

Simulação e Acionamento de Robô de Quatro Patas

Ronaldo Ruiz Filho¹ e Anfranserai Morais Dias²

1. Bolsista FAPESP, Graduando em Engenharia de Computação, Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), e-mail: zamife@hotmail.com

2. Orientador, Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: anfranserai@comp.uefs.br

PALAVRAS-CHAVE: Robô, Quadrúpede, Locomoção.

Introdução

Com a evolução da robótica ao longo do anos, estimulada principalmente pelo barateamento e melhora na eficiência de componentes elétricos e eletrônicos, viu-se a possibilidade de utilizar robôs móveis nas mais diversas atividades, principalmente as que envolvem riscos à vida humana, como desminagem, exploração espacial, entre outros.

Os principais sistemas móveis são projetados com rodas, ou esteiras, e apresentam grande eficiência em ambientes estruturados e/ou com poucas irregularidades. Contudo, tais sistemas apresentam grandes limitações em terrenos irregulares e poucos estruturados, como dutos e vulcões, por exemplo (González *et al.*, 2006).

Em tais situações, robôs móveis com rodas e esteiras não são capazes de se locomover de forma eficiente, rápida e lidar com os mais diversos obstáculos (buracos, pedras e etc.), além das restrições de movimentação (um carro por exemplo não pode deslizar lateralmente, é necessário manobrar) (Vieira, 2005). Outro ponto fraco é a incapacidade de manter ferramentas e outros equipamentos nivelados, uma vez que o corpo do robô com rodas ou esteiras é sempre paralelo ao terreno.

Os robôs que imitam a locomoção de animais com perna (preferivelmente mamíferos e insetos) seriam mais adequados para realizar tais tarefas. Entre as principais, vantagens estão: a capacidade de se mover rapidamente em terrenos irregulares, as baixas ou inexistentes restrições de movimentação e a capacidade de manter o corpo nivelado mesmo em terrenos muito irregulares ou inclinados (ladeiras, por exemplo).

Visando obter um robô que se mova em uma maior diversidade de terrenos e que tenha um baixo consumo da bateria, é proposto o desenvolvimento de um robô híbrido (pernas + rodas), parte integrante do projeto “Construção de uma Colônia de Robôs Autônomos para Reconhecimento, Busca e Inspeção” (Dias, 2007).

O robô, constituído nas dependências do laboratório de hardware da Universidade Estadual de Feira de Santana, composto por quatro pernas e quatro rodas - uma roda no extremo de cada perna -, é denominado ROQUAR (**R**obô **Q**uadrúpede com **R**odas). Desta forma, ele pode se locomover de duas formas distintas: caminhando ou utilizando as rodas. Este diferencial, permite ao ROQUAR se adaptar à ambientes estruturados (ruas, pisos nivelados e etc.) e desestruturados (escadas, locais íngremes e etc.), mudando dinamicamente o seu modo de operação.

O ROQUAR proporciona o entendimento das principais problemáticas envolvidas no processo de confecção de um robô móvel: controle de atuadores, sensoriamento, algoritmos de geração de caminho, algoritmos de controle de caminhar, consumo de energia, entre outros.

Material e Métodos

Aqui são apresentadas as ferramentas utilizadas para o acionamento do robô, entre eles: algoritmo de locomoção baseado em pernas, os conceitos envolvidos e a ferramenta de simulação. O projeto possui como principal objetivo realizar a locomoção com pernas, logo, a

locomoção com rodas será omitida, uma vez que já existe ampla discussão e aplicações da mesma na literatura.

1. Locomoção com Pernas

Uma marcha pode ser classificada como: contínua (continuous gait) ou descontínua (discontinuous gait). A marcha contínua é caracterizada pelo movimento constante do corpo enquanto todas as pernas movem-se simultaneamente e a marcha descontínua é caracterizada por uma movimentação seqüencial das pernas e do corpo, ou seja, o corpo é impulsionado para a frente/trás com todos os pés seguramente colocados no chão e as pernas são transferidas uma de cada vez (González *et al.*, 2006).

2. Estabilidade

Uma das principais dúvidas que surge, quando se trata de locomoção com pernas é: como se locomover sem tombar ?. Existem dois tipos de estabilidades a serem consideradas, a estabilidade estática e a estabilidade dinâmica.

A estabilidade dinâmica é aplicada a sistemas de marcha contínua, onde o momento do robô (devido ao movimento) e as forças resultantes da interação das pernas com o solo, compensam o torque realizado pela gravidade. Devido a alta complexidade da estabilidade dinâmica, será considerado apenas a estabilidade estática, onde o corpo se move de forma intermitente (marcha descontínua).

De acordo com González *et al* (2006), o primeiro critério de estabilidade estática para uma máquina andante ideal, em velocidade constante, ao longo de uma direção constante e sobre um terreno plano e nivelado foi proposto por McGhee e Frank. O método afirma que o veículo é estaticamente estável se a projeção horizontal do seu centro de gravidade (COG) reside no interior do polígono de suporte (definido como o polígono convexo formado pela conexão das pegadas).

Assim, a Margem de Estabilidade Estática (S_{SM}) é definida como a menor das distâncias entre a projeção do COG e as bordas do polígono de apoio (González *et al*, 2006).

2. Geração de Marcha Descontínua

De acordo com Gonzáles *et al* (2006), na geração de marchas descontínuas e periódicas para quadrúpedes, certos aspectos devem ser considerados:

- Se uma perna em sua fase de suporte atinge o limite posterior do seu espaço de trabalho (limite cinemático), esta perna deve mudar para a fase de transferência para ser colocada no limite frontal de seu espaço de trabalho.
- O corpo é impulsionado para frente com todas as pernas no chão. Depois do movimento do corpo, a última perna deve ficar no limite posterior de sua área de trabalho para realizar a fase de transferência no movimento da próxima perna.
- A perna que é contralateral e não adjacente (CNA) à perna atualmente em transferência deve ser colocada em um ponto tal que depois de colocada a perna de transferência, o COG fique do polígono de suporte. Desta forma é possível levantar a outra perna enquanto mantém a máquina estável.
- A seqüência de eventos deve ser periódica, isso permitirá que vários ciclos de locomoção se juntem para seguir um caminho.

A figura 1 exemplifica as restrições anteriormente citadas para uma marcha descontínua de duas fases. Uma marcha é caracterizada como descontínua de duas fases, quando há dois movimentos do corpo por ciclo de locomoção.

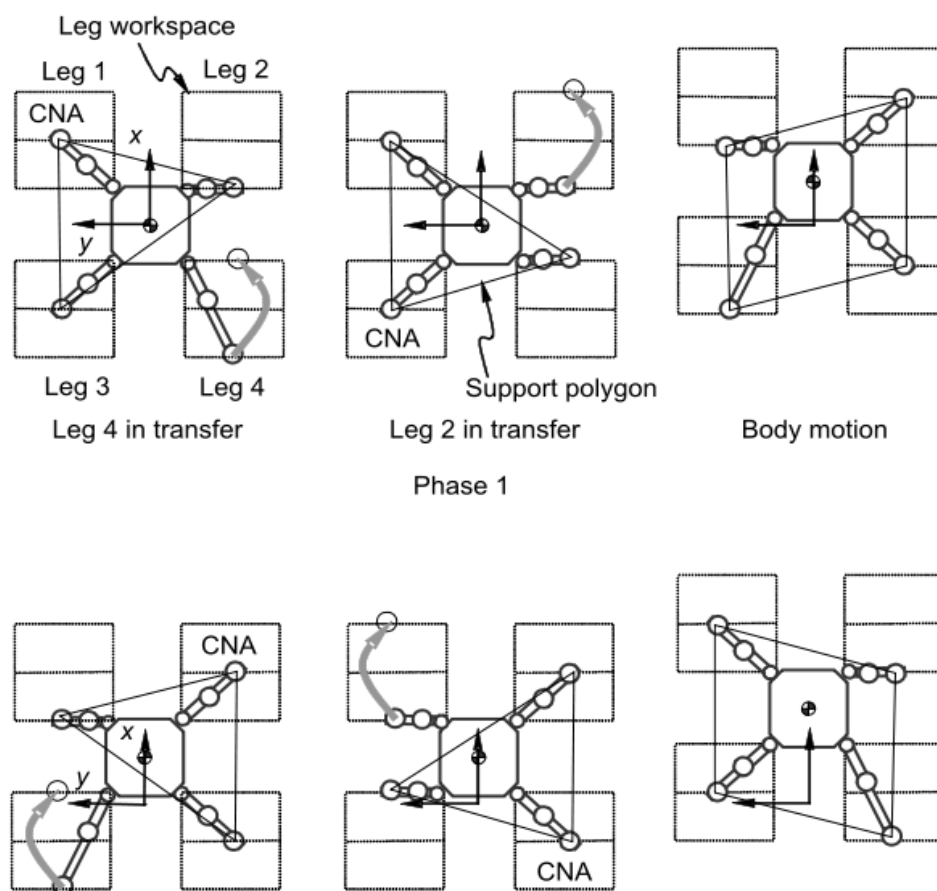


Figura 1: Padrão de locomoção sucessivo para uma marcha descontínua de duas fases (González *et al.*, 2006).

Resultados e Discussões

A simulação do ROQUAR foi realizada com o auxílio do software Yobotics Simulation Construction Set. O Yobotics é um pacote completo de ferramentas orientado à objetos implementado com a linguagem de programação JAVA para a rápida e fácil criação de simulações em 3D de robôs, sistemas biomecânicos e dispositivos mecânicos (Yobotics, 2011).

Para realizar a simulação do ROQUAR utilizando o Yobotics, foram realizadas algumas simplificações, dentre elas:

- Não são consideradas colisões entre as próprias peças do robô;
- Todas as partes constituintes do robô foram modelados como cilindros ou paralelepípedos sólidos;
- Todos os servo-motores (juntas) foram modeladas como cilindros;
- O atrito dos servo-motores é ignorado;
- A superfície da simulação é plana;
- O momento de inércia de cada componente (elo + motor) foi baseado na simulação do robô quadrúpede SILO4, ver (GONZÁLEZ, 2006);

A figura 11 apresenta a modelagem 3D do ROQUAR com as simplificações anteriormente citadas, assim como as ferramentas geradas pelo Yobotics para a simulação.

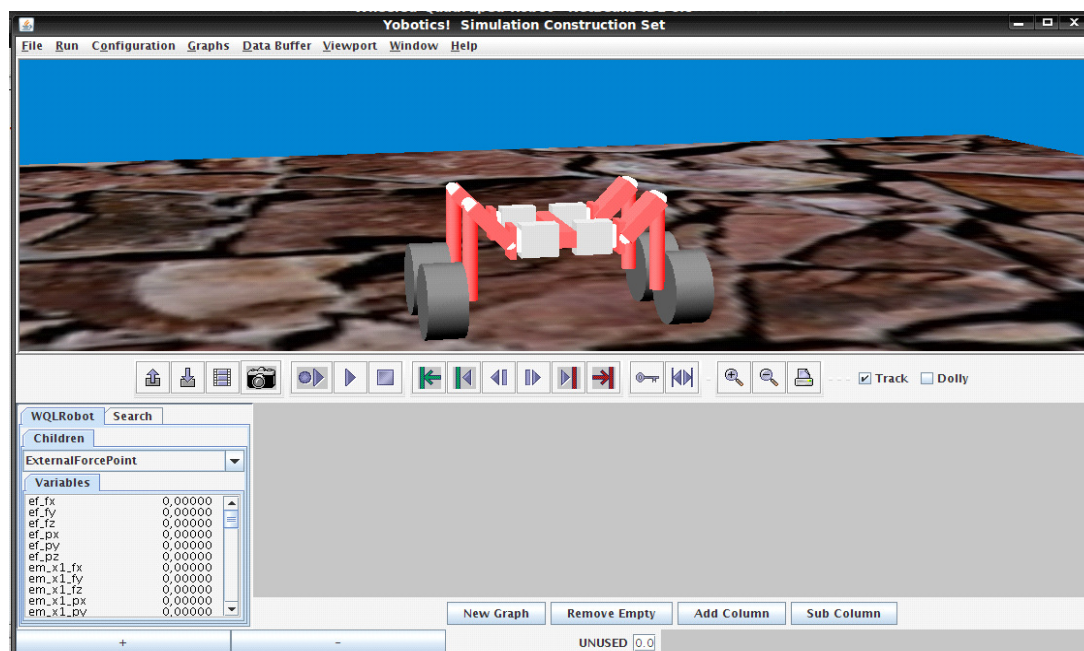


Figura 2: Janela da simulação utilizando o Yobotics com a modelagem 3D do ROQUAR.

Considerações Finais

Com base nas medidas do ROQUAR, serão obtidos os parâmetros de Denavit-Hartenberg para a obtenção das fórmulas de cinemática inversa (a partir do ponto onde a perna deve ser colocada obter o ângulo de cada uma das juntas). Assim, será realizada a simulação do robô se locomovendo para frente e como etapa posterior realizando um giro.

Por fim, serão realizados testes reais com o robô, com o objetivo de serem realizados ajustes e implementar o algoritmo de locomoção que será embarcado em seu sistema de controle.

Referências Bibliográficas

- [1] GONZÁLEZ DE SANTOS, Pablo, GARCIA, Elena, ESTREMER, Joaquin “**Quadrupedal Locomotion: an Introduction to the Control of Four-legged Robots**” 2006, XIV, 267 p. 135 illus., Hardcover; ISBN: 978-1-84628-306-2;
- [2] VIEIRA, Frederico C. “**Controle Dinâmico de Robôs Móveis com Acionamento Diferencial**”, Dissertação, Fevereiro de 2005, 106 p. Universidade Federal do Rio Grande do Norte;
- [3] DIAS, Anfranserai M. “**Construção de uma Colônia de Robôs Autônomos para Reconhecimento, Busca e Inspeção**”, Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Feira de Santana, 2007.
- [4] **Yobotics! Simulation Construction Set**, Disponível em: <<http://yobotics.com>>, acessado em: 20/07/2011.
- [5] DE PIERI, Edson R. **Curso de Robótica Móvel**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Março de 2002.
- [6] BELO, Felipe A. W. MEGGIOLARO, Marco A. HALL, Carlos, TANCHEIDT, Ricardo “**Controle de um Robô do Tipo Differential Drive através de Lógica Fuzzy e Redes Neurais**” Departamento de Engenharia Elétrica, Rio de Janeiro, 2010.