



DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO DE TRAJETORIA DE UM ROBO DE ACIONAMENTO DIRETO POR CABOS

Palavras-Chave: ROBÔ-SCARA, MONITORAMENTO-DE-TRAJETORIA, CDDR.

Autores(as):

JOSÉ ALBERTO JARA QUINTANILLA, FCA – UNICAMP

Prof^(a). Dr^(a). JAIME HIDEO IZUKA, FCA – UNICAMP

INTRODUÇÃO:

O correto posicionamento do atuador de um braço robótico é fundamental para a utilização deste tipo de manipulador.

Este trabalho utiliza um manipulador do tipo Cable Direct Driven Robot (CDDR). Este é controlado por meio de cabos e possui um mecanismo similar a um braço scara passivo. As particularidades deste CDDR são a tensão dos cabos causada pela gravidade, dois graus de liberdade não redundantes e seu movimento em um plano vertical.

O sistema de monitoramento é composto por sensores, sistema de aquisição baseado na placa arduino e software. A verificação do posicionamento do atuador é feito através de potenciômetros acoplados às juntas do scara passivo e um acelerômetro na extremidade do braço. Encoders são instalados nos motores de passo utilizados no controle dos cabos e sua medição (rotação) é utilizada para o cálculo do posicionamento da extremidade do passo.

METODOLOGIA:

Inicialmente para realizar a análise dos dados gerados pelos sensores foi preciso construir um protótipo do CDDR funciona mostrado na Figura 1. A partir deste protótipo, foram feitas as análises e aplicações necessárias.

Para a construção do CDDR foi necessário levar muitos fatores em suma importância durante o seu planejamento, como o posicionamento dos sensores, motores, os o mecanismo de braço scara passivo do Robô e o peso na ponta do braço do Robô, que é responsável pela tensão nos cabos.

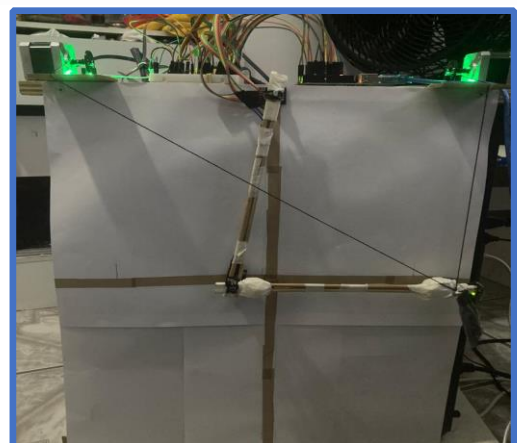


Figura 1 - Robô Scara (Autor)

Após a construção, começamos a realizar as conexões necessárias para o funcionamento dos sensores, utilizando uma ProtoBoard e um Arduino, foi possível conectar os 2 potenciômetros, 1 acelerômetro, 2 encoders, 2 motores e respectivos drives para a movimentação do Robo CDDR.

Inicialmente, a movimentação do CDDR foi modelada matematicamente e implementada no microcontrolador Arduino. Este modelamento levou em conta o fato da movimentação ser feita através dos cabos, que por sua vez, são acionados pelos motores de passo.

Os pontos utilizados no posicionamento do CDDR estão indicados em vermelho, na Figura 2. A origem do sistema de coordenadas utilizado está indicado por uma seta na Figura 2. Por sua vez, são acionados pelos motores de passo.

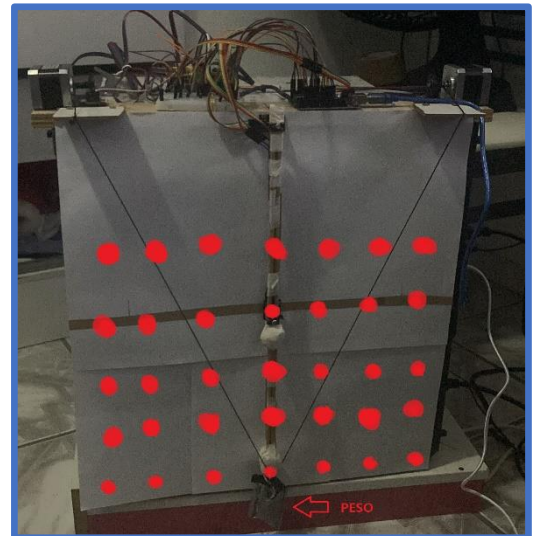


Figura 2 - Pontos de Estudo (Autor)

Desta forma, podemos observar as mesmas posições e comparar com os dados gerados pelos sensores.

Os dados coletados do monitor serial do Arduino podem ser observados na Figura 3.

```
COM4
Local G =      Y = 350      x = -3865
- cm/s 1 = 4.71
- cm/s 2 = 5.24
/ Posição do encoder 1: -1
Local X =      Y = -1480
      X = 15076
Local G =      Y = -364      x = -1303
- cm/s 1 = 1.05
- cm/s 2 = 2.62
/ Posição do encoder 1: 0
Local X =      Y = -2148
      X = 15428
Local G =      Y = -564      x = 1822
- cm/s 1 = 2.62
- cm/s 2 = 4.19
Local X =      Y = -1544
      X = 15860
Local G =      Y = 26      x = -1423
- cm/s 1 = 4.19
- cm/s 2 = 4.71
Local X =      Y = -2464
```

Figura 3 - Sensores

Vamos observar um exemplo da movimentação do Robô Scara e os valores dos obtidos a partir dos sensores, o robô Scara se movimentara para o ponto (x,y) : (3,0) saindo do ponto inicial (0,0) nas (Figuras 4 e 5).

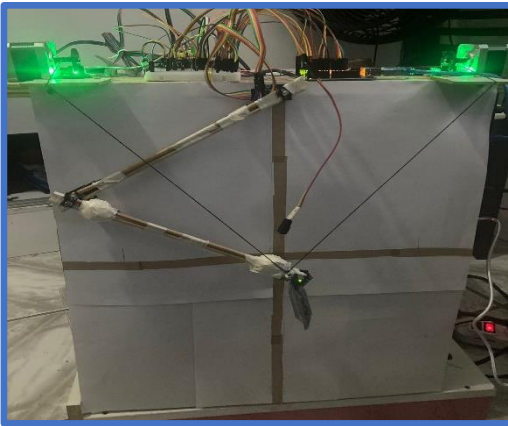


Figura 5 - Posição (3,0)

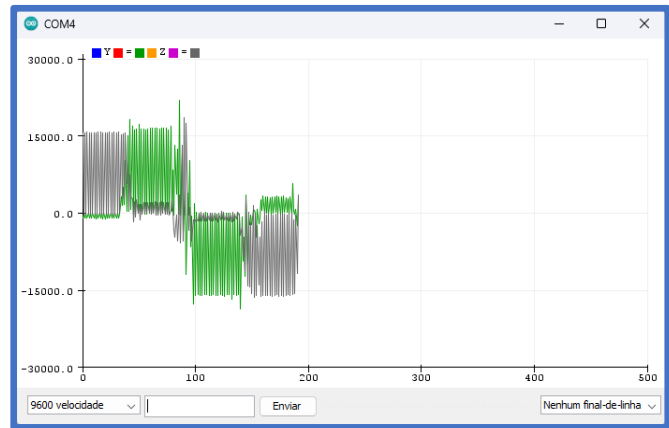


Figura 4 - Monitor Serial Posição (3,0)

A partir dos dados adquiridos pelo sistema de monitoramento, podemos comparar se existe alguma mudança na variação da posição quando ocorrer uma situação diferente, no nosso caso para estudar utilizaremos um aumento de carga(peso), para aumentar a tensão nos cabos assim criando uma variação na movimentação conseqüentemente não atingindo a posição desejada.

Para ter um maior controle do sistema de monitoramento do Robô CDDR e para a sua aplicação foi desenvolvido um software para computador.

Este software de monitoramento foi projetado com o intuito de analisar em tempo real os dados dos sensores, o movimento do Robô CDDR, realizar a comparação dos dados simulados ou base das posições pelos sensores, compará-los com o movimento a partir dos cabos, corrigir e salvar os dados para futuras análises em formato Excel. A interface desenvolvida é apresentada na Figura 6 abaixo.



Figura 6 - Dashboard

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A modelagem matemática (cinemática direta) do mecanismo scara passivo é necessário para definir a posição da extremidade do atuador a partir das entradas dos potenciômetros resistivos. Da mesma forma, foi necessário definir a relação entre o comprimento dos cabos, obtido através do encoder e diâmetro do eixo do motor, e posição do atuador. As entradas do acelerômetro (aceleração) precisam ser integradas até se chegar no valor numérico relativo a posição.

Os dados apresentados pelo software mostram que os três sensores indicaram corretamente o posicionamento da extremidade do mecanismo scara passivo.

Verificou-se uma limitação da área de trabalho do manipulador relacionado com a massa (força peso vertical). Massas muito pequenas, menores que a massa do mecanismo scara passivo e cabos, acarretam em uma baixa tensão nos cabos, fazendo que algumas posições não puderam ser alcançadas.

Verificou-se também uma grande influência da variação do diâmetro causado pelo “enrolamento” dos cabos na polia/eixo do motor.

CONCLUSÕES:

O Robô Scara apresentou uma alta relação entre a carga útil e o peso do sistema, uma grande área de trabalho, a redução da tendência de movimentação fora do plano, a resistência ao momento do atuador final, um baixo custo de construção e aparentemente também reduz bastante a vibração gerada pelos motores não afetam a posição das coordenadas durante a movimentação.

Os resultados obtidos a partir do Potenciômetros Rotativos não foram muito favoráveis pois exista um pouco de limitação, quando era utilizado para medir a posição.

A correção foi satisfatória não levando em conta o uso da memória local do Arduino, as vantagens em utilizar esta abordagem está relacionada na representação dos dados obtidos, ou seja, a mesclagem dos dados obtendo uma melhor resolução para comparação, a confiabilidade por meio da quantidade de sensores. A completude foi demonstrada através do dashboard do software onde podemos observar todos os dados ao mesmo tempo assim podemos ter uma visão mais abrangente.

BIBLIOGRAFIA

FIGUEROA, P. J.; LEITE, N. J.; BARROS, R. M. **A flexible software for tracking of markers used in human motion analysis**. *Comput Methods Programs Biomed.* 2003 Oct;72(2):155-65.

FUNG, M. L.; CHEN, M. Z. Q.; CHEN, Y, H. **Sensor Fusion.Sensor fusion A review of methods and applications**. A Review of Methods and Applications. Cham: Department of Mechanical Engineering, University of Hong Kong AG, 2017.

GAN, Q.; Harris, C. J. **Comparison of two measurement fusion methods for Kalman-filter-based multisensor data fusion**. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, vol. 37, no. 1, pp. 273-279, Jan 2001.

GOUTTEFARDE, M.; BRUCKMANN, T.; POTT, A. **Proceedings of the 5th International Conference on Cable Driven Parallel Robots**. In: CABLECON: CABLE DRIVEN PARALLEL ROBOTS, 2021. Mechanics and Machine Science . Cham: Springer International Publishing AG, 2021. p. 13-23.

LAURENCE, L. C. **Skycam: an aerial robotic camera system**. Revista Byte Mag 10:122–132. 1985.

LEE, J.; HA, I. **Sensor fusion and calibration for motion captures using accelerometers**. **Proceedings 1999 IEEE International Conference on Robotics and Automation (Cat. No.99CH36288C)**, 1999, pp. 1954-1959 vol.3.

MARTINELLI, A.; RENZAGLIA, A. **Cooperative Visual-Inertial Sensor Fusion: Fundamental Equations**. **International Symposium on Multi-Robot and Multi-Agent Systems (MRS) LA, USA**, December 4-5, 2017.

QIAN, S.; ZI, BIN.; SHANG, W.; XU, Q. **A Review on Cable-driven Parallel Robots** . Chin. J. Mech. Eng. 31, 66 (2018).

SADI, F.; KLUKAS, R. **New jump trajectory determination method using low-cost MEMS sensor fusion and augmented observations for GPS/INS integration**. Cham: Springer-Verlag, 2012.

SPAULONCI, P. B. **ANÁLISE MODAL DE ROBÔS PARALELOS HÍBRIDOS ACIONADOS POR CABOS**. XXIX Congresso de Iniciação Científica da Unicamp. Campinas, 2021.

SPAULONCI, P. B. **Numerical modelling of Hybrid Cable-Driven Parallel Robots**. XXVIII Congresso de Iniciação Científica da Unicamp. Campinas, 2020.

TREVISANI, A.; GALLINA, P.; WILLIAMS II, R. L. **Cable-Direct-Driven Robot (CDDR) with Passive SCARA Support: Theory and Simulation**. Journal of Intelligent & Robotic Systems, Julho 2006. n. 46, p. 73-94.

VARANIS, M.; SILVA, A.; MERELES, A. et al. **MEMS accelerometers for mechanical vibrations analysis: a comprehensive review with applications**. J Braz. Soc. Mech. Sci. Eng. 40, 527 (2018).

SASIADEK, J. Z. Annual Reviews in Control; **SENSOR FUSION**. Department of Mechanical & Aerospace Engineering, Carleton University. Annual Reviews in Control 26, 2002. p. 203-228.

TREVISANI, A. **Underconstrained planar cable-direct-driven robots: A trajectory planning method ensuring positive and bounded cable tensions**. Elsevier. Mechatronics, v. 20, p. 113-127, 2010.