

UNIVERSIDADE CÂNDIDO MENDES

JÔNATAS OLIVEIRA LOPES SOARES  
MAYCON BARRETO LOPES  
WALLACE GOMES DE SOUZA

# MÓDULO DE MAPEAMENTO DO TOOLKIT HÓRUS

Campos dos Goytacazes - RJ  
Junho - 2009

JÔNATAS OLIVEIRA LOPES SOARES  
MAYCON BARRETO LOPES  
WALLACE GOMES DE SOUZA

# MÓDULO DE MAPEAMENTO DO TOOLKIT HÓRUS

Monografia apresentada à Universidade  
Cândido Mendes como requisito obrigatório  
para a obtenção do grau de Bacharel em  
Ciências da Computação.

ORIENTADOR: Prof. D.Sc. Ítalo Matias

CO-ORIENTADOR: Prof. D.Sc. Dalessandro Soares

Campos dos Goytacazes-RJ

2009

JÔNATAS OLIVEIRA LOPES SOARES  
MAYCON BARRETO LOPES  
WALLACE GOMES DE SOUZA

## MÓDULO DE MAPEAMENTO DO TOOLKIT HÓRUS

Monografia apresentada à Universidade  
Cândido Mendes como requisito obrigatório  
para a obtenção do grau de Bacharel em  
Ciências da Computação.

Aprovada em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2009.

### BANCA EXAMINADORA

---

Prof. D.Sc. Ítalo Matias - Orientador  
Doutor pela UFRJ

---

Prof. D.Sc. Dalessandro Soares  
Doutor pela PUC-Rio

---

Prof. BLABLABLA  
Univeridade de Londres

*Dedico este trabalho a minha mãe*

*Jônatas*

*Dedico este trabalho a meus pais*

*Maycon*

*Dedico este trabalho a meus pais*

*Wallace*

# Agradecimentos

Agradecemos a Deus, pois sem Ele nada do que se fez poderia ter sido feito; a Ele que nos deu forças pra superar as dificuldades e vencer as barreiras.

Agradecimentos aos pais

Agradecimentos ao orientador e co-orientador.

Agradecemos aos demais integrantes da Banca Examinadora, os quais, pelo menos em algum momento, desde a origem até a conclusão do trabalho, deram a sua contribuição.

Agradecemos a todos os professores da Universidade Cândido Mendes do curso de ciências da computação, que nos acompanharam e nos ensinaram nessa fase única e marcante de nossas vidas, que foi nossa formação acadêmica.

Eu, Jônatas, agradeço em especial

Eu, Maycon, agradeço em especial

Eu, Wallace, agradeço em especial

Agradecemos também à Chrystiano, Leandro, Lucas e Thiago que participaram diretamente da nossa formação e, juntamente conosco, proporcionaram a conclusão deste trabalho.

E os nossos sinceros agradecimentos a todas as pessoas que, direta ou indiretamente contribuíram para que este trabalho fosse concluído.

Teste

# Resumo

Palavras-chave:

# Abstract

Keywords:



# Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>Inteligência Artificial</b>	<b>13</b>
2.1	Agentes Inteligentes . . . . .	13
2.2	Teste de Turing . . . . .	14
2.3	Técnicas de IA . . . . .	14
2.3.1	RNA . . . . .	14
2.3.2	Algoritmos Genéticos . . . . .	14
2.3.3	Lógica Fuzzy . . . . .	14
<b>3</b>	<b>Visão Computacional</b>	<b>15</b>
<b>4</b>	<b>Robótica</b>	<b>16</b>
4.1	Sensores . . . . .	17
4.2	Efetuadores . . . . .	17
4.3	Percepção . . . . .	17
4.4	Localização . . . . .	17
4.5	Mapeamento . . . . .	17
4.6	Planejamento . . . . .	17
4.7	Movimento . . . . .	17
4.8	Controle . . . . .	17
<b>5</b>	<b>Arquiteturas em Robótica</b>	<b>18</b>
<b>6</b>	<b>O Toolkit Horus</b>	<b>19</b>
6.1	Objetivo . . . . .	19
6.2	Arquitetura . . . . .	19
6.3	Módulos do Horus . . . . .	19
6.3.1	Core do Horus . . . . .	19
6.3.2	Modulo de Visão . . . . .	19
6.3.3	Modulo de Mapeamento . . . . .	19
<b>7</b>	<b>ANPR</b>	<b>20</b>

---

<b>8</b>	<b>Mapeamento</b>	<b>21</b>
8.1	SLAM . . . . .	22
8.1.1	Landmark Straction . . . . .	22
8.1.2	Data Association . . . . .	23
8.1.3	State Estimation . . . . .	24
8.1.4	State Update . . . . .	25
8.1.5	Landmark Update . . . . .	25
<b>9</b>	<b>Aplicação do ambiente virtual com um robô autônomo</b>	<b>26</b>
9.1	Simulador . . . . .	26
9.1.1	Requisitos para o ambiente virtual . . . . .	26
9.1.2	Ambiente . . . . .	27
<b>10</b>	<b>Conclusões e Trabalhos Futuros</b>	<b>29</b>
	<b>Apêndices</b>	<b>30</b>
<b>A</b>	<b>Dependências do Tool kit</b>	<b>30</b>
<b>B</b>	<b>Instalações</b>	<b>31</b>

# Lista de Figuras

9.1	O ambiente utilizado para a prova de conceito. . . . .	28
-----	--	----

# Lista de Tabelas

8.1	Algoritmo RANSAC . . . . .	24
-----	----------------------------	----

# Capítulo 1

## Introdução

A robótica era um sonho até pouco tempo atrás, hoje em dia a sua existência é tão comum que muitas vezes nos passam despercebidos grandes avanços da área. Cada vez mais robos, ou melhor, agentes estão presentes em nosso dia-a-dia a fim de facilitar nossos afazeres a fim de nos tornar mais produtivos. A robótica móvel é um campo da robótica que estuda as vantagens da mobilidade dos agentes. Essa mobilidade os tornam capazes de avançar ainda mais em ambientes de difícil acesso ao ser humano.

# Capítulo 2

## Inteligência Artificial

### 2.1 Agentes Inteligentes

Um Agente, por definição, é todo elemento ou entidade autônoma que pode perceber seu ambiente por algum meio cognitivo ou sensorial e de agir sobre esse ambiente por intermédio de atuadores. Algumas definições do termo agente na língua portuguesa tais como "O que opera ou é capaz de operar", "O que promove negócios alheios" e "Autor". Existem definições de agentes em várias áreas do conhecimento humano.

- Sociologia: Dentro dos estudos sociológicos, a definição de agentes inteligentes está relacionada aos seres humanos.
- Economia: Os agentes inteligentes são aqueles que operam de forma mais astuta dentro de um ambiente econômico.
- Robótica: Na robótica, que é nosso foco, o agente inteligente é visto como um agente que possui uma inteligência (artificial) e se utiliza dela para ter autonomia, proatividade e até mesmo tomada de decisões.

## **2.2    Teste de Turing**

## **2.3    Técnicas de IA**

### **2.3.1    RNA**

### **2.3.2    Algoritmos Genéticos**

### **2.3.3    Lógica Fuzzy**

## Capítulo 3

# Visão Computacional



# Capítulo 4

## Robótica

A ciência robótica é reponsável pela parte da tecnologia que tem por intuito otimizar tarefas feitas por humanos e, em alguns casos, substituí-los por motivos que vão desde a preservação da integridade do ser humano até mesmo a ocupação de seu cargo de trabalho. Alheios a um mundo de filmes e preconceitos, os robôs tornam os resultados dos serviços melhores e sua precisão é muito mais que a de um funcionário. A robótica se utiliza de vários dispositivos para emular os sentidos e as reações humanas em determinadas situações. Esses dispositivos tratam diferentemente cada um dos sentidos humanos. Algumas categorias de dispositivos são:

1. Sensores: Dispositivos diversos que "sentem" o mundo e convertem isso para dados passíves de serem analisados.
2. Efetadores
3. Percepção
4. Localização
5. Mapeamento:
6. Planejamento:
7. Movimento: São as técnicas que podem ser utilizadas para

8. Controle:

**4.1 Sensores**

**4.2 Efetuadores**

**4.3 Percepção**

**4.4 Localização**

**4.5 Mapeamento**

**4.6 Planejamento**

**4.7 Movimento**

**4.8 Controle**

## Capítulo 5

# Arquiteturas em Robótica

# Capítulo 6

## O Toolkit Horus

### 6.1 Objetivo

### 6.2 Arquitetura

### 6.3 Módulos do Horus

#### 6.3.1 Core do Horus

#### 6.3.2 Modulo de Visão

#### 6.3.3 Modulo de Mapeamento

# Capítulo 7

## ANPR

# Capítulo 8

## Mapeamento

O mapeamento é uma funcionalidade que é tratada de muitas formas dentro da literatura. O uso de algoritmos de mapeamento permite que um agente móvel possa identificar sua posição em um ambiente desconhecido e identificar o local em que está inserido. Com o ambiente devidamente mapeado é possível otimizar a rota uma vez que o agente já o conhece.

Algumas técnicas de mapeamento que foram estudadas:

- Técnica utilizando o algoritmo Dijkstra e Subida de Montanha.
- Método incremental convencional.
- Técnica baseada em grafos de visibilidade.
- SLAM (Simultaneous Localization and Mapping).

O método de mapeamento que será incluído no Toolkit Hórus será o SLAM (Simultaneous Localization and Mapping), tendo em vista que ele soluciona dois problemas clássicos da teoria das posições, que define a dificuldade de se localizar em um ambiente desconhecido e a dificuldade de mapear um ambiente onde não se sabe onde está.

## 8.1 SLAM

O Simultaneous Localization and Mapping é uma técnica utilizada em agentes autônomos para o mapeamento de ambientes desconhecidos levando em consideração a sua posição atual como a posição inicial para início do mapeamento. Os sensores que podem ser utilizados para a implementação do são diversos. Para a prova de conceito foi utilizado o odômetro, dispositivo que mensura distâncias percorridas, e o laser, dispositivo para detectar a presença de objetos no ambiente.

O SLAM é composto por vários segmentos que são independentes e tem suas comunicações muito bem estabelecidas o que os torna mais flexíveis quanto aos algoritmos utilizados em cada um dos segmentos. Cada um dos segmentos tem uma enorme gama de algoritmos que o compõe. Foram incorporadas ao Tool Kit apenas as mais otimizadas e relevantes para melhor utilização no processo.

Esses segmentos são:

1. Landmark Extraction: Segmento responsável pela extração de marcos no ambiente.
2. Data Association: Segmento que associa os dados extraídos de um mesmo marco por diferentes leituras do laser.
3. State Estimation: Segmento responsável por estimar a posição atual do robô com base em seu odômetro e nas extrações de marcos no ambiente.
4. State Update: Segmento que atualiza o estado atual do agente.
5. Landmark Update: Segmento que atualiza as posições dos marcos no ambiente em relação ao agente.

### 8.1.1 Landmark Straction

A forma de gestão dos marcos (objetos) e dos pontos de movimentação (áreas de movimentação do agente) foi feita através de um grafo. A escolha dessa estrutura foi baseada na sua credibilidade e largo uso na literatura.

Existem dois algoritmos que foram analisados para ser incorporados nesse segmento: o RANSAC e o SPIKE.

#### 8.1.1.1 RANSAC

O RANSAC (Random Sampling Consensus) algoritmo que utiliza-se de uma grande quantidade de informações para estimar os dados relevantes de um modelo matemático. Em conjunto com o SLAM o RANSAC identifica linhas de acordo com os pontos passados pelo laser, através da identificação de pontos muito próximos uns dos outros pode-se concluir que ali existe linhas, ou nesse caso, paredes que impossibilitam a transposição do agente.

Através de vários marcos o RANSAC obtêm uma amostra que será analisada a fim de encontrar pontos próximos, conseqüentemente uma parede, baseado em um limiar de proximidade. Esse limiar é chamado de Consensus.

#### 8.1.1.2 SPIKE

O algoritmo de extração de marcos SPIKE faz a extração através da análise de um determinado montante de valores do laser, estimada uma diferença muito grande de um marco para outro, por exemplo, 0.6 metros, defini-se um SPIKE no marco que diferiu dos demais, isso serve para identificar grandes mudanças no ambiente, como por exemplo um laser lançado através das pernas de uma mesa que geraria grandes diferenças entre os feixes de laser que tocarem a(s) perna(s) e os laser que passarem por entre ela(s). Nesse momento o marco que foi detectado na perna da cadeira se torna um SPIKE.

O algoritmo leva em consideração um ambiente onde existem muitas diferenças entre dois marcos, em ambientes onde não existem tantas diferenças, esse algoritmo não tem eficiência.

### 8.1.2 Data Association

O segmento Data Association (tradução livre: Associação de Dados) é responsável pela filtragem e associação dos dados obtidos através dos dispositivos do agente.



**while**

- Houverem leituras de laser não associadas.
- **E** o número de leituras for maior que o limiar;
- **E** o número de iterações não for maior que o limite.

**do**

- Selecionar uma leitura de laser na lista.
- Seleciona uma quantidade  $S$  de exemplos de leitura do laser que estão associadas a uma quantidade  $D$  de graus daquele laser.
- Usando esses exemplos  $S$  e a leitura original para calcular o menor quadrado que se ajuste a linha.
- Determinar quantas leituras do laser estão dentro de  $X$  unidades de medida que melhor se ajustam a linha.

**if** O número de leituras do laser que ficam sobre a linha é maior que o Consensus **then**

- Calcular o novo mínimo quadrado que melhor se ajuste a linha, com base em todas as leituras e a linha formada anteriormente.
- Adicionar o melhor ajuste baseado no calculo anterior.
- Remover o número de leituras que cruzam a linha do total de leituras não associadas.

**end if**

**end while**

Tabela 8.1: Algoritmo RANSAC

Uma vez que um marco seja visualizado em um passo do agente e esse mesmo marco é visto novamente em um novo passo, a sua posição mudou, em relação ao agente. O Data Association faz a análise da posição atual do marco com a sua posição imediatamente anterior, com esse paralelo certifica-se que o marco existe ou se ele foi removido da cena.

Este segmento tem como saída para o State Estimation um lista com os marcos da cena.

### 8.1.3 State Estimation

O segmento State Estimation (tradução livre: Estimação do Estado) tem com objetivo analisar as informações passadas pelo Data Association e estimar as posições dos marcos

e do agente, com essas informações ele prepara as posições de cada elemento na cena e analisa o estado anterior já gravado.

#### **8.1.4 State Update**

O State Update (tradução livre: Atualização do Estado) faz a gravação do estado atual do agente, sua posição, em relação a posição inicial, valores relativos ao odômetro.

#### **8.1.5 Landmark Update**

Com o mesmo objetivo e com focos diferentes, o State Update (tradução livre: Atualização de marcos) faz a gravação do estado atual dos marcos, sua posição, em relação a posição do agente.

## Capítulo 9

# Aplicação do ambiente virtual com um robô autônomo

A fim de produzir uma prova de conceito, foi implementada uma aplicação onde foi possível demonstrar a eficiência do algoritmo de mapeamento. Foi produzido um simulador com gravidade, colisão, renderização de texturas, objetos e atores (o agente nesse caso) e, tendo esse simulador como base, foi criada a aplicação que tem um agente utilizando-se do Toolkit Hórus para mapeamento e navegação dentro do ambiente simulado.

### 9.1 Simulador

O simulador desenvolvido foi tratado como uma aplicação a parte, pois não estava incluído no escopo do projeto, porém tendo em vista a necessidade de um simulador customizado para a realidade de um agente móvel (e na linguagem selecionada) o simulador foi incluído ao projeto.

#### 9.1.1 Requisitos para o ambiente virtual

Foram utilizados alguns softwares para que fosse possível a criação e renderização do ambiente. Esses softwares foram: Blender e Panda3d. Como uma das linguagens utilizadas foi

Python, buscou-se ferramentas que fossem compatíveis (na verdade ambas são em Python) com as linguagens utilizadas.

O Blender é um produto da Blender Foundation, que é open source e desenvolvido em Python para modelagem de objetos 3D que está disponível para vários sistemas operacionais sobre a licença GNU (General Public License).

O Panda3D é um produto da equipe de desenvolvimento da Walt Disney para renderização de jogos e ambientes virtuais em terceira dimensão. Estão sobre licença da BSD License (com algumas modificações para adequação a realidade do projeto).

### 9.1.2 Ambiente

O ambiente em que o robô foi testado consiste em uma área que simula um galpão com 5 cômodos onde o agente inicia sua movimentação no cômodo 1 e pode alcançar qualquer ponto do ambiente a partir de sua posição inicial. O ambiente que foi desenvolvido tem como objetivo emular, em menor escala, um ambiente real.

O ambiente que foi utilizado foi modelado em Blender, tal ferramenta proporcionou os recursos de modelagem UV, texturização, determinação de medidas precisas, entre outros, assim como uma legibilidade de fácil assimilação tendo em vista que o Toolkit foi desenvolvido em Python e a ferramenta utiliza a mesma linguagem para produzir os modelos.

Na figura 9.1, que demonstra o ambiente que foi utilizado, pode-se ter uma visão em perspectiva do ambiente modelado.

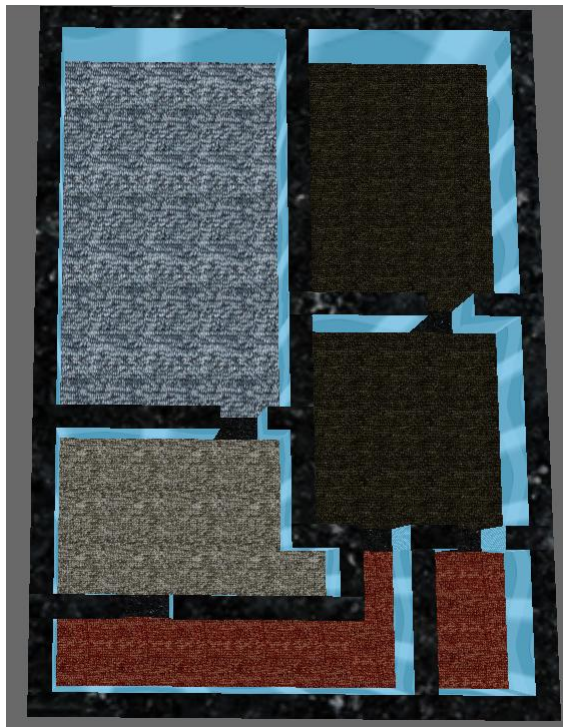


Figura 9.1: O ambiente utilizado para a prova de conceito.

## Capítulo 10

### Conclusões e Trabalhos Futuros

## Apêndice A

### Dependências do Tool kit

# Apêndice B

## Instalações