

DESENVOLVIMENTO DE CIRCUITO DE INTERFACE PARA ROBÔ HEXÁPODE

Joel Pinto de Carvalho Filho¹, Anfranserai Morais Dias²

1. Bolsista PROBIC/UEFS, Graduando em Engenharia de Computação, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: joelpcfilho@gmail.com
2. Orientador, Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: anfranserai@ecomp.uefs.br

PALAVRAS-CHAVE: Robôs autônomos, Placa de Circuito Impresso, Sensores.

INTRODUÇÃO

Robôs móveis terrestres diferenciam-se entre si pela sua forma de locomoção, que é influenciada pelo ambiente em que ele será utilizado. Em terrestres, três formas são mais utilizadas: **rodas**, **esteiras** e **patas**. As rodas são aplicáveis em terrenos uniformes e sólidos, enquanto as esteiras são utilizadas em terrenos não uniformes, com pequenos obstáculos. Porém, estes dois tipos não são aplicáveis a terrenos irregulares, pois as rodas e esteiras dependem de terrenos contínuos para a sua locomoção [1]. A utilização de patas possibilita a exploração de terrenos irregulares, pois o uso de suportes isolados possibilita o melhor posicionamento de cada pata, adaptando-as às irregularidades do terreno [2].

Robôs com patas costumam mimetizar os padrões de caminhada encontrados na natureza, resultantes de milhões de anos de evolução. Robôs hexápodes baseiam seus padrões de caminhada nos insetos, os quais dispõem de diversos padrões, diferenciados por suas estabilidade e velocidade de locomoção.

Este trabalho descreve o processo de desenvolvimento e construção de um módulo de controle embarcado para um robô hexápode, interligado ao circuito de acionamento do robô, ao módulo de comunicação e a diversos sensores, juntamente com a implementação dos sistemas de locomoção e de comunicação e a interface Web de teleoperação e monitoramento do robô.

METODOLOGIA

O problema mais estudado em robôs com patas consiste em determinar o melhor padrão de caminhada para o mesmo. Dentre os padrões de caminhada existentes, três são mais utilizados: *wave gait*, *ripple gait* e *tripod gait*. A representação dos padrões de caminhada pode ser vista na Figura 1, na qual cada padrão é representado horizontalmente com o tempo, para cada pata, onde os retângulos brancos representam as patas ao chão em dado momento.

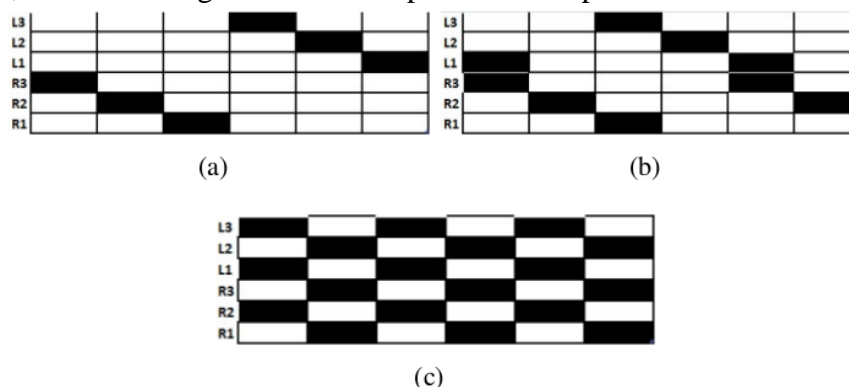


Figura 1. Padrões de caminhada para robôs hexápodes [3].

O padrão *wave* (a) mantém cinco patas no chão durante a locomoção, sendo o mais lento entre os três. O padrão *ripple* (b) alterna entre quatro e cinco patas no chão. O padrão *tripod* (c) alterna entre dois conjuntos de três patas durante a locomoção, sendo o padrão mais

rápido [3]. Este último foi escolhido para a implementação, devido à sua simplicidade e eficiência.

Uma vez escolhido o padrão de caminhada, foi feita a modelagem da cinemática inversa das patas do robô, definindo os ângulos dos motores para a posição de cada pata nos estados definidos pelo padrão. A modelagem foi feita utilizando uma decomposição dos graus de liberdade em dois conjuntos, a partir de uma abordagem geométrica. A Figura 2 apresenta a decomposição do modelo em dois planos perpendiculares, onde (a) apresenta a visão superior do robô e possui um grau de liberdade, representado pelo valor inicial θ_i e ângulo de movimento θ_1 e (b) mostra a visão lateral da pata, que possui dois graus de liberdade, θ_2 e θ_3 ; l_1 e l_2 representam os comprimentos dos elos de cada pata.

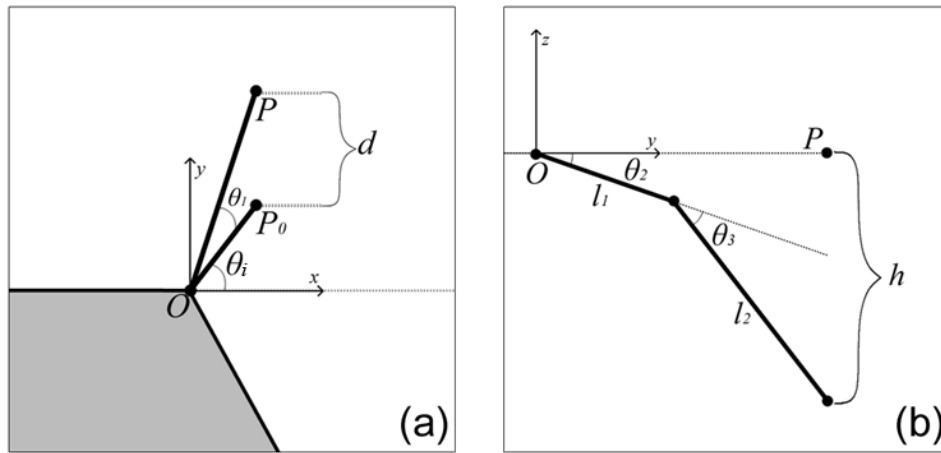


Figura 2. Representação geométrica de uma pata do robô.

A posição P da pata do robô é definida pelas variáveis d , que representa a distância à frente do robô a partir da posição inicial P_0 , e h , que representa a distância vertical da pata do robô ao ponto de ligação da perna ao corpo do robô, o ponto O . Definido experimentalmente um valor factível para d , utilizando relações trigonométricas a partir da Figura 2 (a), obtém-se a equação do ângulo θ_1 :

$$\theta_1 = \tan^{-1} \left(\frac{d + l_1 \sin \theta_i}{l_1 \cos \theta_i} \right) - \theta_i$$

Uma vez aplicado o ângulo θ_1 , o plano da Figura 2 (b) fica alinhado com a posição final P desejada e a resolução da cinemática inversa pode ser obtida utilizando relações trigonométricas simples. Sendo x a distância entre o ponto O e o ponto P na Figura 2 (a), utilizando a lei dos cossenos, chega-se às equações:

$$\begin{cases} \theta_2 = \cos^{-1} \left(\frac{x}{\sqrt{x^2 + h^2}} \right) - \cos^{-1} \left(\frac{l_1^2 + x^2 + h^2 - l_2^2}{2 l_1 \sqrt{x^2 + h^2}} \right) \\ \theta_3 = \pi - \cos^{-1} \left(\frac{l_1^2 + l_2^2 - x^2 - h^2}{2 l_1 l_2} \right) \end{cases}$$

Esta modelagem foi utilizada para todas as pernas do robô, apenas alterando a posição do ponto O e o ângulo inicial θ_i . Com a modelagem finalizada, foi implementado o padrão de caminhada no robô.

Para o controle do robô, foi utilizado um microcontrolador da família PIC32, comunicando com o usuário via Wi-Fi, através de um módulo de comunicação MRF24WB0MA. O controle dos motores das patas foi feito utilizando a placa SSC-32. Por fim, o sensoriamento foi composto por dois sensores de distância – um ultrassônico e um infravermelho – e uma unidade inercial, composta por um acelerômetro e um giroscópio. O diagrama envolvendo estes componentes pode ser visto na Figura 3.

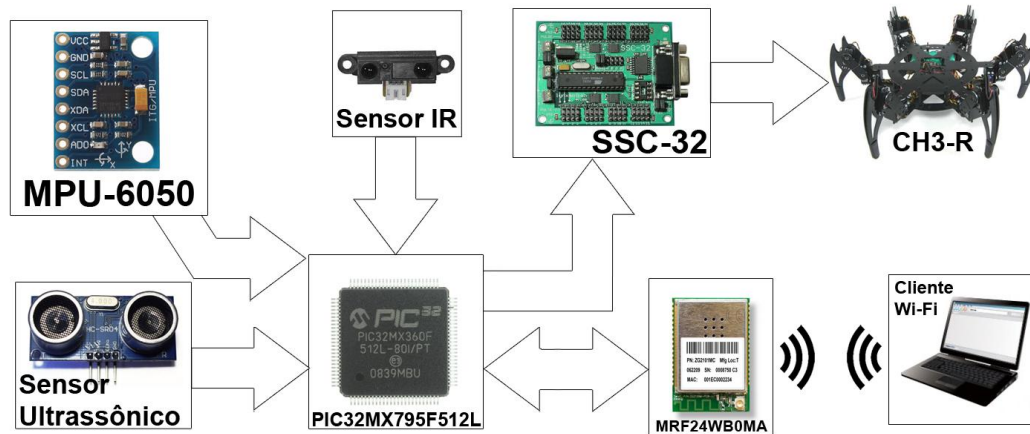


Figura 3. Diagrama dos componentes de *hardware* atualizado.

RESULTADOS OBTIDOS

Na primeira etapa do trabalho, foi desenvolvido um protótipo inicial para o controle do robô e a implementação do sistema de comunicação Wi-Fi. O controle do robô foi composto do padrão de caminhada, *tripod*, com as funcionalidades de caminhada e rotação em ambos os sentidos. Com o sistema de controle, foi integrado o sensor de distância infravermelho, para evitar colisões com obstáculos.

Para o sistema de comunicação, foi escolhido o protocolo HTTP, executado sobre a pilha TCP/IP, devido à sua robustez e compatibilidade com dispositivos móveis atuais e computadores. A interface de teleoperação desenvolvida foi desenvolvida sobre este protocolo, podendo ser executada em navegadores Web comuns. Ela possui os comandos do sistema de controle – caminhar e rotacionar – e uma interface de monitoramento, que indica o estado atual do sistema.

Após o funcionamento do sistema de controle do robô pela interface Web, foi iniciada a etapa de desenvolvimento do módulo de controle, responsável por integrar, a nível de *hardware*, todo o sistema. A Figura 4 apresenta o *layout* do protótipo desenvolvido.

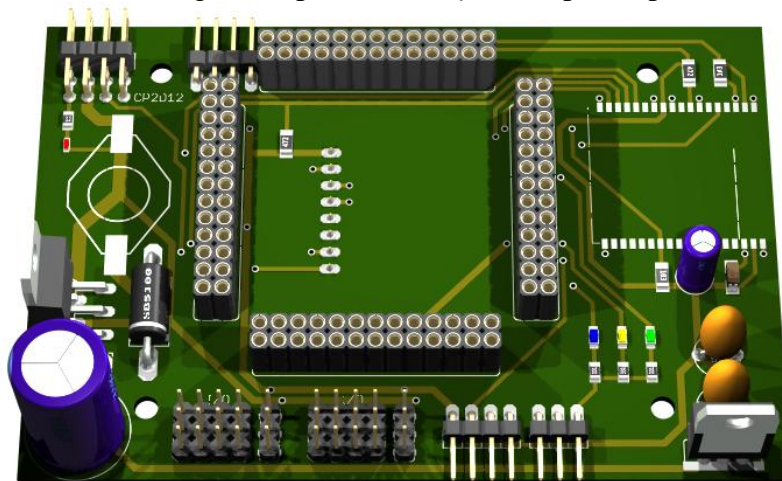


Figura 4. Layout do protótipo intermediário.

O módulo da Figura 4 foi desenvolvido como um protótipo intermediário, a fim de testar a integração entre os novos componentes e corrigir possíveis erros, possibilitando a construção da versão final do módulo.

Paralelamente ao desenvolvimento do protótipo intermediário, foram feitos testes com os sensores a serem adicionados: ultrassônico, acelerômetro e giroscópio. O sensor ultrassônico mostrou-se eficiente para diversas distâncias, porém, devido a possíveis problemas com eco e o ângulo de alcance do sensor, foi determinado que serão implementadas técnicas de fusão para que seja obtido melhor precisão a partir deste sensor e o infravermelho.

Com os sensores de distância, foram testados também o acelerômetro e o giroscópio. Estes sensores terão como objetivo determinar a orientação e a velocidade do robô, possibilitando a sua localização a partir de um ponto inicial. Os testes resultaram em diversos ruídos, o que determinou a necessidade da utilização de técnicas de filtragem para obtenção de uma medição fiel ao estado real do robô. Além disso, foi determinada a necessidade de adicionar um magnetômetro ao conjunto de sensores, a fim de determinar a orientação inicial.

A última etapa deste trabalho consiste nos testes do projeto e integração do módulo de controle, a fim de construir o módulo final, integrando todos os novos componentes. Este módulo será utilizado em quatro robôs do projeto e seu sistema será integrado ao sistema de controle da colônia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos, a meta principal do plano de trabalho foi cumprida. Os circuitos funcionaram corretamente e, ao final, o robô foi entregue pronto para a implementação do seu sistema completo.

Devido a problemas com equipamentos de laboratório quebrados, o protótipo físico final não chegou a ser concluído, pois foi necessária a espera de quase dois meses pelo protótipo intermediário, enviado para construção terceirizada. Apesar disto, o circuito encontra-se na fase final de produção.

No trabalho em andamento, busca-se corrigir os erros e ruídos dos sensores, pesquisando filtros digitais e métodos de fusão de sensores, com o intuito de integrar o sistema ao projeto da colônia de robôs, tornando-o autônomo. Também serão implementados novos padrões de caminhada, com mais recursos, e algoritmos de navegação com mapas, integrando a trabalhos produzidos anteriormente no projeto.

REFERÊNCIAS

- [1] ERDNE, M. S. *Six-Legged Walking Machine: The Robot-EA308*. 2006. Tese - Middle East Technical University. Ancara, Turquia. Disponível em: <<http://etd.lib.metu.edu.tr/upload/12607356/index.pdf>>. Acesso em: 29 fev. 2012.
- [2] RAIBERT, M. H. *Legged Robots*. Communications of the ACM, vol. 29, no. 6, jun. 1986. Disponível em <<http://www.sci.brooklyn.cuny.edu/~sklar/teaching/f06/air/papers/p499-raibert.pdf>>. Acesso em: 29 fev. 2012.
- [3] CAMPOS, R.; MATOS, V.; SANTOS, C. P. Hexapod Locomotion: a Nonlinear Dynamical Systems Approach. IECON 2010 - 36th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society, 2010. p. 1546–1551.