

## Mapeamento

1

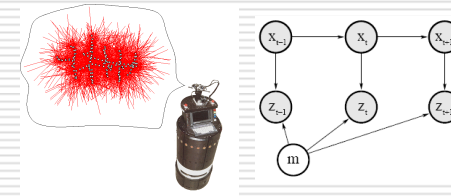
## Mapeamento na robótica móvel

- Representações do ambiente (mapas) são fundamentais para diversas tarefas executadas por robôs móveis como: localização e planejamento de trajetória.
- O mapeamento depende da capacidade de interpretação das informações obtidas por sensores. A maioria dos sensores fornece dados extremamente limitados sobre o ambiente, o que torna difícil o mapeamento do mesmo.

SSC-5880 Denis F. Wolf

2

## Mapeamento: problema de estimação



SSC-5880 Denis F. Wolf

3

## Tipos de mapas

- Mapas métricos: representam propriedades geométricas do ambiente de forma quantitativa, normalmente, discretizando o espaço representado. A ocupação é uma das propriedades mais representadas nesse tipo de mapa
- Mapas topológicos: representam a conectividade entre determinados locais do ambiente. Normalmente são utilizados grafos na representação, onde as regiões de importância são os nós e a conexão entre elas, os arcos.

SSC-5880 Denis F. Wolf

4

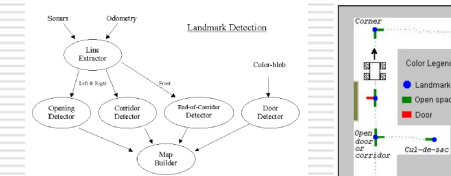
## Problemas no mapeamento

- Imprecisão na informação obtida por sensores e atuadores.
- Alta dimensionalidade dos modelos utilizados nas representações do ambiente.
- Complexidade do ambiente.
- Correspondência entre regiões do ambiente.  
(Como determinar se informações obtidas por sensores em diferentes momentos representam o mesmo local?)

SSC-5880 Denis F. Wolf

5

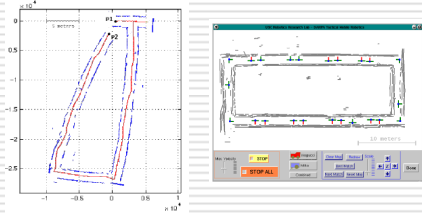
## Mapeamento topológico: landmarks



SSC-5880 Denis F. Wolf

6

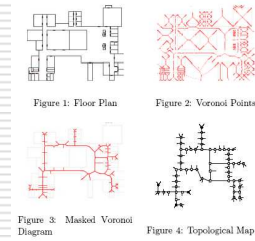
## Mapeamento topológico: landmarks



SSC-5880 Denis F. Wolf

7

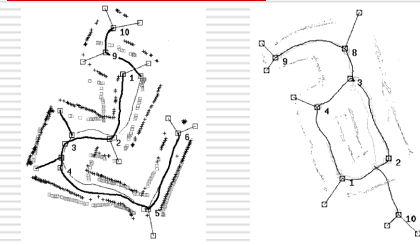
## Mapeamento topológico: diagramas de Voronoi



SSC-5880 Denis F. Wolf

8

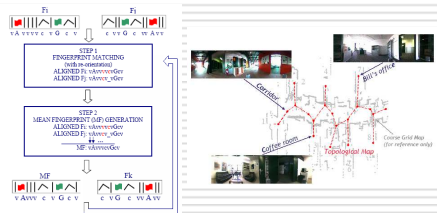
## Mapeamento topológico: diagramas de Voronoi



SSC-5880 Denis F. Wolf

9

## Mapeamento topológico: landmarks (câmera + laser)

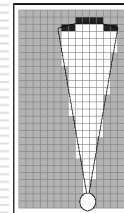


SSC-5880 Denis F. Wolf

10

## Mapeamento métrico: occupancy grids

- 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.



SSC-5880 Denis F. Wolf

11

## Cálculo das probabilidades

- Idea: Utilizar um filtro de Bayes para estimar a ocupação das células:

$$Bel(m_t^{[xy]}) = \eta p(z_t | m_t^{[xy]}) \int p(m_t^{[xy]} | m_{t-1}^{[xy]}, u_{t-1}) Bel(m_{t-1}^{[xy]}) dm_{t-1}^{[xy]}$$

- Importante: o mapa é estático.

$$Bel(m_t^{[xy]}) = \eta p(z_t | m_t^{[xy]}) Bel(m_{t-1}^{[xy]})$$

SSC-5880 Denis F. Wolf

12

## Cálculo das probabilidades

$$Bel(m_i^{(xy)}) =$$

$$\frac{p(m_{x,y} | z_1, \dots, z_t)}{1 - p(m_{x,y} | z_1, \dots, z_t)} = \frac{p(m_{x,y} | z_t) \prod_{i=1}^{t-1} (1 - p(m_{x,y} | z_i))}{1 - p(m_{x,y} | z_t) \prod_{i=1}^{t-1} p(m_{x,y} | z_i)}$$

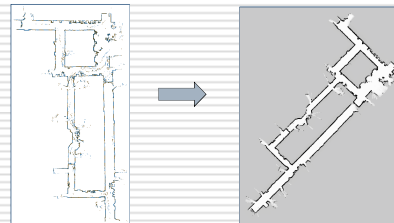
equivalente a:

$$l_{x,y}^t = \log \frac{p(m_{x,y} | z_t)}{1 - p(m_{x,y} | z_t)} + \log \frac{1 - p(m_{x,y} | z_t)}{p(m_{x,y} | z_t)} + (t-1)$$

ou alternativa simples:

$$Bel(m_i^{(xy)}) = \frac{\text{hits}(x, y)}{\text{hits}(x, y) + \text{misses}(x, y)}$$

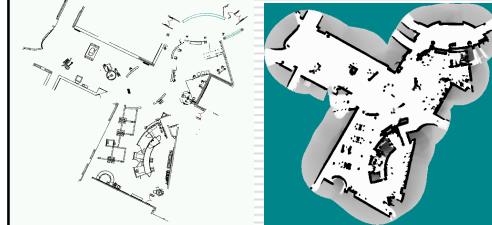
## Mapas



Dados do laser

Occupancy grid

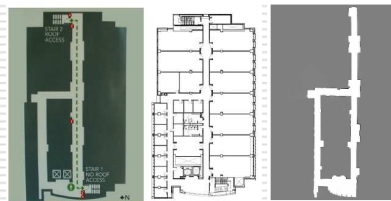
## Mapas



CAD map

occupancy grid map

## Mapas



USC Ronald Tutor Hall

## Mapeamento em ambientes urbanos

Problemas:

- Complexidade
- Escala
- Irregularidade do terreno
- Difícil representação

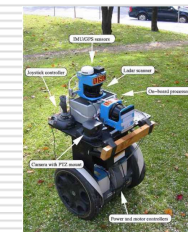


## Mapeamento 3D

- Com base na localização estimada, as informações do laser são projetadas no espaço 3D.
- Os mapas são visualizados em VRML

Plataforma experimental:

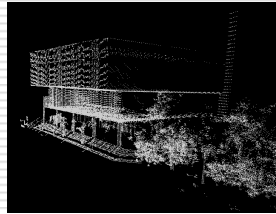
- Robô Segway RMP
- Laser SICK
- GPS
- IMU



## Mapas 3D



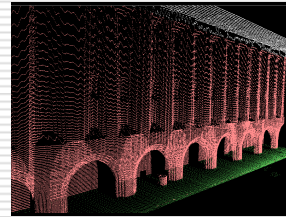
Livraria da USC



SSC-5880 Denis F. Wolf

19

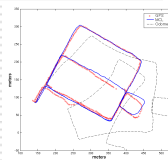
## Mapas 3D



SSC-5880 Denis F. Wolf

20

## Mapas 3D



## Mapas 3D



SSC-5880 Denis F. Wolf

22

## Mapas 3D



SSC-5880 Denis F. Wolf

23

Robotic Embedded Systems Lab.

3D Map of  
McKenna Range, MOU Site

Denis Wolf & Gaurav Sukhatme

SSC-5880 Denis F. Wolf

24