

Thaiana Hofman do Bom Conselho

**NAVEGAÇÃO ROBÓTICA BASEADA EM UMA
REDE DE NEURÔNIOS PULSANTES**

Belo Horizonte - MG

Junho de 2012

Thaiana Hofman do Bom Conselho

NAVEGAÇÃO ROBÓTICA BASEADA EM UMA REDE DE NEURÔNIOS PULSANTES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia de Computação do Centro
Federal de Educação Tecnológica de Minas Ge-
rais, como requisito parcial à obtenção do título
de Graduado em Engenharia de Computação.

Orientador:

Prof. Dr. Rogério Martins Gomes

CEFET-MG

**GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE COMPUTAÇÃO**

Belo Horizonte - MG

Junho de 2012

Folha de aprovação do projeto. Esta folha será fornecida pelo Programa de Pós-Graduação e deverá substituir esta.

Resumo

Este trabalho tem por objetivo a melhoria da arquitetura *Bio-Inspired Multi-Agent System for Combinatorial Optimization* (BIMASCO). A arquitetura BIMASCO, desenvolvida com base na Arquitetura Multiagente para Meta-heurísticas (AMAM), consiste num framework para a solução de problemas de otimização combinatorial. Sua principal característica é a flexibilidade em relação ao problema a ser resolvido, ou seja, a capacidade de gerar soluções para diversos tipos de problemas de otimização combinatorial. A proposta do projeto BIMASCO consiste em desenvolver uma arquitetura, que utiliza algumas heurísticas e meta-heurísticas para encontrar a melhor solução, ou algo próximo disso, para um determinado problema. Sua implementação visa também a expansibilidade do projeto, permitindo a adição de novas heurísticas e/ou meta-heurísticas. Para alcançar todos estes objetivos, o desenvolvimento da arquitetura utiliza o conceito de sistema multiagente. O sistema multiagente consiste em um ambiente com diversos agentes que trocam estímulos entre si. Os estímulos serão responsáveis por trafegar as soluções e permitir, com isso, a combinação e variação dos diversos resultados gerados pelas meta-heurísticas. Portanto, a arquitetura BIMASCO é uma ferramenta para encontrar soluções relevantes para problemas de otimização combinatorial que algoritmos simples não conseguiriam encontrar em tempo polinomial.

PALAVRAS-CHAVE: Meta-heurísticas; Agentes; Multiagentes.

Abstract

Tradução do resumo para a língua inglesa, possivelmente adaptando e/ou alterando ligeiramente o texto visando a adequá-lo à gramática culta da língua inglesa.

KEY-WORDS: Entre 3 e 6 palavras ou termos (separados por vírgula) descritores do trabalho. Utilizado para indexação.

Lista de Figuras

2.1	Estrutura de um neurônio	p. 15
-----	------------------------------------	-------

Lista de Tabelas

Lista de Abreviaturas e Siglas

AG Algoritmos Genéticos

LSI Laboratório de Sistemas Inteligentes

CEFET-MG Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

AMAM Arquitetura Multiagente para Meta-heurística

UML *Unified Modeling Language*

BIMASCO *Bio-Inspired Multi-Agent System for Combinatorial Optimization*

Sumário

1	Introdução	p. 10
1.1	Considerações Iniciais	p. 10
1.2	Breve Histórico e Motivação	p. 10
1.3	Objetivos	p. 10
1.3.1	Objetivo Geral	p. 10
1.3.2	Objetivos Específicos	p. 10
1.4	Justificativa	p. 11
1.5	Metodologia de Pesquisa	p. 11
1.6	Estrutura da Dissertação	p. 12
2	Neurociência Computacional	p. 13
2.1	Introdução	p. 13
2.2	Estrutura neuronal	p. 14
2.3	Teoria da Seleção de Grupos Neurais	p. 15
2.4	Modelos de Neurônios	p. 15
2.5	Modelo de Sinapse	p. 15
2.6	Codificação neural	p. 15
2.7	Detecção de coincidências	p. 15
2.8	Considerações Finais	p. 15
3	Modelagem e Desenvolvimento Sistemas Neurais	p. 16
3.1	Introdução	p. 16

3.2	Modelos computacionais biologicamente plausíveis	p. 16
3.3	Neurônios Pulsantes	p. 16
3.4	Modelo de neurônio pulsante de Izhikevich	p. 16
3.5	Sinapses	p. 16
3.6	Spike-timing-dependent plasticity	p. 16
3.7	Considerações Finais	p. 16
4	Robôs Autônomos Bioinspirados	p. 17
4.1	Introdução	p. 17
4.2	Robôs Autônomos	p. 17
4.3	Considerações Finais	p. 17
5	Experimentos Computacionais	p. 18
5.1	Introdução	p. 18
5.2	Detector de Coincidências	p. 18
5.3	Circuito Sensorio-Motor	p. 18
5.4	RoboDeck	p. 18
5.5	Curumim	p. 18
5.6	Apresentação dos Resultados e Experimentos	p. 18
5.7	Considerações Finais	p. 18
6	Conclusão	p. 19
6.1	Discussão do Trabalho	p. 19
6.2	Trabalhos Futuros	p. 19

1 Introdução

1.1 Considerações Iniciais

(??) Texto qualquer

1.2 Breve Histórico e Motivação

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral contribuir para o avanço da Robótica com o desenvolvimento de um mecanismo de coordenação sensório-motora utilizando uma rede de neurônios pulsantes de forma que robôs apresentem comportamento inteligente para navegar sem colisões.

1.3.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

- Compor um referencial teórico consistente, adequado ao que se pretende contemplar sobre síntese de sistema nervoso artificial, redes neurais biológicas e sistemas dinâmicos.
- Identificar e desenvolver, com base no referencial teórico obtido, um modelo de rede de neurônios pulsantes.
- Determinar o robô que será utilizado, levando em conta aspectos computacionais como: arquitetura de hardware, calibração de sensores e operabilidade em ambiente real.
- Propor uma metodologia para a simulação da estrutura proposta.

- Implementar e validar, através da realização de experimentos, o mecanismo de coordenação proposto para a navegação sem colisões no robô real escolhido.

1.4 Justificativa

1.5 Metodologia de Pesquisa

A pesquisa científica para ser considerada confiável e atingir os objetivos a que se destina necessita de uma metodologia bem definida, que visa esclarecer e orientar os procedimentos de forma coerente e organizada. Do ponto de vista da natureza deste trabalho e de seus objetivos traçados esta é uma pesquisa aplicada e exploratória conforme descrito por Silva e Menezes (2001), respectivamente. Sob a ótica dos procedimentos técnicos a metodologia utilizada abrange as seguintes atividades:

1. Realização de um estudo sobre os principais aspectos computacionais dos robôs Curumim e Robodeck.
2. Execução de testes nos dois robôs disponíveis para um maior entendimento das suas funcionalidades e sensores.
3. Determinação do robô a ser utilizado nos experimentos com base nas duas etapas anteriores.
4. Execução de uma ampla fase de revisão bibliográfica com o propósito de identificar e incorporar no projeto as técnicas consideradas mais relevantes de controle robótico. Os principais veículos de publicações científicas da área são: Artificial Life and Robotics, Adaptive Behavior, IEEE Transactions on Neural Networks, Neural Networks, Neurocomputing, Simpósio Brasileiro de Redes Neurais, Simpósio Brasileiro de Inteligência Computacional.
5. Construção de uma abstração adequada e coerente dos processos neurais, que unifique, tanto quanto possível, os pontos de vista da neurobiologia e as necessidades da área de sistemas inteligentes.
6. Realização de um estudo matemático-computacional do modelo de neurônio proposto por Izhikevich (2003), dos modelos de sinapse e do mecanismo de plasticidade spike-timing-dependent plasticity.

7. Construção em software de alguns micro-circuitos utilizando os mecanismos descritos na etapa anterior. O sistema será desenvolvido utilizando uma destas linguagens de programação: C/C++, Java ou Matlab.
8. Implementação do software desenvolvido no robô escolhido na etapa dois.
9. Elaboração e execução de experimentos em um ambiente real de maneira a validar a proposta.
10. Realização de análises críticas quanto aos resultados obtidos.
11. Documentação do trabalho realizado.

1.6 Estrutura da Dissertação

2 *Neurociência Computacional*

2.1 Introdução

O Sistema Nervoso constitui uma rede de comunicação que permite a um organismo interagir de modo adequado com o meio externo (o mundo fora do corpo) e interno (os conteúdos do corpo) (??). Possibilitando a concepção de comportamentos mais elaborados por meio das interações do corpo com o ambiente.

É constituído por um vasto número de processos cognitivos e de ações de controle. O sistema nervoso pode ser designado como um sistema computacional biológico. Ele recebe, a cada minuto, literalmente milhões de bits de informações provenientes de diferentes órgãos e nervos sensoriais e, então, integra-os, com o intuito de determinar as respostas a serem produzidas pelo corpo (????).

O sistema nervoso é um complexo formado por vários tipos de tecidos e células, dividido na porção central e periférica, cada uma com as suas subdivisões. Inclui os componentes sensoriais, que detectam eventos ambientais, os componentes integrativos, que processam e armazenam dados sensoriais e outros componentes motores, que geram movimentos e secreções glandulares (??).

É por meio das células nervosas, os neurônios, que o sistema nervoso realiza o acoplamento entre as diferentes estruturas do organismo. A comunicação entre as estruturas sensoriais e dos componentes motores aumentam a capacidade de comportamento que um organismo pode desenvolver no ambiente. Ao receber um estímulo, sua estrutura sensorial será capaz de levá-lo até um dos componentes motores que poderá ou não produzir uma resposta (??). Neste contexto, é importante compreender as bases do funcionamento do sistema nervoso que serão apresentadas nas seções subsequentes.

2.2 Estrutura neuronal

O sistema nervoso é constituído basicamente de dois tipos de células: os neurônios e as células gliais. Os neurônios são considerados a unidade básica do sistema nervoso, enquanto as células gliais pertencem a uma classe de células não-neurais e são responsáveis por realizar funções como agregação e sustentação dos neurônios (??).

De acordo com ??) existem aproximadamente apenas 1011 neurônios ou menos no cérebro humano, uma quantidade muito menor que das células gliais e demais células não-nervosas. Entretanto, neurônios são as únicas células capazes de transmitir sinal elétrico a grandes distancias. Eles são responsáveis pela recepção e transmissão dos estímulos nervosos.

A figura 2.2 mostra a estrutura de um neurônio típico encontrando no corpo humano. Eles são anatomicamente divididos em três partes principais: soma ou corpo celular, dendritos ou árvore dendrítica e axônio ou árvore axônica. A primeira parte possui funções básicas como armazenamento do material genético e produção de proteínas e de outras moléculas necessárias para a sobrevivência da célula.

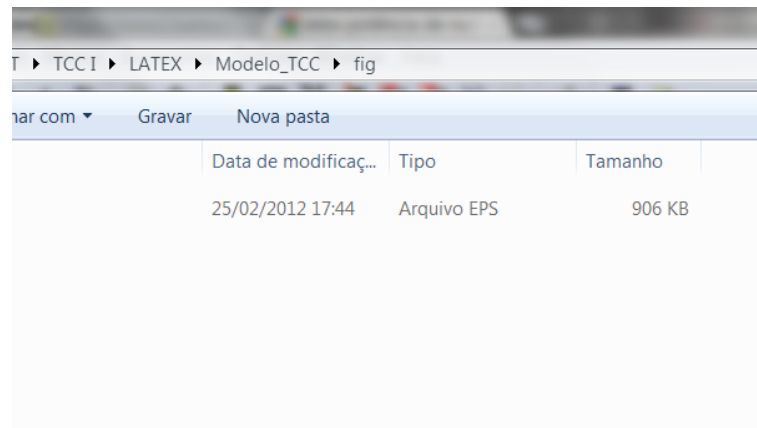
Os dendritos são responsáveis pela recepção dos estímulos nervosos. São numerosos prolongamentos ramificados. O grande número de dendritos é útil à célula nervosa, pois permite multiplicar a área disponível para receber estímulos aferentes. Diferentemente dos dendritos cada neurônio tem apenas um axônio. Sua função é o envio de estímulos eferentes, pulso conhecido como potencial de ação ou spike, dirigidos às outras células de um circuito neural. A propagação de um potencial de ação termina na porção final do axônio estimulando as vesículas sinápticas, que por sua vez liberam substâncias químicas, chamadas neurotransmissores, nas sinapses, com os dendritos das células seguintes (??).

A informação no sistema nervoso é transmitida principalmente na forma de potenciais de ação que se propagam por uma sucessão de neurônios, um após o outro. Cada potencial pode ser: bloqueado, transformado em uma sequência de pulsos repetitivos ou pode ser integrado a outros pulsos e gerar padrões complexos em neurônios sucessivos. Estas três funções podem ser chamadas de funções sinápticas de um neurônio.

Existem dois tipos de sinapses: as elétricas e as químicas. As sinapses elétricas, encontradas no sistema nervoso em pequeno número, são caracterizadas por canais que conduzem eletricidade de uma célula para a próxima. Em contraste, quase todas as sinapses utilizadas para transmissão de sinais no sistema nervoso central da espécie humana são as sinapses químicas. Nestas estruturas, um neurônio secreta neurotransmissores em seu terminal, que por sua vez, atuam nas membranas receptoras do neurônio seguinte, para promover a inibição, excitação

ou modificar, de outra maneira, a sensibilidade desta célula.

As sinapses químicas possuem uma característica extremamente importante, os impulsos nervosos são sempre transmitidos em uma única direção, ou seja, a partir do neurônio que secreta o neurotransmissor, chamado de neurônio pré-sináptico, para o neurônio no qual o neurotransmissor age, o neurônio pós-sináptico (??).



The image shows a screenshot of a file explorer window. The address bar displays the path: T > TCC I > LATEX > Modelo_TCC > fig. Below the address bar, there are buttons for 'Gravar' and 'Nova pasta'. A table below lists files with columns for 'Data de modificaç...', 'Tipo', and 'Tamanho'.

	Data de modificaç...	Tipo	Tamanho
	25/02/2012 17:44	Arquivo EPS	906 KB

Figura 2.1: Estrutura de um neurônio

2.3 Teoria da Seleção de Grupos Neurais

2.4 Modelos de Neurônios

2.5 Modelo de Sinapse

2.6 Codificação neural

2.7 Detecção de coincidências

2.8 Considerações Finais

3 Modelagem e Desenvolvimento Sistemas Neurais

3.1 Introdução

3.2 Modelos computacionais biologicamente plausíveis

3.3 Neurônios Pulsantes

3.4 Modelo de neurônio pulsante de Izhikevich

3.5 Sinapses

3.6 Spike-timing-dependent plasticity

3.7 Considerações Finais

4 Robôs Autônomos Bioinspirados

4.1 Introdução

4.2 Robôs Autônomos

4.3 Considerações Finais

5 *Experimentos Computacionais*

5.1 Introdução

5.2 Detector de Coincidências

5.3 Circuito Sensório-Motoro

5.4 RoboDeck

5.5 Curumim

5.6 Apresentação dos Resultados e Experimentos

5.7 Considerações Finais

6 *Conclusão*

6.1 Discussão do Trabalho

6.2 Trabalhos Futuros