

TELEMETRIA E CONTROLE DE UMA CADEIRAS DE RODAS COM ASSISTÊNCIA MOTORIZADA

Renan Araujo Matos¹, Fabrizio Leonardi³
^{1,3} Engenharia Mecânica, Centro Universitário FEI
 renan.aj22@gmail.com, fabrizio@fei.edu.br

Resumo: Este trabalho projetou, implementou e analisou um sistema de telemetria que permite obter e enviar informações da cinemática e dinâmica a partir da parte girante de uma cadeira de rodas para a parte estacionária, onde o sistema de controle realiza a ação de controle. Esta transmissão de sinais sem fio possibilita evitar problemas com desgastes mecânicos, como ocorre nos métodos de envios convencionais, porém com certas limitações, devido gerar um atraso no envio do sinal.

1. Introdução

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)[1], aproximadamente 14 milhões de brasileiros fazem uso contínuo de cadeiras de rodas e, com o envelhecimento geral da população mundial, o número de pessoas com deficiência motora tende a crescer.

Por este motivo a movimentação assistida é um dos tópicos de pesquisa com grande crescimento, principalmente na área de cadeiras de rodas híbridas, pois possibilita mitigar algumas das adversidades que os cadeirantes enfrentam diariamente, como esforço excessivo durante a propulsão, dores e lesões nos membros superiores [2]. Este modelo híbrido é uma combinação entre a cadeira de rodas tradicional, com propulsão manual, e a cadeira com propulsão feita por motores elétricos.

Esta combinação permite preservar os benefícios cardiovasculares e musculoesqueléticos provenientes do exercício atrelado à propulsão manual enquanto evita sobrecargas dos membros superiores do cadeirante. As formas de assistência que os motores acoplados às rodas podem fornecer dependem das estratégias de controle implementadas[3].

Essas estratégias podem ser elementares, como aquela que simplesmente adiciona um torque àquele produzido pela propulsão humana, ou utilizando informações cinemáticas e dinâmicas do movimento para produzir uma ajuda mais elaborada[4].

Este trabalho pretende implementar e analisar um sistema de telemetria dos sinais cinemáticos e dinâmicos e implementar uma estratégia de controle baseada nessas informações.

2. Metodologia

Para o desenvolvimento da telemetria utilizou-se um módulo XBEE para transmissão de sinais da parte rotativa para parte estacionária da cadeira de rodas; podendo assim obter sinais, como a força no aro propulsor e a velocidade angular. O controlador desenvolvido utiliza apenas a velocidade angular da cadeira, e esta velocidade é obtida por um tacogerador

da marca Airpax. O controlador é implementado no microcontrolador Arduino, o qual atua sobre os motores acoplados as rodas da cadeira.

Com o módulo XBEE realizou-se ensaios para avaliar se este canal de transmissão poderia interferir dinamicamente no controle da cadeira de rodas. Para isso compararam-se os sinais enviados de um transmissor e os recebidos pelo outro módulo, utilizando a placa da National PCI6221 37 pins com o Software Simulink. Além disso, foi possível avaliar a qualidade da suas duas estruturas de envio.

Concluiu-se com os ensaios que o canal de transmissão não afetou significativamente a dinâmica de controle, mas que apenas gerou um tempo de atraso considerável. Essas informações são representadas pela equação 1.

$$G(s) = \frac{k}{\tau s + 1} * e^{\theta s} \quad (1)$$

Em que $G(s)$ representa uma função de transferência de primeira ordem, θ é o atraso entre o sinal de saída em relação ao sinal de entrada, k é o ganho e τ é a constante de tempo. Ensaios realizados permitiram determinar $\theta = 8\text{ms}$ para o Transparent Mode e $\theta = 15\text{ms}$ para o API Mode. Os valores aproximados de k e τ resultaram 1 e 0,12, respectivamente.

Para obtenção da velocidade angular foi realizada a adaptação de um tacogerador à cadeira de rodas. Para obter-se a mesma rotação entre dois dispositivos, foi colocada uma engrenagem no eixo do tacogerador com o mesmo número de dentes da engrenagem conectada ao eixo do motor.

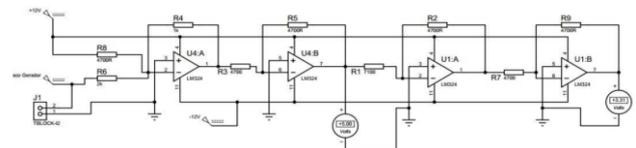


Figura 1– Circuito de interface do tacogerador XBEE

Após a implementação do tacogerador elaborou-se o circuito com base no CI LM324 para compatibilizar os níveis de tensões dos subsistemas, conforme a Figura 1. Os sinais provenientes do tacogerador podem variar entre tensões positivas e negativas dependendo da direção que se está manobrando a cadeira. Porém, a entrada analógica do módulo XBEE tem um conversor analógico digital de 10 bits que admite apenas tensões positivas de 0 a 3,3V. Com o circuito da Fig.1 foi possível enviar os sinais do tacogerador via XBEE.

A função de transferência do sistema eletromecânico foi obtida experimentalmente através de

um ensaio enviando um sinal do tipo degrau para o driver do motor e obtendo a resposta do sistema com um tacogerador. Relacionando-se o sinal de entrada com o sinal de saída, foi determinado a função de transferência conforme a equação 2.

$$G(s) = \frac{1}{(0.12s+1)} * e^{0.015s} \quad (2)$$

Com a obtenção da função de transferência foi projetado um controlador do tipo PI (Proporcional Integrativo). Com o software Simulink construiu-se e simulou-se o sistema de controle e, utilizando a ferramenta Tune, obtiveram-se os valores das constantes k_I e k_P ótimos para controle de velocidade. Sendo $k_I=3,63$ e $k_P=39,3$.

A implementação do controlador no Arduino, foi realizada de duas maneiras. A primeira utilizando a ferramenta Deploy to hardware do Simulink, que compila os diagramas de blocos para o microcontrolador, ferramenta ideal para os usuários que não possuem conhecimentos de programação. A segunda maneira foi programando manualmente o controlador e, para isto foi, utilizado a equação 3 que representa a lei de controle, obtida através da discretização tipo backward Euler das funções de tempo contínuo, e fazendo as devidas simplificações [5].

$$u[k] = u[k-1] + K_{pe}[k] - K_{pe}[k-1] + \frac{k_I T}{2} e[k] + \frac{k_I T}{2} e[k-1] \quad (3)$$

Para validação do controlador projetado, foi desenvolvido um sistema supervisor utilizando o software Labview que recebe os dados do controlador via serial ou via bluetooth e os armazena em arquivos do tipo txt para análises futuras no MATLAB. Esta interface torna possível avaliar o desempenho do controlador em ambientes nos quais o cadeirante possivelmente enfrentaria no uso diário da cadeira de rodas.

3. Resultados

Utilizando a interface desenvolvida realizou-se a comparação do sistema de controle feito no Simulink, e o sistema de controle programado manualmente em linguagem C para o Arduino. A comparação das respostas dos sistemas estão ilustradas na Figura 2.

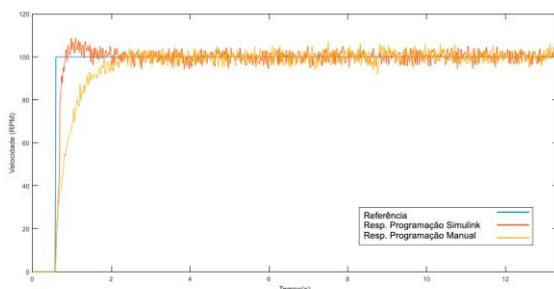


Figura 2 – Comparação da resposta dos métodos implementação do controle

Percebe-se que a resposta do sistema utilizando o Simulink possui um melhor desempenho do que a que utiliza a programação manual em linguagem C. Este desempenho superior deve-se provavelmente ao método de integração utilizado pelo Simulink na compilação de seu código, sendo este o *forwarder*.

Porém, a programação em linguagem C não teve um bom desempenho, podendo ser melhorada para projetos futuros utilizando outro método de integração. Além disso, percebeu-se que, utilizando o método de envio *Transparent Mode*, o controlador não teria um bom desempenho, pois este é diferente do *API*. Ele não faz empacotamento dos dados, o que causa perda de algumas informações no envio, resultando em instabilidade no sistema.

4. Conclusões

A telemetria por meio de módulos XBEE se mostrou uma grande ferramenta para o estudo de tecnologias assistidas, possibilitando que qualquer usuário que possua conhecimento básico no software Simulink, possa implementar estratégias de controle de forma rápida e intuitivamente utilizando os sinais da cinemática e dinâmica da cadeira de rodas.

5. Referências

- [1] IBGE. Censo Demográfico: Características gerais da população, religião e pessoas com deficiência. Rio de Janeiro, 2010.
- [2] Cooper, R. A., Ohnabe, H., & Hobson, D. A. (2007). An introduction to rehabilitation engineering. Boca Raton: Taylor & Francis.
- [3] Cuerva, V. I.; Ackermann, M.; Leonardi, F. A Comparison of different assistance strategies in power assisted wheelchairs using an optimal control formulation. In: MODELLING, Simulation and Identification IASTED. Campinas, São Paulo: IASTED, out. 2016. p. 97–102.
- [4] Cuerva, V. I.; Controle da Locomoção Assistida de Cadeiras de Rodas Manuais por meio do Controle de Impedância: análise via controle ótimo (dissertação – Mestrado), Centro Universitário FEI, São Bernardo do Campo, 2017.
- [5] Maya, P. A.; Leonardi, F., 2010. Controle Essencial – 1ª Edição, Pearson Prentice Hall do Brasil

Agradecimentos

À instituição Centro Universitário Fei pelo incentivo e investimento. Ao professor Fabrizio Leonardi que me orientou. Aos meus amigos, em especial à Equipe FEI Aerodesign e ao Samuel Monteiro Junior. À minha família, e principalmente a Deus, sem o qual eu não faria nada.

¹ Aluno de IC do Centro Universitário FEI, RA.:12.216.092-2. Projeto com vigência de mai/17 a mai/18.