



USP - ICMC - SSC / PG-CCMC
SSC 5887 (ISR) - 1o. Semestre 2011

Disciplina SSC-5887 Introdução aos Sistemas Robóticos

Prof. Fernando Osório - Prof. Denis Wolf
Prof. Eduardo Simões - Prof. Onofre Trindade Jr.

Prof. Fernando Santos OSÓRIO - Grupo SEER
Email: fosorio [at] { icmc. usp. br , gmail. com }
Web: <http://www.icmc.usp.br/~fosorio/> [usp : guest]
<http://lrm.icmc.usp.br/>
<http://www.inct-sec.org/>



WIKI ICMC: <http://wiki.icmc.usp.br/index.php/SSC-5887>

Aula 01

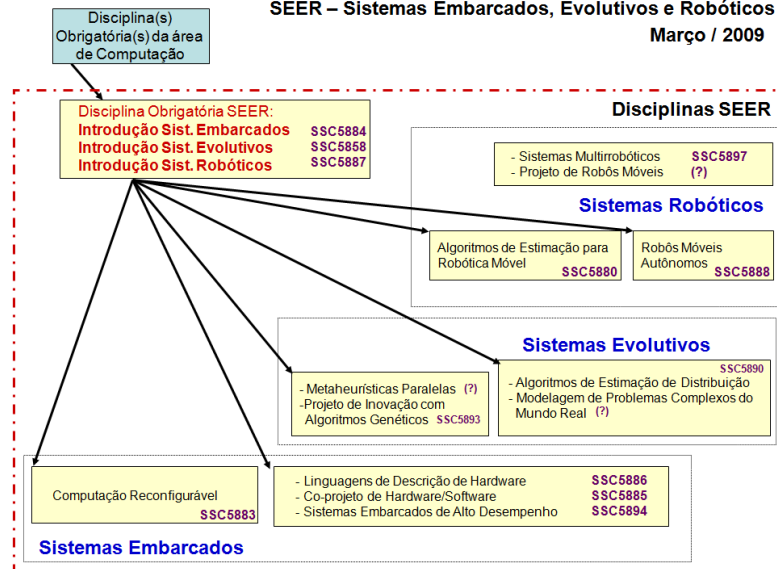
Introdução à Disciplina ISR Conceitos Básicos de Robótica

Agenda:

1. Disciplinas do Grupo SEER
2. Disciplina ISR - Introdução aos Sistemas Robóticos
3. Programa e Conteúdos
4. Material de Apoio e Bibliografia
5. Avaliação
6. Sistemas Robóticos: Introdução e Conceitos Básicos
 - Introdução: Conceitos Básicos, Tipos de Robôs
 - Tele-Operação e Autonomia
 - Sensores, Atuadores, Percepção-Decisão-Ação
 - Controle e Navegação de Robôs Móveis Autônomos e Inteligentes
 - Localização, Mapeamento, Planejamento, Navegação
 - Exemplos de Aplicações e Pesquisa em RMAs
 - Discussão: Controle Robótico Autônomo e Inteligente

1. Disciplina do Grupo SEER

SEER – Sistemas Embarcados, Evolutivos e Robóticos
 Março / 2009



3

Março 2011

2. Disciplina ISR: Introdução aos Sistemas Robóticos

SSC 5887 – Introdução aos Sistemas Robóticos

- **Objetivos** [Janus Web]

Esta disciplina aborda os **fundamentos computacionais da área de robótica móvel**.

São apresentados os aspectos básicos dos sistemas robóticos como: **sensores, atuadores e arquiteturas de controle**, bem como noções sobre tópicos mais avançados como:

- Técnicas inteligentes para controle robusto,
- Localização e planejamento de trajetórias,
- Navegação de sistemas móveis autônomos.

São também apresentadas e discutidas aplicações práticas de robôs móveis que ilustram os conceitos estudados.

As aulas abordam os aspectos teóricos da área bem como apresentam exemplos práticos, introduzindo exemplos de práticas de simulação e de programação de robôs móveis.

4

Março 2011

2. Disciplina ISR: *Introdução aos Sistemas Robóticos*

SSC 5887 – Introdução aos Sistemas Robóticos

- **Material de Apoio**

Material on-line:

WebPage do Professor - <http://www.icmc.usp.br/~fosorio/>
Wiki ICMC, CoTeia, Graduação, Pós-Graduação

Informações Complementares e Atualizadas:

Wiki ICMC - <http://wiki.icmc.usp.br/>
COTEIA - <http://coteia.icmc.usp.br/>
Disciplina: RMAs, Programação de RMAs, Sensores Inteligentes (Grad.)

Palestras e Cursos:

- Curso JAI 2009, JAI 2005 (Tutoriais On-Line)
- Curso de Extensão: Programação de Robôs
- Tutoriais: CLEI 2010, SBGames 2009, SBGames 2007, ...
- Artigos e Publicações On-Line

3. Programa e Conteúdos

SSC 5887 – Introdução aos Sistemas Robóticos

- **Programa:**

- 14/03 - Aula 01 - Apresentação e Conceitos Básicos
- 21/03 - Aula 02 - Teoria e Aplicações # Simões
- 28/03 - Aula 03 - Teoria e Aplicações # Osório
- 04/04 - Aula 04 - Teoria e Aplicações # Denis
- 11/04 - Aula 05 - Teoria e Aplicações # Onofre
- 18/04 - Aula 06 – FERIADO (Semana Santa / Páscoa)

FIM!

4. Material de Apoio e Bibliografia

SSC 5887 – Introdução aos Sistemas Robóticos

- Material de Apoio

Material on-line:

WebPage do Professor - <http://www.icmc.usp.br/~fosorio/>

Informações Complementares e Atualizadas:

COTEIA - <http://coteia.icmc.usp.br/>

Disciplina: Robôs Móveis Autônomos (Grad)

Palestras e Cursos:

- Curso JAI 2005

- Curso JAI 2009

- Curso de Extensão: Programação de Robôs (24 a 26 de Março)

4. Material de Apoio e Bibliografia

SSC 5887 – Introdução aos Sistemas Robóticos

- Material de Apoio

LRM, LCR, Grupo SEER, Proj. SENA
SBC - JAI 2005, JAI 2009
INCT-SEC - Instituto Nac. de C&T
Sistemas Embarcados Críticos

<http://www.wiki.icmc.usp.br/wiki/index.php/2005.html>

XXV Congresso da SBC
MNI CURSO - JAI2009 / Jornada de Atualização em Informática
Julho 2005 - UNISINOS - São Leopoldo-RS

"Computação Embarcada: Projeto e Implementação de Veículos Autônomos Inteligentes"

Responsáveis:

Prof. Dr. Christian Kubler
Prof. Dr. Claudio Jung
Prof. MSc. Fabio Iannini
Prof. Dr. Fernando Duarte

SLIDES de apresentação (em formato PDF)

Parte I - Prof. Kubler - Slides (Parte I) - Slides (Parte II)
Parte II - Prof. Kubler - Slides
Parte III - Prof. Duarte - Slides (Parte I) - Slides (Parte II)
Parte IV - Prof. Jung - Slides

TEXTO de Msc-Curso - [Arquivo PDF](#) [Veja aqui!](#)

RESUMO do Msc-Curso

Este curso tem por objetivo apresentar um panorama sobre as novas tendências, técnicas e aplicações de computação embarcada em veículos básicos de robótica móvel, e de instrumentação e controle de veículos autônomos, com ênfase nas novas tecnologias computacionais utilizadas em aplicações de robótica computacional no campo de veículos autônomos, com ênfase em sistemas de apoio ao motorista. Além disso também será implantado de sistemas de apoio ao motorista na sociedade acadêmica, relativos ao aumento da segurança, mas questionado também quanto a Tolerância, sendo apresentados projetos relativos a veículos autônomos desenvolvidos pelo Instituto Automotiva e também por grupos de pesquisadores do Grupo de Pesquisa em Veículos Autônomos de Tráfego (GPTA).

LENCS Complementares:

Laboratório de Robótica Móvel



Bem vindo!

O Laboratório de Robótica Móvel desenvolve pesquisas em diversas áreas relacionadas à robótica. Entre elas destacamos os veículos computacionais autônomos, inteligência computacional, aprendizado de máquina, sistemas computacionais reconfiguráveis, controle de robôs através de dispositivos de comunicação. O laboratório conta com robôs e sensores avançados para a representação e teste dos sistemas desenvolvidos.

Temas de Pesquisa

- Aprendizado
- Localização
- Navegação
- Robótica
- Sistemas Multi-robôs
- Controle adaptativo

News

- ACM SACROB ROBOT - Special track on Intelligent Robotic Systems
- Projeto SENA - Cooperação com o Laboratório de Mecatrônica - EESC/USP



WIKI
ICMC



http://csbc2009.inf.ufpa.br/index.php?option=com_content&view=full&Itemid=28

4. Material de Apoio e Bibliografia

SSC 5887 – Introdução aos Sistemas Robóticos

- Bibliografia

Bibliografia Básica:

- **Dudek**, Gregory & Michael Jenkin. *Computational Principles of Mobile Robotics*. Cambridge Press, 2000.
- Mataric, Maja J. *The Robotics Primer*. MIT Press, 2007.
- **Bekey**, George A. *Autonomous Robots: From Biological Inspiration to Implementation and Control*. The MIT Press: Cambridge, London. 563p (2005).

Bibliografia Complementar:

- Arkin, Ronald C. *Behavior-based robotics*. Cambridge, Mass. : MIT Press, c1998.
- **Thrun**, Sebastian; Wolfram Burgard; Dieter Fox. *Probabilistic robotics*. Cambridge, Mass. : MIT Press, c2006.
- Bräunl, Thomas. *Embedded robotics : mobile robot design and applications with embedded systems*. Berlin; New York : Springer, c2006.
- Jones, Joseph L.; Bruce A. Seiger; Anita M. Flynn. *Mobile robots : inspiration to implementation*. Natick, Mass. : A.K. Peters, c1999
- **Siegwart**, Roland & Illah R. Nourbakhsh. *Introduction to autonomous mobile robots* Cambridge, Mass. : MIT Press, 2004

4. Material de Apoio e Bibliografia

SSC 5887 – Introdução aos Sistemas Robóticos

- Bibliografia

Bibliografia...

- Brooks, Rodney. *Cambrian Intelligence: The Early History of the new AI*. Bradford Book. MIT Press, 1999.
 - Pio, J. L. de Souza e Campos, M. F. M. (2003). *Navegação Robótica*. XXII Congresso da SBC. Anais JAI'03. Campinas, SP.
 - Medeiros, Adelardo A.D. (1998). *A Survey of Control Architectures for Autonomous Mobile Robots*. JBCS - Journal of the Brazilian Computer Society, Special issue on Robotics. v.4, n.3.
 - Latombe, J. (1991). *Robot Motion Planning*. Kluwer Academic Publisher, Boston, MA.
- + Referências de I.A. (A.I. and Machine Learning):
- Mitchell, T. M. *Machine learning*. New York: McGraw-Hill - Computer Science, 1997. 414p.
 - Haykin, Simon. *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*. Prentice-Hall. 2nd Ed. 1999. 842p. (Tradução: Neural Network: Princípios e Prática. Bookman, 2001).
 - Rezende, Solange Oliveira. *Sistemas Inteligentes: Fundamentos e Aplicações*. Manole Editora. 2003. 525p.
 - Mitchell, Melanie. *An introduction to genetic algorithms*. MIT Press, 1996. 209p.
- + Referências:
- SBC JAI 2005, SBC JAI 2009, Web: Artigos, Teses...

5. Avaliação

SSC 5887 – Introdução aos Sistemas Robóticos

- **Avaliação:**
Entrega de Relatório ao Final da Aula

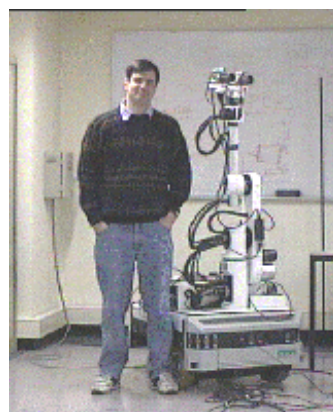
Ao final de cada aula os alunos devem redigir um pequeno relatório sobre os conceitos abordados na disciplina e entregar ao professor.

- O relatório deve ser de uma folha (max. 2 páginas, frente e verso)
- Conteúdo do Relatório:
 - > Resumo dos Principais Conceitos
 - > Discussão sobre a Apresentação (Tópicos importantes, Aplicações, Técnicas em Destaque)

Os alunos serão avaliados pelo conjunto dos relatórios entregues.

6. Sistemas Robóticos: Introdução e Conceitos Básicos

Robótica: Da Ficção as Aplicações no Mundo Real



6. Sistemas Robóticos: Introdução e Conceitos Básicos

Robôs Móveis Autônomos



Scientific American - January 2007

A Robot in Every Home
The leader of the PC revolution predicts that the next hot field will be robotics
By Bill Gates

Imagine being present at the birth of a new industry. It is an industry based on groundbreaking new technologies, wherein a handful of well-established corporations sell highly specialized devices for business use and a fast-growing number of start-up companies produce innovative toys, gadgets for hobbyists and other interesting niche products. But it is also a highly fragmented industry with few common standards or platforms. Projects are complex, progress is slow, and practical applications are relatively rare. In fact, for all the excitement and promise, no one can say with any certainty when—or even if—this industry will achieve critical mass. If it does, though, it may well change the world.

Of course, the paragraph above could be a description of the computer industry during the mid-1970s, around the time that Paul Allen and I launched Microsoft.

13
Março 2011

6. Sistemas Robóticos: Introdução e Conceitos Básicos

Robôs Móveis Autônomos

h+ covers technological, scientific, and cultural trends that are changing — and will change — human beings in fundamental ways.

RECENT Articles

A Samsung Robot In Every Home By 2020?
By: Ben Goertzel
Published: March 26, 2010

In 1960, South Korea was poorer than two-thirds of the nations in sub-Saharan Africa. Today it's the world's most digital nation, with a per capita income of nearly \$28,000, higher than New Zealand (\$27K) or Portugal (\$22K). This transformation largely took place during 1965-1985, and is known as the "Korean Miracle."

But the transformation of the Land of the Morning Calm is far from complete. South Korea is pushing ahead with a host of interlocking technology initiatives bold enough to potentially make the period 2010-2025 a second Korean miracle, this time focused on what Seoul National University refers to as *convergence technology*.

SEE ALSO

- The Next Global Superpower is... Korea?
- Nano-Bio-Info-Cogno: Paradigm for the Future

<http://hplussmagazine.com/2010/03/26/samsung-robot-every-home-2020/>

humanity+
Parsons NYC
Transhumanism Meets Design

FINAL JEOPARDY

Março 2011

Robôs Móveis Autônomos

Histórico

History Making Mobile-Robots - HM



(Not yet included in list - Stanford Cart, Xee, Hebot1.....)

Significant Robots - and time-line events



Tipos de Robôs

Tipos de Robôs

Tipo de Mobilidade

- Base Fixa (manipuladores, braço robótico)
- Base Móvel: Com Restrição (grua) / Sem Restrição (veículo)

Tipo de Mecanismo de Locomoção

- Pernas, Rodas, Esteiras, Propulsão

Tipo de Local de Atuação

- Indoor (locais fechados, internos)
- Outdoor: Estruturados (estradas), Não Estruturados (off-road)

Tipo de Autonomia

- Controle e Ações Pré-Definidas
- Tele-Operados (tele-comandado)
- Semi-Autônomo (tele-operado + ações independentes)
- Autônomo : sem intervenção humana durante a operação

Percepção
Decisão
Ação

* Robôs Manipuladores:

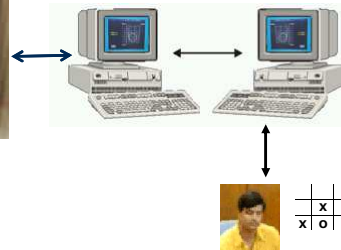
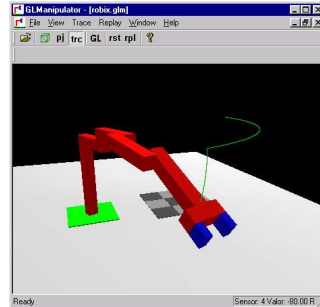
- Braços Robóticos de Base Fixa
Manipuladores Industriais
- Braços Manipuladores Embarcados
- Gruas Robotizadas

* Robôs Móveis:

- AGV Industriais (Automated Guided Vehicles)
- Robôs Indoor: Veículos, Holonômicos, Humanoides, ...
- Robôs Outdoor: Terrestres (estradas, todos-terrenos),
Sub-Marinos, Aéreos, Inter-Planetários, ...

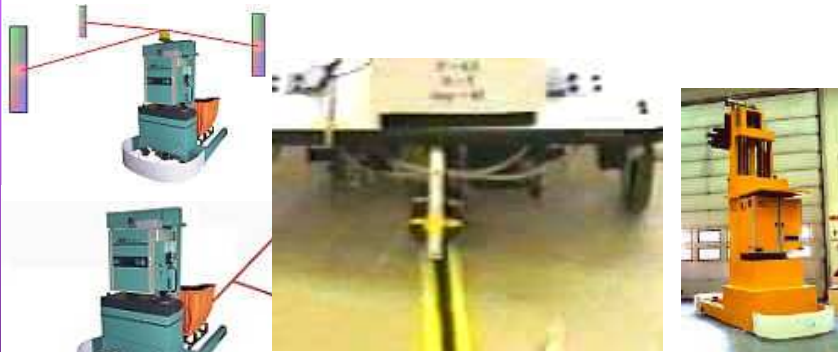
Robótica Autônoma Tipos de Robôs

* Robôs Manipuladores: Braços Robóticos de Base Fixa



Robótica Autônoma Tipos de Robôs

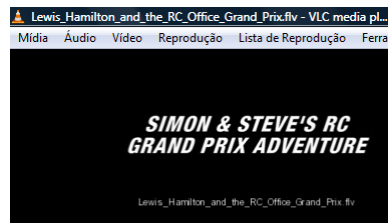
* Robôs Móveis:



B. Robôs Móveis Semi-Autônomos => AGV

Autonomia

Robôs Móveis Autônomos - PRESENTE



Lewis Hamilton and the RC Office Grand Prix
RCGPGuys

YouTube
<http://www.youtube.com/watch?v=FiLoANg6nNY>

http://www.youtube.com/results?search_type=&search_query=Hamilton+F1+RC&aq=f



Using a Data-Glove to Recognize Postures
ANN Gesture Recognition

Control RC Car
F. Osório, S. Musse, A. Tavares, M. Gomez, F. Garat
L. Poltosi, G. P. Breyer, F. Heinen

Robôs Móveis: Autonomia

Robôs Móveis: Autônomos e Inteligentes



iPhone + Hamilton F1
x
Airport Shuttle



WIKIPEDIA
The Free Encyclopedia

article discussion edit this page history

Bombardier CX-100

From Wikipedia, the free encyclopedia

Bombardier CX-100 is an automated people mover (APM) rolling stock first developed by Adtranz (now **Bombardier Transportation**), intended mainly for airport connections and light rail in towns. They are operated by Automatic Train Control (ATC) **making it fully automatic and driverless**.

The CX-100 is an evolution of Adtranz's previous people mover vehicle, the C-100. Bombardier's intended successor to the CX-100 is the Innovia, which made its debut on Dallas-Fort Worth International Airport's Skylink APM. However, the CX-100 continues to be offered by Bombardier and will remain in service at many airports for years to come.

navigation
Main page
Contents
Featured content

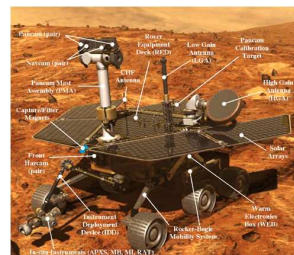
Robótica Autônoma Tipos de Robôs

* Robôs Móveis:

Veículos Móveis

- Veículos Terrestres / Indoor
- Veículos Terrestres / Outdoor
- **Veículos de Exploração Espacial**
- Veículos Aquáticos / Barcos e Submarinos
- Veículos Aéreos / Dirigíveis, Aviões e Helicópteros

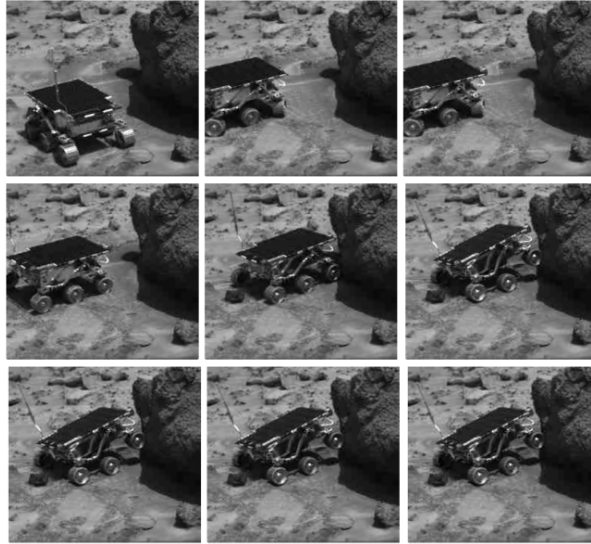
Nasa:
Sojourner
Spirit
Opportunity



Robótica Autônoma Tipos de Robôs

* Robôs Móveis: Veículos de Exploração Espacial

Nasa: Sojourner



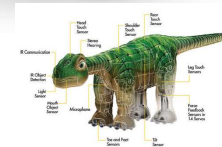
25

Agosto 2008

Robótica Autônoma Tipos de Robôs

* Robôs Móveis:

Robôs Móveis Comerciais



26

Agosto 2008

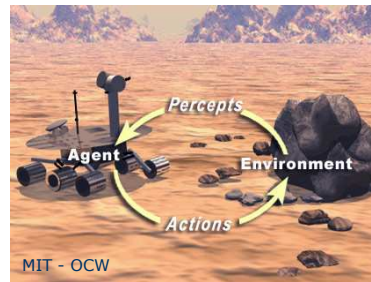


Robot Mower Husqvarna
Robot Cleaner Roomba - iRobot
Clocky, Aibo, Pleo, RoboGol

Robôs Móveis: Autonomia

Robôs Móveis: Autônomos e Inteligentes

Robôs Móveis:
Agentes Autônomos dotados de **SENSORES** e **ATUADORES**



SENSORES
ATUADORES
CONTROLE INTELIGENTE

27

Abril 2009

Robótica Autônoma Sensores e Atuadores

Sensores e Atuadores

28

Março 2010

Tipos de Sensores

Sensores mais comuns...

Detecção de Luz, Som, Ondas Eletromagnéticas, Contato

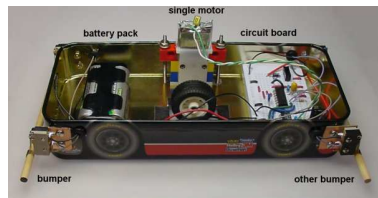
- **Bumpers**
- **Odômetros**
- **Sensores Infra-Vermelho (IR)**
- **Sensores do tipo Ultra-Som (Sonar)**
- **Sensores do tipo Laser (LIDAR - Light Detection and Ranging)**
- **Bússola (Compass)**
- **Sistema de GPS (Global Positioning System)**
- **Sistemas Inerciais (Acelerômetros, Giroscópios)**
- **Sistemas de Visão: Câmera de Vídeo**

Tipos de Sensores

Sensor	Principal Função	Exemplos
De Posição e Orientação	Determinar a posição absoluta ou direção de orientação do robô	GPS (Sistema de Posicionamento Global)
		Bússola [Compass]
		Inclinômetro
De Obstáculos	Determinar a distância até um objeto ou obstáculo	Triangulação usando marcas (Beacons)
		Sensor Infra-Vermelho (IR - Infrared)
		Ultrassom (Sonar)
		Radar
De Contato	Determinar o contato com um objeto ou posição de contato com marcação	Sensor Laser (Laser rangefinder)
		Sistemas de Visão Estéreo (Stereo Vision)
		Sensores de Contato (Bumpers, Switches)
		Antenas e "bigodes" (Animal whiskers)
De Deslocamento e Velocidade	Medir o deslocamento do robô e medidas relativas da posição e orientação do robô	Marcações (barreiras óticas e magnéticas)
		Inercial (Giroscópio, Acelerômetros)
		Odômetro (Encoders: Optical, Brush)
		Potenciômetros (Angular)
Para Comunicação	Envio e recepção de dados e sinais externos (troca de informação)	Sensores baseados em Visão
		Sistemas de Visão e Sensores Óticos
Outros tipos	Sensores magnéticos, indutivos, capacitivos, reflexivos	Sistemas de Comunicação (RF)
		Sensores de temperatura, carga (bateria), pressão e força, etc.
		Detectores: detector de movimento, de marcações, de gás/odores

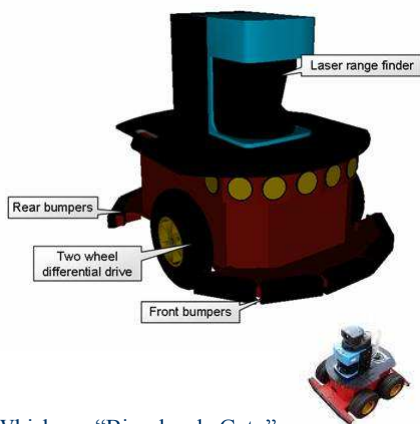
Tipos de Sensores

Sensor do Tipo *Bumper* (Sensor de Contato / “Pára-choque”)



Tipos de Sensores

Sensor do Tipo *Bumper* (Sensor de Contato / “Pára-choque”)



Whiskers: “Bigodes de Gato”

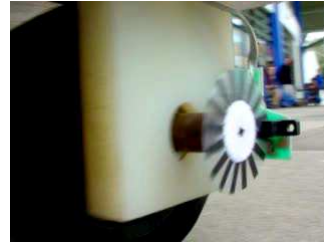
Sensores e Atuadores

Tipos de Sensores

Sensores do tipo Odômetro



Odômetro

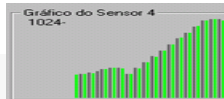
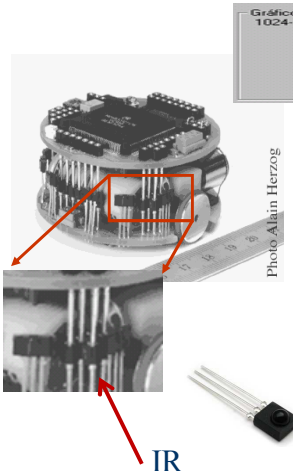


Encoder: Controle do giro da roda

Sensores e Atuadores

Tipos de Sensores

Sensores Infra-Vermelho (IR)



•Características dos Sensores Infra-Vermelho do Khepera:

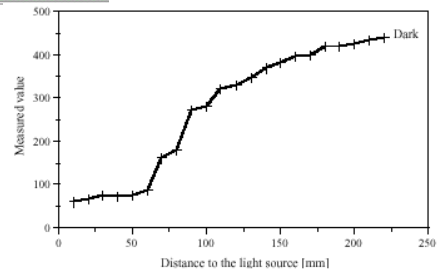
Sensibilidade a luz ambiente/ Reflexão da Luz

Distância: 50 a 500mm (aproximadamente)

Valor lido: 0..450 (aproximadamente)

Dependente de: Potência = 1 Watt

Ângulo = -180 a +240 graus



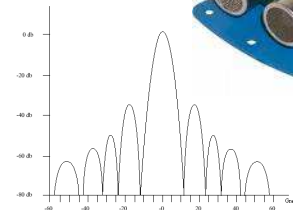
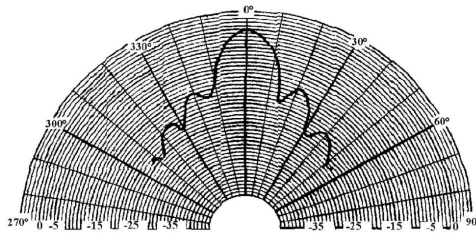
Typical measurement of the ambient light versus the distance of a light source of 1 Watt.

As it can be seen, the measured value decreases when the intensity of the light increases. The standard value in the dark is around 450.

The measurement of the ambient light versus the angle between the forward direction of the robot and the direction of the light has the shape illustrated in figure 10.

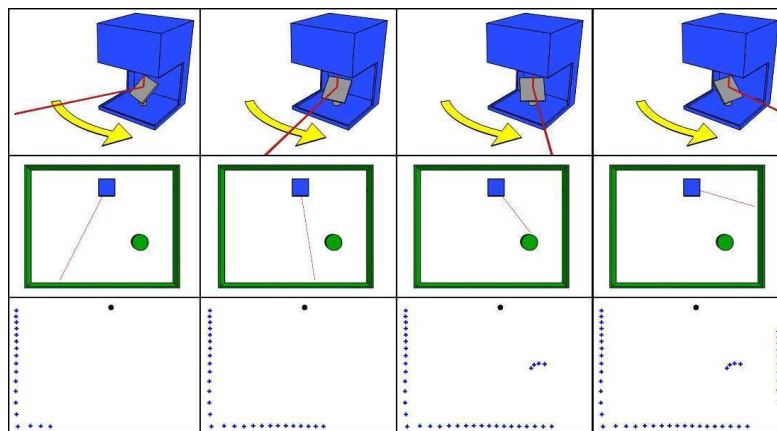
Tipos de Sensores

Sensores Ultra-Som (Sonar)



Tipos de Sensores

Sensores LASER (Lidar - Light Detection and Ranging)



Tipos de Sensores

Sensores LASER (Lidar)

SICK
 IBEO
 VELODYNE

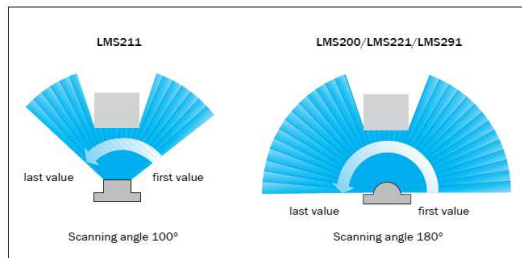
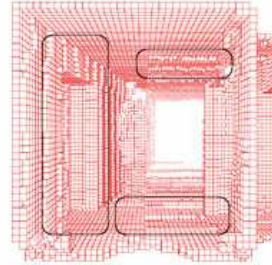
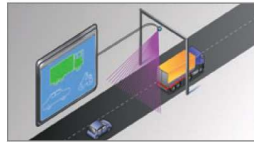
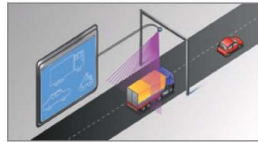


Fig. 5-1: Direction of transmission and maximum scanning angle (standard devices) on top view of the devices

Tipos de Sensores

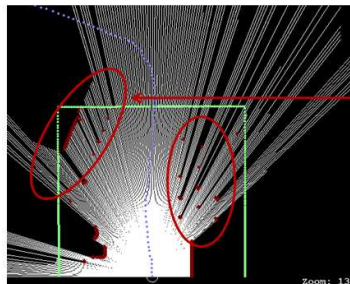
Laser

Obstacle Detection and Alarm
 OutDoorTests...

Detect False Alarms:

- Trees
- Buildings

Real Laser Data (Grey Lines)
 Real GPS Data (Blue Dots)
 Focus of Attention Window (Green)



Tipos de Sensores

Sensores

- **Bússola (Compass)**
- **Sistema de GPS (Global Positioning System)**
- **Sistemas Inerciais (Acelerômetros, Giroscópios)**
- **Sistemas de Visão: Câmera de Vídeo**

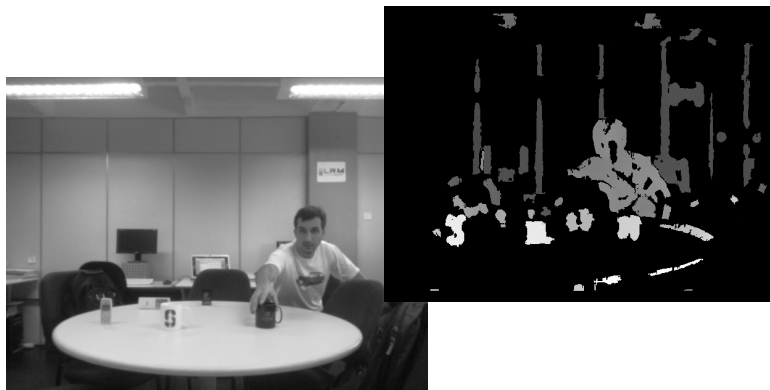


Da esquerda para a direita: GPS 18x da Garmin, Sick LMS 291, IMU MicroStrain Inertia Link e Câmera de vídeo SCC-B2315

Tipos de Sensores

Sensores

- **Sistemas de Visão: Câmera de Vídeo Monoculares e Estéreo**



Localização: Estimativa

Estimativa de Posição e Orientação

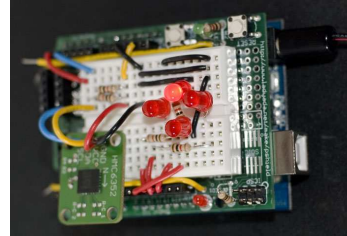
Sensores e Medidas

- Encoders
- Compass (bússola)
- GPS
- Tracking (externo)

ERRO
DE
ESTIMATIVA

COMPASS: Orientação do robô em relação ao “norte magnético”

> Bussola [Medida Absoluta de Orientação]



41

Maio 2009

Localização: Estimativa

Estimativa de Posição e Orientação

Sensores e Medidas

- Encoders
- Compass (bússola)
- GPS
- Tracking (externo)

ERRO
DE
ESTIMATIVA

GPS: Posição (3D) e Orientação do robô com estimativa de velocidade de desloc.

[Medida Absoluta de Posição, Altura e Orientação]



42

Maio 2009

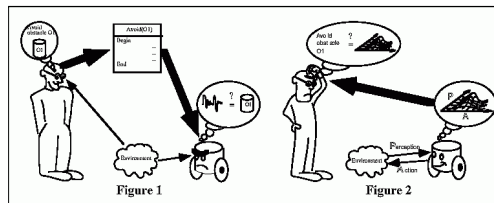
Sensores e Atuadores

Modelos Sensoriais e Modelos de Atuadores



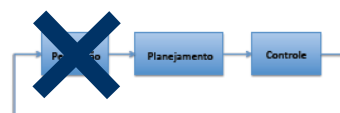
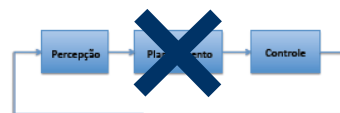
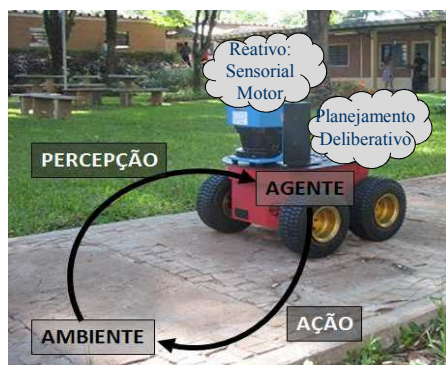
Como Agir?

Como Interpretar as Percepções?



Como Tomar Decisões?

Arquiteturas de Controle



Arquitetura de Controle Deliberativo

Controle Deliberativo

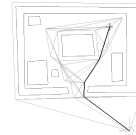
Controle: [~~Percepção~~ =>] Conhecimento e Decisão => Ação

Deliberativo: Percepção => Planeja, Delibera => Ação

- Possui *conhecimento* sobre a situação do robô e do ambiente;
- Usualmente baseado no uso de mapas e planejamento de trajetórias.

Tarefas típicas: *Behaviour : Task Planning, Action Sequence*

- Execução de scripts de ações planejadas previamente;
- Executar uma seqüência de ações previamente determinada;
- Seguir trajetórias especificadas com uso de mapas;
- Execução de Tarefas de Alto Nível;



Arquiteturas de Controle

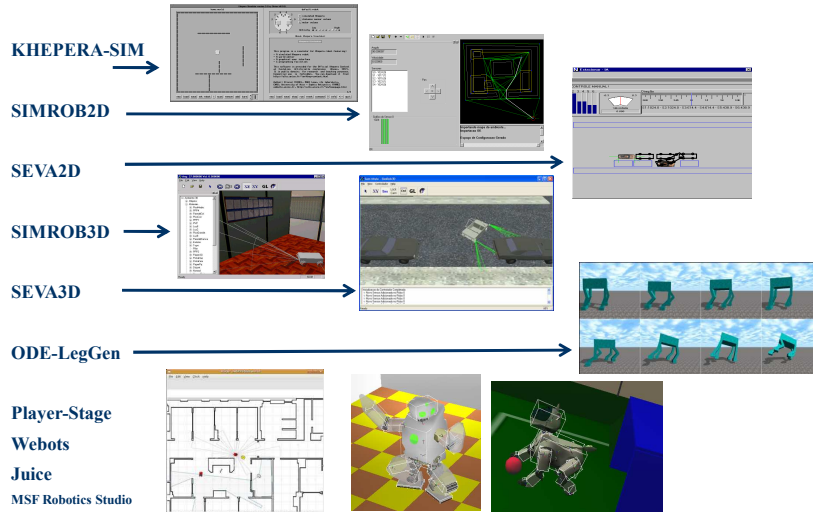


Características:
- Percepção-Ação
- Sensorial
- Reação Imediata

ARQUITETURAS HÍBRIDAS

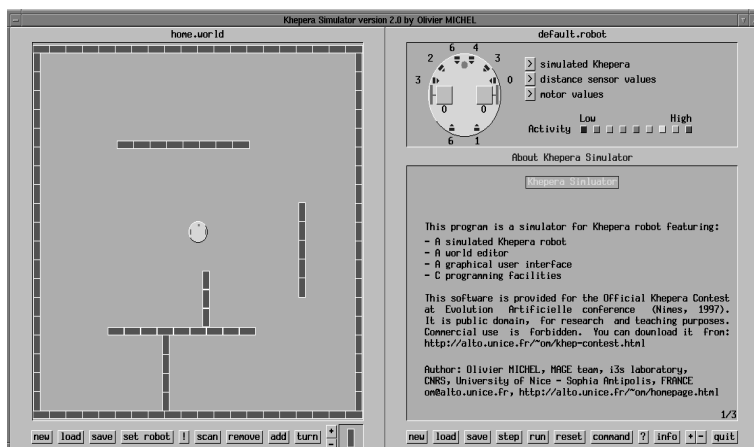
Características:
- Pré-planejamento
- Sequencia de ações
- Memória, Mapa, Planejamento

Modelos Sensoriais e Modelos de Atuadores



*Robótica Autônoma Inteligente
 Simuladores [Clássicos]*

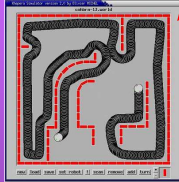
Simulador do Khepera / SIM 2.0 Unix / Olivier Mitchell / INRIA Sophia Antipolis



Sensores e Atuadores: **Simulação**

Simulador do Khepera

Robô Khepera



53
Março 2010

> 2 DC brushed servo motors with incremental encoders
> 8 infrared proximity and ambient light sensors (SFH900)

Sensores e Atuadores: **Simulação**

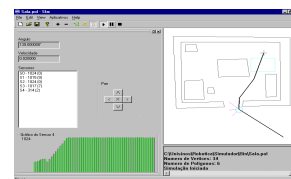
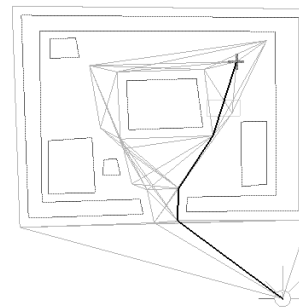
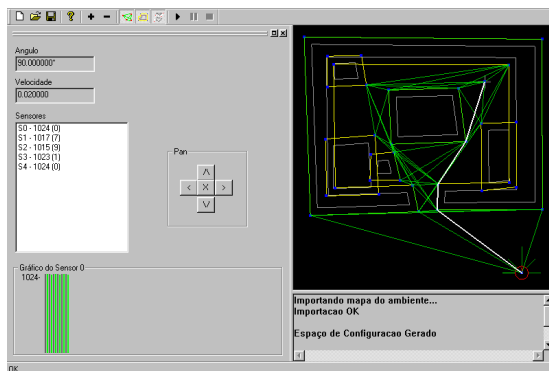
SIMROB2D

Referência:

Farlei Heinen (Orientador: Fernando Osório)

Robótica Autônoma: A integração entre planificação e comportamento reativo. 2000.

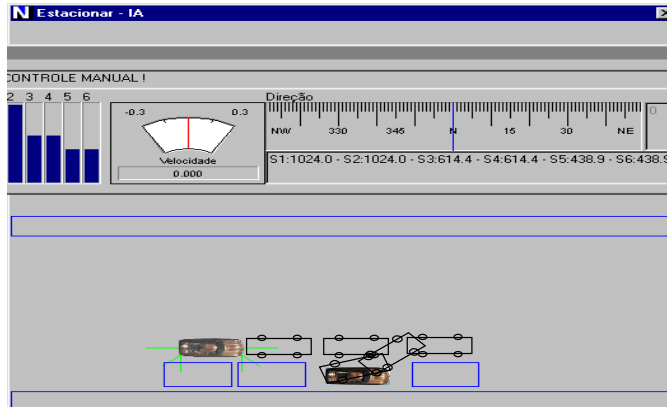
Sensores: 5 IR / Atuadores: 2 motores (diferencial)



54
Março 2010

Sensores e Atuadores: **Simulação**

SEVA2D – Simulador de Estacionamento de Veículos Autônomos 2D



Sensores: 6 sensores de proximidade

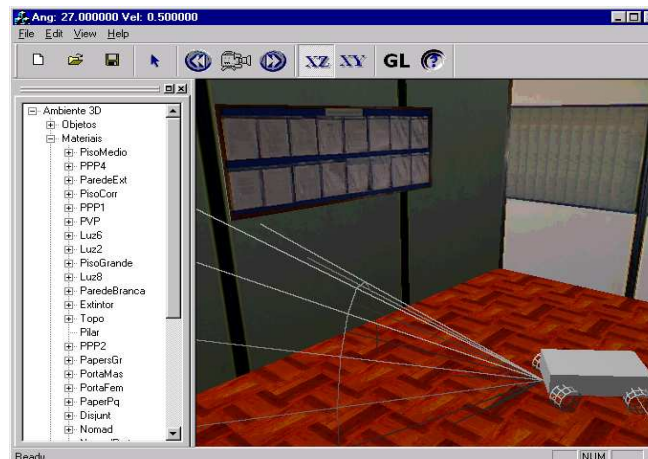
Atuadores: atuador de direção (steering) e de aceleração (gas pedal) + frente/ré
Cinemática do tipo Ackerman (veículo) / Sem simulação da dinâmica do veículo

55

Março 2010

Sensores e Atuadores: **Simulação**

SIMROB3D – Simulador de Robôs 3D / Controle Híbrido COHBRA



Sensores: Bumper, IR ou Sonar (configurável pelo usuário)

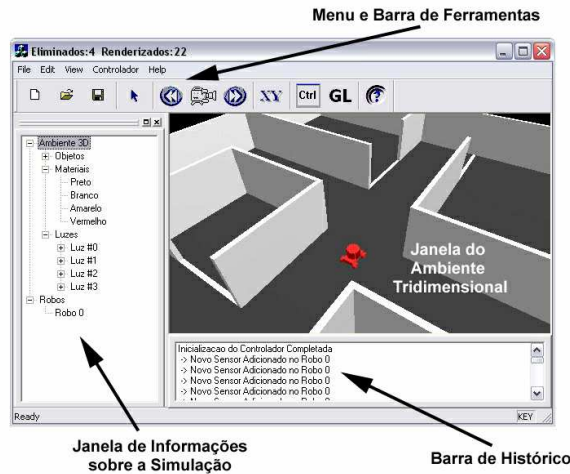
Atuadores: Cinemática diferencial ou Ackerman (configurável pelo usuário)

56

Março 2010

Sensores e Atuadores: **Simulação**

SIMROB3D – Simulador de Robôs 3D / Controle Híbrido COHBRA

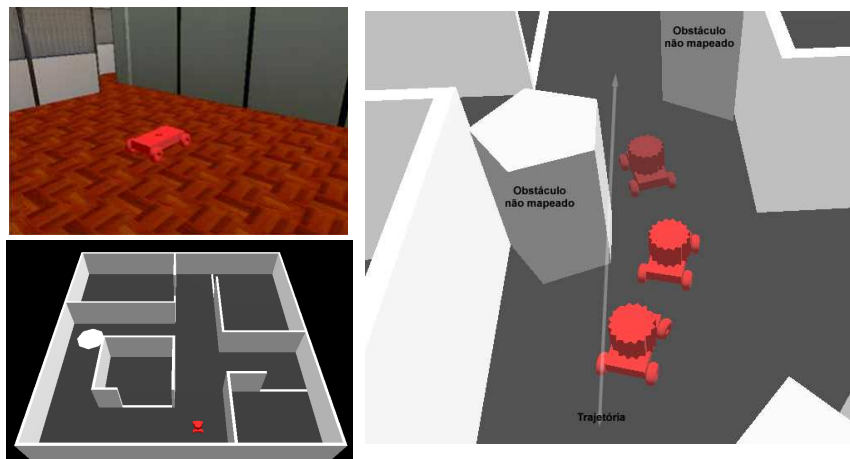


57
Março 2010

Sensores: Bumper, IR ou Sonar (configurável pelo usuário)
Atuadores: Cinemática diferencial ou Ackerman (configurável pelo usuário)

Sensores e Atuadores: **Simulação**

SIMROB3D – Simulador de Robôs 3D / Controle Híbrido COHBRA

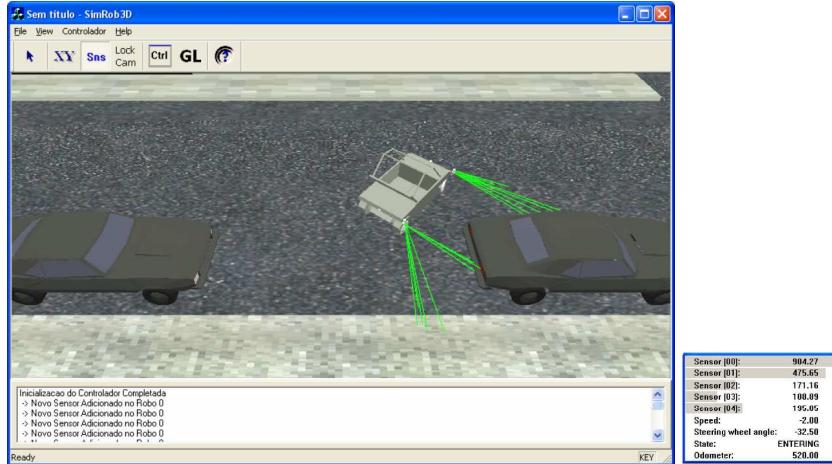


58
Março 2010

Sensores: Bumper, IR ou Sonar (configurável pelo usuário)
Atuadores: Cinemática Diferencial ou Ackerman (configurável pelo usuário)

Sensores e Atuadores: **Simulação**

SEVA3D – Simulador de Estacionamento de Veículos Autônomos 3D



Sensores: Sonar (configurável pelo usuário) e Odômetro

Atuadores: Cinemática Ackerman

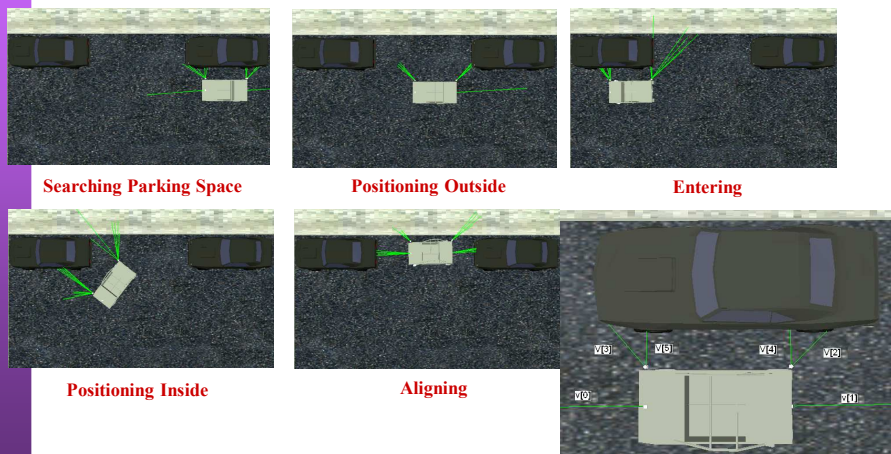
Usual: 6 sonares com posições específicas, odômetro, controle de velocidade e de giro da direção

59

Março 2010

Sensores e Atuadores: **Simulação**

SEVA3D – Simulador de Estacionamento de Veículos Autônomos 3D



Sensores: Sonar (configurável pelo usuário) e Odômetro

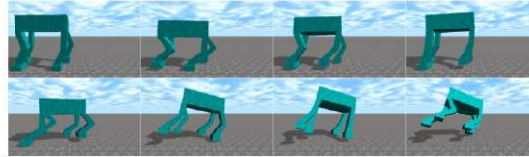
Atuadores: Cinemática Ackerman (velocidade e giro da direção)

60

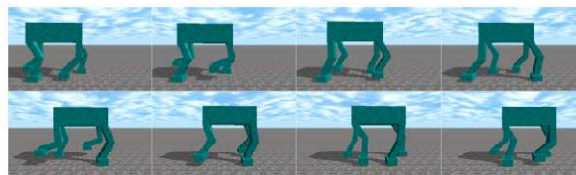
Março 2010

Sensores e Atuadores: **Simulação**

LegGen – Simulador Robôs Articulados com Patas



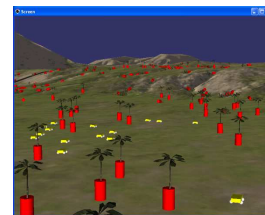
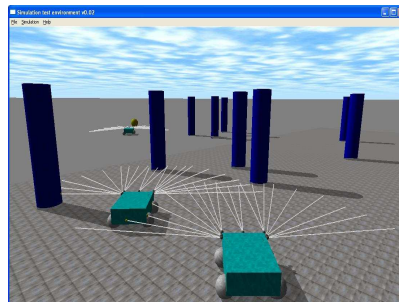
Simulação Física usando a ODE



Sensores: Acelerômetro (XYZ), Bumper (nas patas), Odômetro
Atuadores: Controle dos Motores das Juntas
Simulação: Cinemática e Dinâmica do Movimento (gravidade, inércia, fricção, colisão, torque, etc)

Sensores e Atuadores: **Simulação**

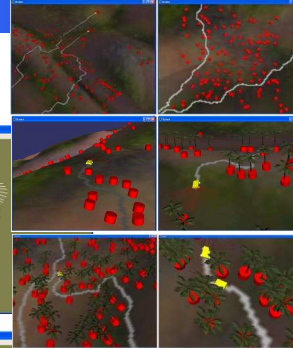
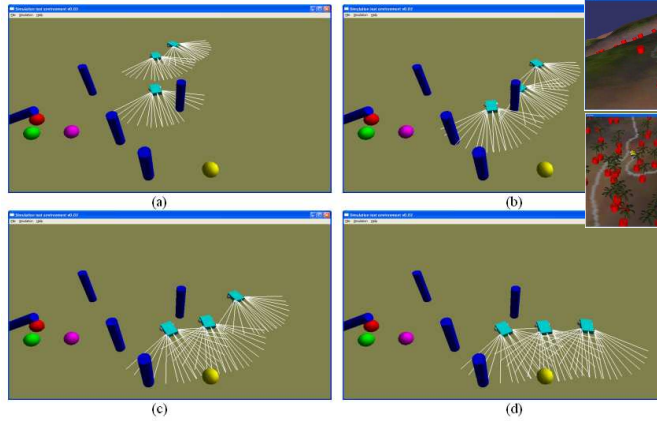
RoBombeiros – Simulador Robôs para Combate à Incêndios



Simulação Física usando a ODE

Sensores e Atuadores: **Simulação**

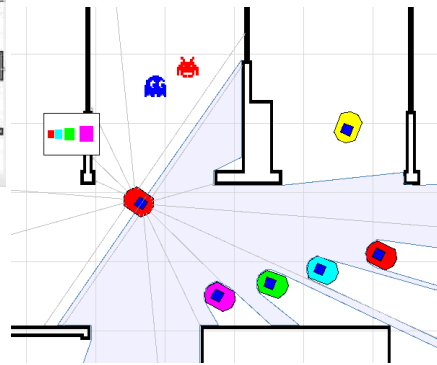
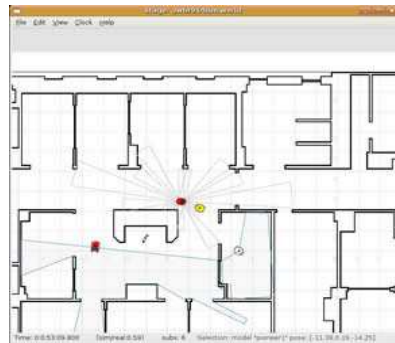
RoBombeiros – Simulador Robôs para Combate à Incêndios



Seqüências de uma simulação com navegação e desvio satisfatórios

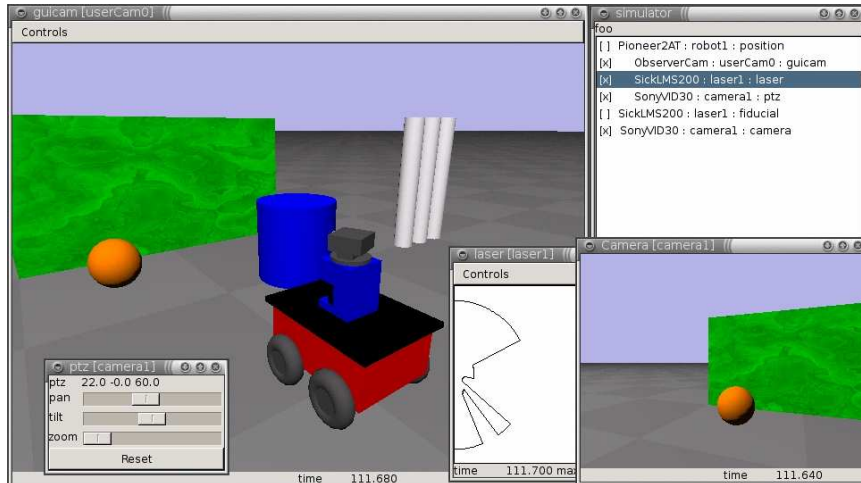
Sensores e Atuadores: **Simulação**

Player – Stage - Gazebo



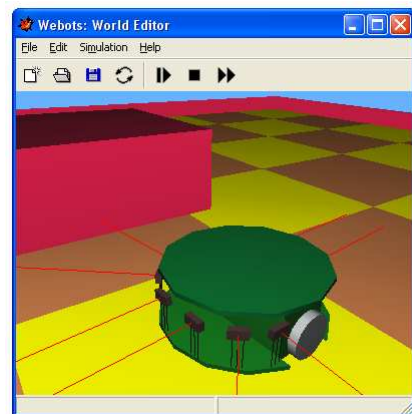
Sensores e Atuadores: **Simulação**

Player – Stage - Gazebo



Sensores e Atuadores: **Simulação**

Webots



Robôs Móveis Autônomos: Aplicações – LRM ICMC

INCT:

- Grupo de Trabalho 1:
Desenvolvimento de Robôs Táticos para Ambientes Internos
- Grupo de Trabalho 2:
Desenvolvimento de Veículos Terrestres Autônomos

Temas e Projetos de Pesquisa:

- Mestrado: Navegação Visual - Leandro Couto
- Mestrado: Processamento de Imagens com FPGA – Maurício Dias
- Mestrado: RNAs que aprendem Autômatos Finitos – Daniel Sales
- Doutorado: Sistemas Multi-Robóticos – Gustavo Pessin
- Doutorado: Controle, Navegação e Mapeamento com Veículo
– Leandro Fernandes

Robôs Móveis Autônomos: Aplicações – LRM ICMC

INCT:

- Grupo de Trabalho 1:
Desenvolvimento de Robôs Táticos para Ambientes Internos
- Grupo de Trabalho 2:
Desenvolvimento de Veículos Terrestres Autônomos

Problemas Pesquisados:

- Localização
- Planejamento de Trajetórias
- Controle de Navegação
- Navegação Autônoma
- Navegação Tele-Operada c/Supervisão
- Integração dos Dados Sensoriais
- Comunicação de Dados
- Cooperação e Coordenação entre Robôs

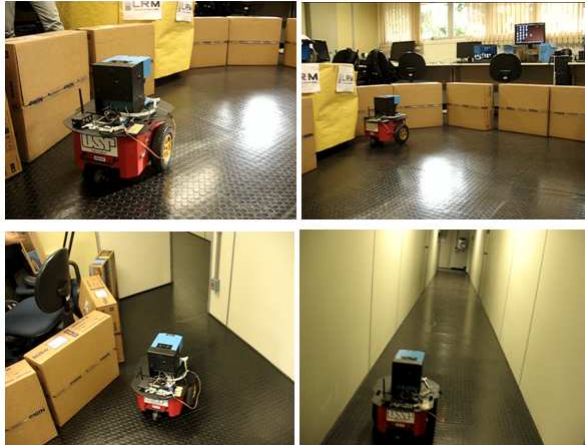
Temas e Projetos de Pesquisa:

- Mestrado: Navegação Visual - Leandro Couto
- Mestrado: Processamento de Imagens com FPGA – Maurício Dias
- Mestrado: RNAs que aprendem Autômatos Finitos – Daniel Sales
- Doutorado: Sistemas Multi-Robóticos – Gustavo Pessin
- Doutorado: Controle, Navegação e Mapeamento com Veículo
– Leandro Fernandes

Robótica Autônoma Aplicações

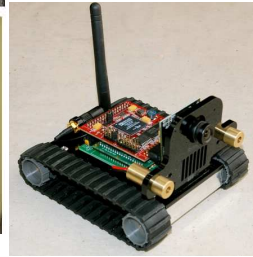
Robôs Móveis Autônomos: Aplicações – LRM ICMC

INCT: GT1 - Desenvolvimento de Robôs Táticos para Ambientes Internos



Tele-Operação:

- Teste PUC-RS x ICMC
- Controle Remoto
- Comunicação
- Sensores x Atuadores
- Câmera Embarcada

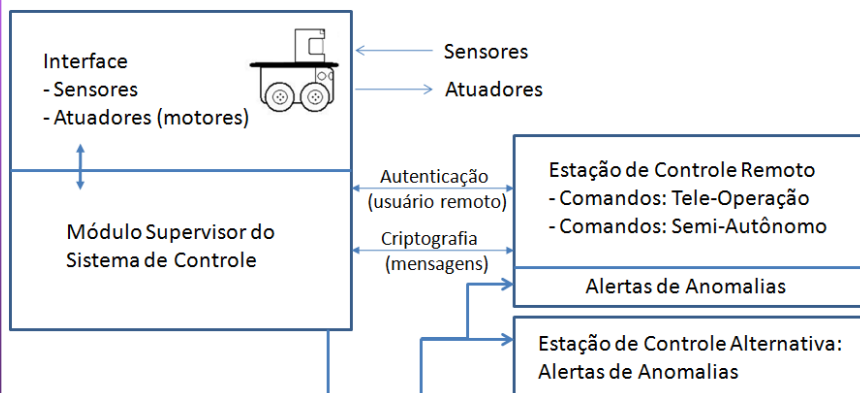


71
Março 2010

Robótica Autônoma Aplicações

Robôs Móveis Autônomos: Aplicações – LRM ICMC

INCT: GT1 - Desenvolvimento de Robôs Táticos para Ambientes Internos



72
Março 2010

Robótica Autônoma Aplicações

Robôs Móveis Autônomos: Aplicações – LRM ICMC

INCT: GT2 - Desenvolvimento de Veículos Terrestres Autônomos



GPS
Camera
Laser

73
Março 2010

Robótica Autônoma Aplicações

Robôs Móveis Autônomos: Aplicações – LRM ICMC

INCT: GT2 - Desenvolvimento de Veículos Terrestres Autônomos

- Obstacle Detection and Alarm
- Assisted driving
- Autonomous driving



- Laser Obstacle Detection
- Avoid False Alarms
- Suggest reaction:
 - * Speed reduction
 - * Steering

74
Março 2010

**Robôs Móveis Autônomos:
 Aplicações – LRM ICMC**

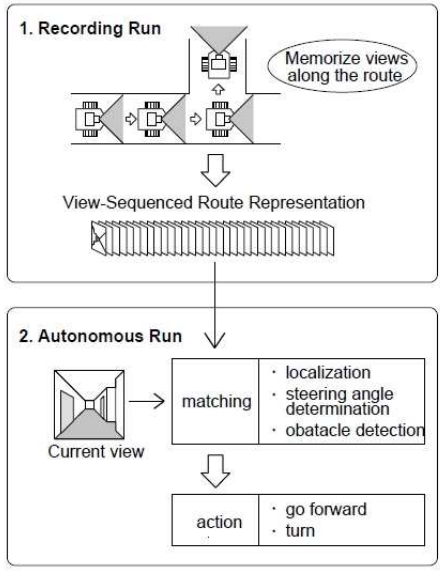
Pesquisa: Navegação Visual
Leandro Couto

Correlação de Imagens:

- Correlação de Bitmaps
- Correlação de Histogramas
- NCC

Pontos de Referência em Imagens
 (Features Robustas):

- SIFT
- SURF



**Robôs Móveis Autônomos:
 Aplicações – LRM ICMC**

Pesquisa: Navegação Visual
Leandro Couto

Correlação de Imagens:
 Localização relativa

Controle:
 Ações de movimento, por exemplo,
 girar para a direita e avançar

Memória: Imagem Original

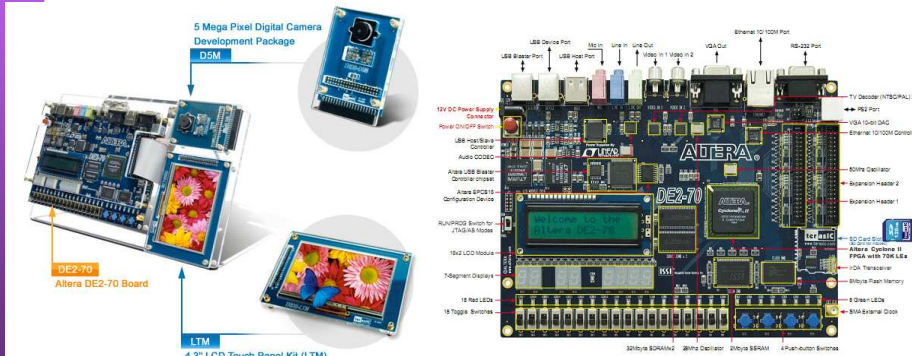


Robô: Imagem Capturada



Robôs Móveis Autônomos: Aplicações – LRM ICMC

Pesquisa: Processamento de Imagens com FPGA – Maurício Dias



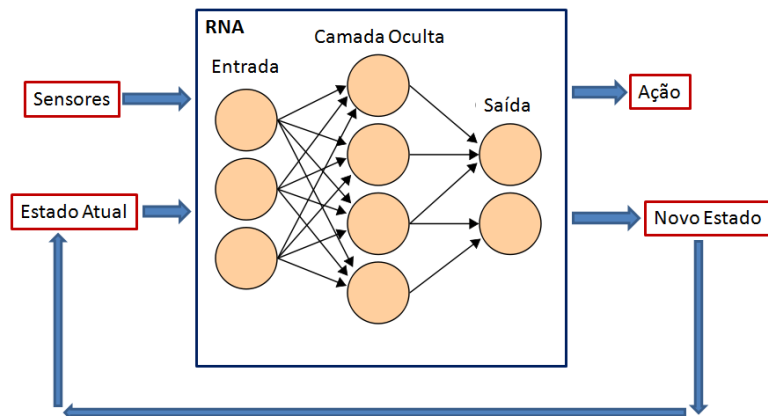
77

Março 2010

Acelerar o processamento: Correlação de Imagens

Robôs Móveis Autônomos: Aplicações – LRM ICMC

Pesquisa: RNAs que aprendem Autômatos Finitos – Daniel Sales



78

Março 2010

Robôs Móveis Autônomos: Aplicações – LRM ICMC

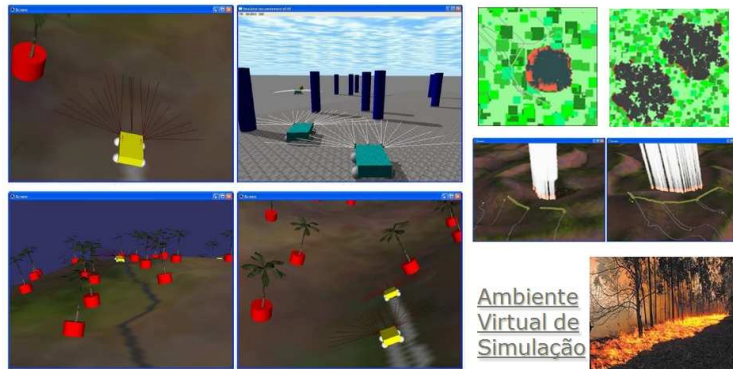
Pesquisa: Sistemas Multi-Robóticos – Gustavo Pessin

1. ROBOMBEIROS

Arquiteturas Computacionais: Robombeiros

Esquadrão de Robôs de combate a incêndio em Florestas

2. COMBOIOS



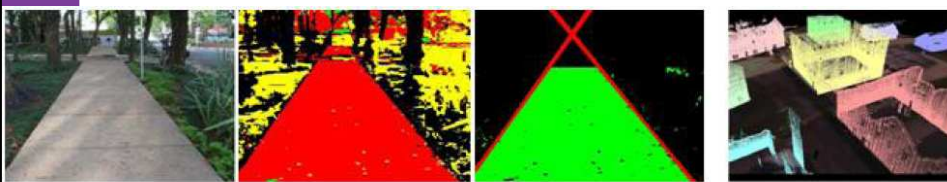
79
Março 2010

Robôs Móveis Autônomos: Aplicações – LRM ICMC

Pesquisa:
Controle, Navegação e
Mapeamento com Veículos
Leandro Fernandes



Protótipo do projeto SENA



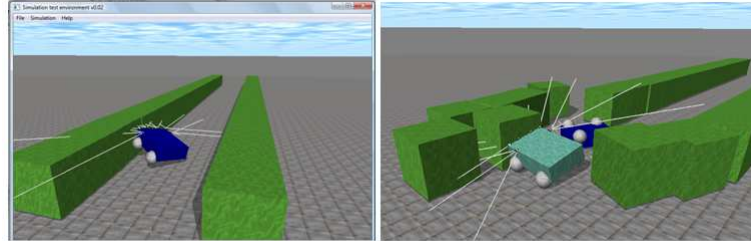
(a) Identificação de caminhos navegáveis através do processamento de imagens

(b) Mapeamento 3D

Robôs Móveis Autônomos: Aplicações – LRM ICMC

Pesquisas:

Simulação de Veículos (IC) / Visão Computacional (IC)



Simulador de robôs móveis baseados em física (ODE)

Mas também... **Humanóides (NAO Robot - Aldebaran)**
JOGOS - TORCs, Stereo-Vision for Games,
Omni-Vision for Games, ...

Robôs Móveis Autônomos

Referências Complementares:

Web Histórico

- <http://davidbuckley.net/DB/HistoryMakers.htm>
- http://en.wikipedia.org/wiki/Mobile_robots
- http://www.youtube.com/watch?v=I_dr0arBlU

Material Complementar:

- Darpa Challenge Papers:
<http://osorio.wait4.org/RMA/Darpa-Papers/>
Ver também: Wikipedia

6. Robôs Móveis Autônomos

Robôs Móveis Autônomos

Referências Complementares...

Exemplos de Aplicações desenvolvidas no LRM no ICMC

YouTube

- Curso de Programação de Robôs
<http://www.youtube.com/watch?v=pulqmRyBeO0>
- Robôs Móveis (Sist. de Visão)
<http://www.youtube.com/fsosorio>

SlideShare

- Curso de Programação de Robôs à Distância (PUC-RS + ICMC)
<http://www.slideshare.net/fosorio>
(Robôs localizados em São Carlos controlados de Porto Alegre)

83

Março 2010

6. Robôs Móveis Autônomos

Robôs Móveis Autônomos

Referências Complementares...

Exemplos de Aplicações desenvolvidas no LRM no ICMC

Fotos Picasa:

http://picasaweb.google.com/fosorio/USP_ICMC_LRM##

<http://picasaweb.google.com/fosorio/USPProjetoSENAGisa#>



SemComp 2009



Veiculo com Sensores

Palestra Robot NAO



84

Março 2010

Laboratório de Robótica Móvel



Prof. Fernando Osório

Prof. Denis Wolf



Prof. Onofre Trindade Jr.



Prof. Eduardo Simões



INFORMAÇÕES SOBRE A DISCIPLINA

USP - Universidade de São Paulo - São Carlos, SP
ICMC - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação
SSC - Departamento de Sistemas de Computação

Prof. Fernando Santos OSÓRIO

Web institucional: [Http://www.icmc.usp.br/ssc/](http://www.icmc.usp.br/ssc/)

Página pessoal: [Http://www.icmc.usp.br/~fosorio/](http://www.icmc.usp.br/~fosorio/)

E-mail: [fosorio \[at\] icmc. usp. br](mailto:fosorio@icmc.usp.br) ou [fosorio \[at\] gmail. com](mailto:fosorio@gmail.com)

Disciplina de Robôs Móveis Autônomos

Web Disciplinas: [Http://www.icmc.usp.br/~fosorio/](http://www.icmc.usp.br/~fosorio/)

Web Wiki: [Http://wiki.icmc.usp.br/](http://wiki.icmc.usp.br/)

> Programa, Material de Aulas, Critérios de Avaliação,

> Material de Apoio, Trabalhos Práticos