

SSC5880

Algoritmos de Estimação para Robótica Móvel

Denis F. Wolf
(denis@icmc.usp.br)

19/05/2014



Universidade de São Paulo
Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação
Departamento de Sistemas de Computação - SSC

1

Objetivos do curso

- ❑ Estudo de problemas fundamentais da robótica móvel
- ❑ Estudo da utilização de técnicas de estimação e de fusão de sensores aplicadas na robótica móvel

Informações

- ❑ Avaliação:
 - Nota final:** Seminário 30% + Trabalhos 60% + Participação 10%
- A = Sugestão: usar Python nas implementações!
- Parti Wing IDE 101 + Python 2.7.4 (free!)
- ❑ Bibli http://wingware.com
 - http://www.python.org MIT Press,
 - 2
 - Artificial Intelligence: A Modern Approach, S. Russell and P. Norvig, Prentice Hall, 2003
 - Artigos selecionados de conferências e periódicos

Calendário

9/5 - Apresentação + Revisão de Teoria Probabilística

16/5 - Localização Markov + EKF

23/5 - Localização Monte Carlo + Mapeamento

?/5 (Rep.) - SLAM (Loc. e Map. Simultâneos)

30/5 - SLAM II + Planejamento Prob. (PDM)

6/6 - IEEE IV (não haverá aula)

13/6 - IEEE IV (não haverá aula)

20/6 - Recesso

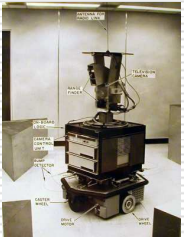
?/6 (Rep.) - Seminários

27/6 - Seminários

Histórico



Unimate (1961)
Primeiro robô industrial



Shakey (1968)
Primeiro robô móvel

Histórico da Pesquisa em Robótica

```

    graph TD
      A[Classical Robotics (mid-70's)] --> B[Reactive Paradigm (mid-80's)]
      A --> C[Hybrids (since 90's)]
      B --> C
      B --> D[Probabilistic Robotics (since mid-90's)]
      C --> D
    
```

- Classical Robotics (mid-70's)**
 - deterministic (exact) models
 - no sensing necessary
- Reactive Paradigm (mid-80's)**
 - no models
 - relies heavily on good sensing
- Hybrids (since 90's)**
 - model-based at higher levels
 - reactive at lower levels
- Probabilistic Robotics (since mid-90's)**
 - seamless integration of models and sensing
 - tries to handle inaccurate models and sensors

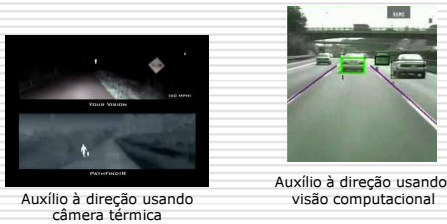
Passado...



Presente

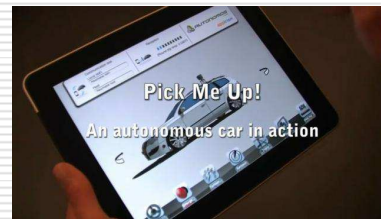


Presente



Robótica

Futuro (muito próximo)...

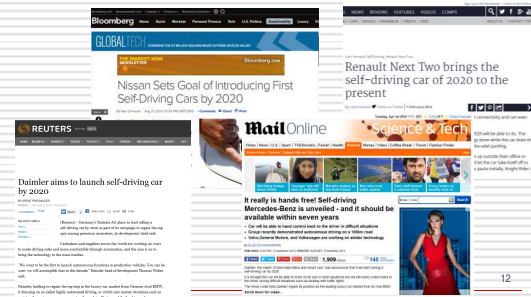


Robótica

Ou presente?



Robótica



■ No Brasil??



13


Projeto NAV-AG 

Objetivo: Desenvolvimento de um sistema de identificação de obstáculos em plantações de cítricos




Vigência: janeiro a setembro de 2012

Financiamento: Jacto Máquinas Agrícolas

Projeto NAV-AG 

Visão estéreo + Aprendizado de máquina




14

Projeto NAV-AG 


JAV II na Agrishow 2013



15


Projeto NAV-AG 

Jacto JAV II



16

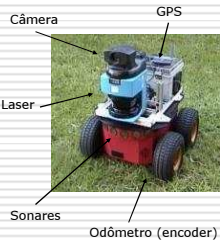
Robô Móvel – Modelo Básico



18


Sensores

- ❑ Proprioceptivos: observam o estado do **robô** (odometria, GPS, giroscópios).
- ❑ Exteroceptivos: observam o estado do **ambiente** (câmeras, sonares, lasers).



Atuadores

- ❑ Alteram o estado do robô e do ambiente (rodas, pernas, garras).



Problemas

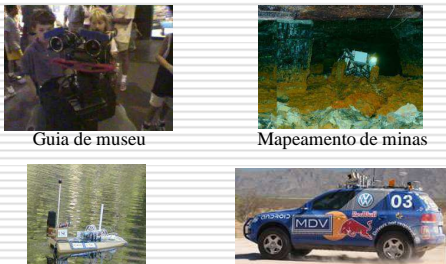
- Sensores são **limitados** e **imprecisos**.
- Atuadores são **limitados** e **imprecisos**.
- O ambiente e o estado interno do robô são **parcialmente observáveis**.
- Ambientes reais são **dinâmicos** e **imprevisíveis**.
- Os modelos do ambiente e do robô são **imprecisos** e **incompletos**.

Exemplos de Imprecisão



Odometria **Sonar**

Robôs Móveis - Aplicações



Guia de museu Mapeamento de minas

Verificação da qualidade da água Navegação autônoma

Robótica Probabilística

Idéia básica: representação da incerteza utilizando teoria probabilística.

- ❑ **Percepção** = estimação
- ❑ **Atuação** = otimização

Exemplo - Localização

Exemplo - Navegação

Veículos Inteligentes

VaMoRs (1985) NAVLAB 1 (1986)

VaMP (1994) ARGO (1998)

Darpa Grand Challenge 2004

Premio de **US\$1.000.000,00**
Desafio: Percorrer 224km no deserto de forma autônoma

106 equipes inscritas e 25 finalistas

Melhor resultado: Red team (12km)

"Nobody won. Nobody even came close" - CNN

19/05/2014

Darpa Grand Challenge

19/05/2014 30

Darpa Grand Challenge 2005

Premio de **US\$2.000.000,00**

195 equipes inscritas,
23 finalistas
5 terminaram o percurso

Vencedor:
Stanley
(Stanford University)
6h 53m

Grand Challenge 05
City-to-City Driving

- Terrain
 - Desert
 - Flat
 - Mountainous
- Obstacles
 - Bridges
 - Underpasses
 - Debris
 - Paired roadways
 - Poor roadways
 - Other Vehicles






19/05/2014 31

Darpa Urban Challenge 2007


Urban Challenge

City Driving

- Obey traffic laws
- Safe entry into traffic flow
- Safe passage through busy intersections
- Safe following or passage of moving vehicles
- Safe passage of a stopped vehicle
- Choose an alternate route when the primary route is blocked
- Safe U-turn



DARPA URBAN CHALLENGE
SOUTHERN CALIFORNIA LOGISTICS AIRPORT
VICTORVILLE, CA



60 Mile Supply Mission Through the City

19/05/2014 32

Darpa Urban Challenge 2007

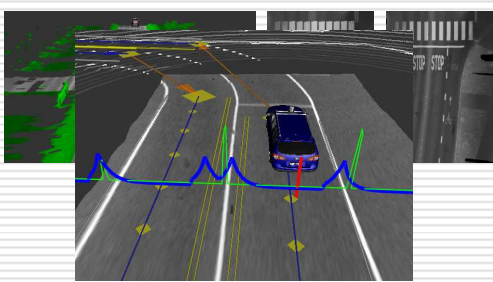
“none of the winning teams had taken any demerits for traffic violations, and that the winners had all been selected based on their finishing times “

“Tartan's vehicle averaged about 14 miles per hour throughout the course, which covered about 55 miles. Stanford averaged about 13 miles per hour, and Virginia Tech averaged a bit less than that “

[Video](#)

19/05/2014 33

Mapeamento e localização



19/05/2014 34

Detecção e tracking de obstáculos






19/05/2014 35

Resultado...

Data Shows Google's Robot Cars Are Smoother, Safer Drivers Than You or I

Tests of Google's autonomous vehicles in California and Nevada suggests they already outperform human drivers.

By Tom Iversen on October 25, 2012



Data gathered from Google's self-driving Prius and Lexus cars shows that they are safer and smoother when steering themselves than when a human takes the wheel, according to the leader of Google's autonomous car project.

Chris Urmson made those claims today at a (2012) symposium in Santa Clara, California. He presented results from two studies of data from the hundreds of thousands of miles Google's vehicles have logged on public roads in California and Nevada.

One of those analyses showed that when a human was behind the wheel, Google's cars accelerated and braked (generally) more slowly than they did when piloting themselves. Another showed that the cars' software was much better at maintaining a safe distance from the vehicle ahead than the human driver's was.

19/05/2014 36

Vantagens e Desvantagens

- ❑ Trabalha com modelos imprecisos
 - ❑ Suporta sensores imperfeitos
 - ❑ Soluções robustas em situações reais
 - ❑ Atualmente, as melhores soluções para determinados problemas da robótica
-
- ❑ Alta demanda computacional
 - ❑ Pode levar a deduções erradas
 - ❑ Métodos aproximados
-