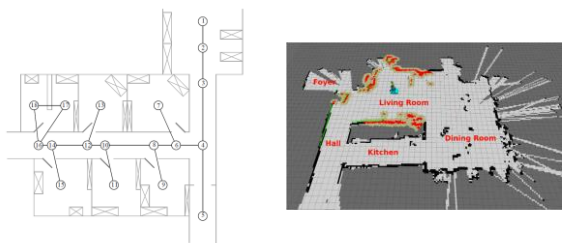
### Decomposição em células

- Problemas
  - Sensores possuem ruído, e um pequeno erro na leitura pode marcar uma célula como ocupada
  - Valor binário de ocupação
- Como tratar esses problemas?
  - Incerteza → Probabilidade
  - Mapa probabilístico

## Mapa topológico

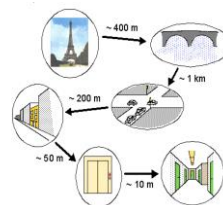
- Representa o mundo como um grafo
  - Vértices: Correspondem a locais “importantes”
  - Arestas: Conexão física entre os locais
- Navegação
  - Capaz de localizar-se nos vértices
  - Saber transitar entre os vértices

## Mapa topológico

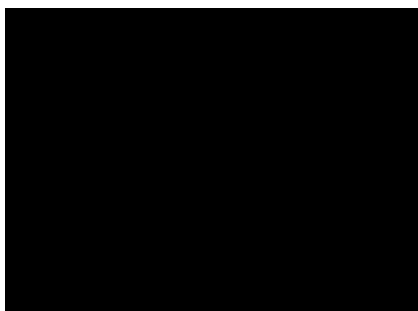


## Mapa topológico

- Abordagem híbrida
  - Decomposição topológica + Métrico



## Mapa topológico



## Mapa topológico

### Problemas

- Útil em planejamentos de alto nível
  - Melhor rota (Dijkstra, A\*)
  - Não possui informação de obstáculos
- Geralmente é feito por um humano
  - Como definir o que será útil para o robô?

## Mapeamento

### Desafios

- Mundo real é dinâmico
  - Objetos são trocados de lugar
  - Pessoas transitam pelo ambiente
- Percepção também é um desafio
  - Sensores são ruidosos
  - Extração de informação útil é difícil
  - Oclusões

## Localização

- 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

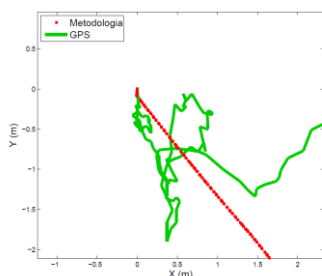
## Localização

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

## Localização

- 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

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

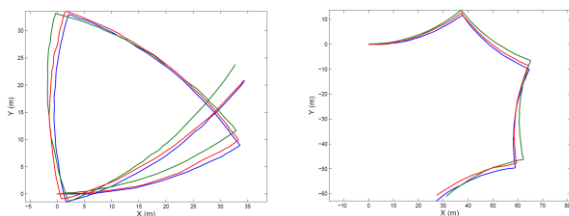
## Odometria

- *Dead Reckoning*
  - Processo de calcular a posição atual utilizando-se a posição (atual) previamente calculada
- *Simple*
  - 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



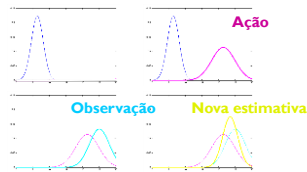
## Odometria



## Odometria

### Problemas

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



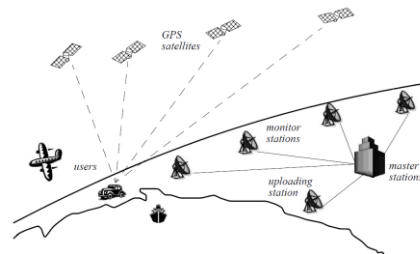
## Localização baseada em marcos

- 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

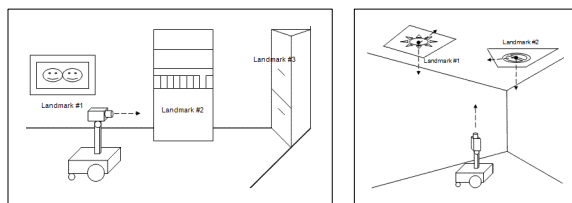
## Localização baseada em marcos

- 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

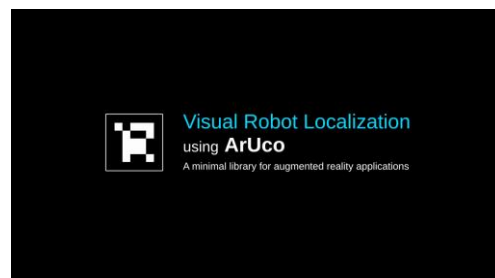
## Localização baseada em marcos



## Localização baseada em marcos



## Localização baseada em marcos



## Localização baseada em marcos

### 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

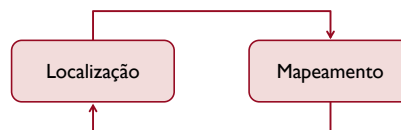
- Localização absoluta e global
  - Em relação ao ambiente (mapa)
- Posição pode ser estimada sem ser baseada em estimativas anteriores
  - Depende das características do mapa
  - Ambiguidade → Múltiplas hipóteses

## Localização utilizando mapas

### Desafios

- 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?

## Problemas

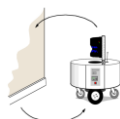


- Por que o robô não faz os dois?
  - SLAM: *Simultaneous Localization and Mapping*

## SLAM

### *Simultaneous Localization and Mapping*

- Criar o mapa e se localizar simultaneamente
  - Utilizando conceitos de probabilidade
- Considerado fundamental para autonomia
  - Problema muito difícil!



## Considerações finais

- Principais problemas na robótica
  - Localização
  - Mapeamento
- Fundamental para todas as outras tarefas
- Diferentes técnicas podem ser utilizadas
  - Probabilísticas