

Estrutura Mecânica de Locomoção sem o auxílio de Rodas ou Esteiras

Thiago Mendes Germano Costa
Leonardo Alves Pankiewicz
Vinícius Mariano Gonçalves
Fábio Amorim Ribeiro

*Departamento de ciência da Computação
Universidade Federal de Minas Gerais*

Resumo

O presente projeto trata-se da implementação de uma estratégia paralela quanto a utilização de rodas ou esteiras na locomoção de robôs móveis. Prototipado em **LEGO Technic**, o sistema ainda conta com o controle dos atuadores, utilizando a **HandyBoard**, com algoritmo implementado em linguagem **C** através da **IDE, Interactive C**.

1 Introdução

A mobilidade é um grande ramo da robótica paralela aos manipuladores (interfaces), sensoreamento, robótica interna/externa e robótica antropocêntrica. A mobilidade analisa meios de controle que permitem às instâncias programadas, moverem-se e interagirem no respectivo ambiente físico em que estão inseridas. Talvez a grande diferença desse ramo em relação à interface e manipuladores se consiste justamente no fato das instâncias programadas não estarem limitadas a ambientes estruturados, ou em outras palavras, ambientes bem definidos. Em geral robôs móveis estão imersos em um mundo que se caracteriza pela caoticidade, e pela dinâmica de estados. Por esta razão a robótica móvel é um constante foco de pesquisas nos laboratórios de inúmeras universidades, como por exemplo no MIT em Massachusetts e na UFMG com o VERLAB, sendo algo constantemente aprimorado. Encontramos a robótica móvel em instalações militares, limpeza de dutos, limpeza de sistemas de ar condicionado, até mesmo para consumo, como para corte de gramas e aspiração de pó. Eis alguns exemplos bem famosos (As imagens dos exemplos se encontram em apêndice ao fim do relatório):

- **Tommy** - Participou do DARPA Grand Challenge 2005, e usa a tecnologia PRI-MAX desenvolvida totalmente em Java pela Perrone Robotics.



Figura 1: Tommy

- **Spirit e Opportunity** que atualmente estão em Marte, e também possuem



Figura 2: Spirit e Opportunity, robôs que atualmente estão em Marte

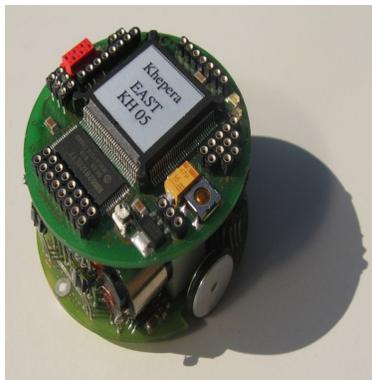


Figura 3: Khepera

JVM's embutidos com Real Time Java.

- **Khepera** - O Khepera é um pequeno (5,5 cm) robô móvel desenvolvido no LAMI, laboratório do Professor Jean-Daniel Nicoud da EPFL (Lausanne, Suíça), em meados dos anos 90. Ele foi desenvolvido por Edo. Franzl, Francesco Mondada, André Guignard e outros.

2 Questões que foram analisadas

A locomoção dos robôs móveis envolve basicamente dois problemas interessantes:

- **Problema cinemático direta:** O problema da cinemática direta se consiste em, dadas as entradas de controle, como o robô irá se mover.
- **Problema cinemático inversa:** Dado o movimento desejado, como se escolhem os controles do robô.

Além desses problemas é extremamente importante ponderar os seguintes fatores que conflituam na hora da implementação mecânica: **estabilidade** do robô, como o *número de pontos de contato*, o *centro de gravidade*, a *Estabilização Estática e Dinâmica* e por fim a *inclinação do terreno*.

Outro fator também ponderante na implementação e testes mecânicos, são **as características do contato**. É importante sempre ter em vista o *ponto ou a área de contato*, a *aderência*, a *fricção*, e os *ângulos de contato com a superfície*.

3 Motivação

A motivação do presente trabalho se consiste no fato de que, analisadas as questões anteriores, surge como ápice da abordagem do problema, o **meio físico de inserção do robô móvel**. Podemos enumerar uma grande quantidade de meios nos quais as instâncias irão atuar, água, ar, terrenos planos ou irregulares, terrenos pantanosos, inóspitos, com um certo grau de desnivelamento ou estabilidade. Como exemplo de instâncias projetadas para os meios de inserção citados temos os humanóides, os robôs aéreos, aquáticos etc.

Fixada a idéia do meio de inserção juntamente com as questões anteriores, vem a escolha da estrutura da locomoção.

4 Retomando o Problema

A idéia do projeto é a implementação de uma estrutura mecânica para locomoção em terrenos, tal que seja uma opção quanto a utilização de rodas ou esteiras. O robô deverá percorrer um deslocamento linear de 15cm com um tempo limite de um minuto, sendo considerado como tarefa extra a realização de uma curva, e logo após, deslocar mais 15cm. O controle de acionamento do dispositivo mecânico será feita pela **HandyBoard**, com um algoritmo implementado em C.

5 A Solução Proposta

A solução proposta foi a implementação de um mecanismo baseado na locomoção de vertebrados, através de supostas "pernas". As pernas foram construídas de maneira muito simples com ausência de articulações ou qualquer estrutura mais complexa como tendões, por exemplo. Mas essencialmente, seguiu-se o modelo baseado em pernas para a locomoção da instância. Alguns fatos foram observados durante os testes realizados, como por exemplo a complicação locomotiva foi inversamente proporcional ao número de pernas envolvidas, ou seja quanto menor o número de pernas, mais complexa era a locomoção. Ainda cito um fato chamado a atenção nas seções anteriores, sobre o número de peças envolvidas na construção geral, pois algo de grande importância foi o ganho de velocidade como fator de diminuição de tempo de deslocamento, observado na

perca de inércia. Quanto à estabilidade, um mínimo de três pernas são suficientes para um ganho de estabilidade por parte do robô. Quanto aos graus de liberdade, no mínimo dois graus foram necessários, os quais são o movimento de levantar a perna e o movimento de voltar a perna para a posição inicial. Era possível obter quatro graus de liberdade na movimentação, desde que fossem implementadas juntas e tornozelos nas pernas, o que de certa forma minimizava o impacto da locomoção, no entanto aumentava a complexidade do projeto e devido à simplicidade da potência dos atuadores, o robô nem ao menos conseguia se levantar.

Notou-se que movimentos de escorregamentos livres em mais de uma direção não foram possíveis, tamanha a simplicidade da inteligência mecânica envolvida na implementação proposta.

6 Conclusão

Pelas análises obtidas, o grau de envolvimento dos membros do grupo, a complexidade de projeção, a estabilidade, a trepidação entre outros fatores citados anteriormente, a locomoção de robôs móveis em terrenos, sem o auxílio de rodas ou esteiras se estabelece como uma rotina que possui um grande grau de complexidade, embora possa ser uma opção interessante em ambientes onde a utilização de rodas possam ser oneradas.

Outro ponto interessante a ser observado, foi a prototipação rápida feita com o *Legó*, pois permitiu modificar a estrutura várias vezes, minimizando maiores transtornos, como soldagens industriais, obtenção de sucata entre outros. Quanto à utilização da **HandyBoard**, o único encaixe foi a massa da mesma, pois em um sistema, cuja a idéia era minimizar a inércia por fatores de estabilidade, teve que confrontar com esse fato, além da falta de simetria da mesma.

Ao finalizar a implementação, obtivemos dificuldades em realizar a locomoção do robô. Isso se deve em princípio ao fato de que a redução não foi realizada de maneira adequada (não gerando portanto um torque suficiente para a movimentação), e também a construção do *mesh* das engrenagens não foi feita de forma correta.

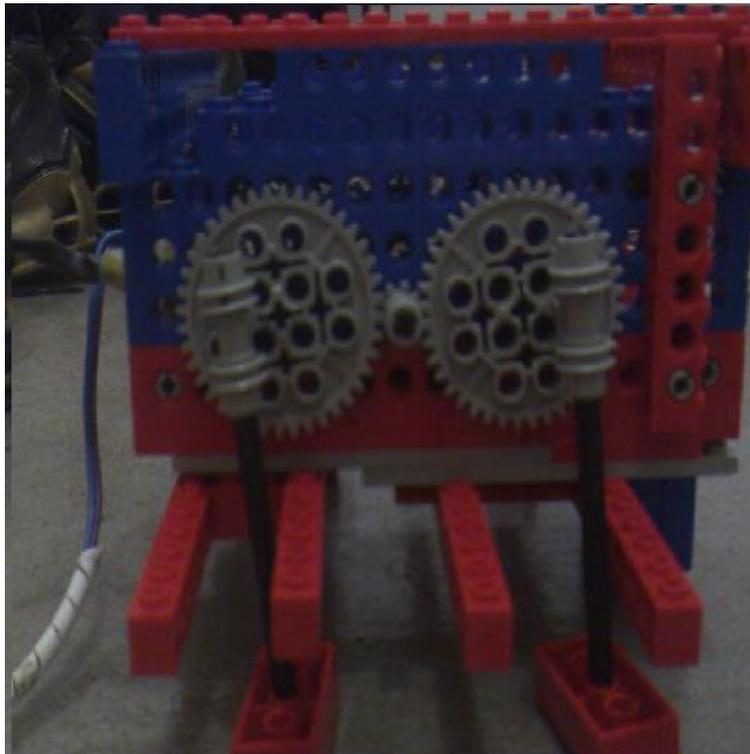


Figura 4: Imagem do perfil do projeto

Apêndice A

Número Possível de Andares

Para um bípede, o número de eventos possíveis é:

$$N = (2k - 1)! = 3! = 3 * 2 * 1 = 6 \quad (1)$$

Os **eventos são**: erguer a perna direita, erguer a perna esquerda, voltar a perna direita, voltar a perna esquerda, erguer as duas pernas juntas, voltar as duas pernas juntas.

Para um robô com 6 pernas, N será:

$$N = 11! = 39'916'800 \quad (2)$$



Figura 5: Até o próximo Trabalho Prático

Referências

- [1] Nehmzow, Ulrich. *Mobile Robotics: A Practical Introduction*. Springer, 2000.
- [2] Dudek, Gregory and Jenkin, Michael. *Computational Principles of Mobile Robotics*. Cambridge University Press, 2000.
- [3] Wikipedia *Robôs Móveis*.