



CRICTE 2017

XXVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia



CONSTRUÇÃO E MODELAGEM CINEMÁTICA DE UM PROTÓTIPO DE GARRA ROBÓTICA

Mônica Raquel Alves

Bolsista de iniciação científica PROBIC/FAPERGS - UNIJUI

E-mail: www.monicaalves@hotmail.com

Rafael Castoldi de Souza

Acadêmico do curso de Engenharia Mecânica- UNIJUI

E-mail: rafaelcastoldi@live.com

Antonio Carlos Valdiero

Professor Doutor do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias e Orientador; Líder do grupo de pesquisa “Projeto em Sistemas Mecânicos, Mecatrônica e Robótica”

E-mail: valdiero@unijui.edu.br

Roberta Georgen

Doutoranda em Modelagem Matemática.

E-mail: betinhamtm@gmail.com

Antonio Luis Rasia

Professor Doutor do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias.

E-mail: rasia@unijui.edu.br

Resumo. Este trabalho apresenta os resultados obtidos na construção e modelagem cinemática de um protótipo de manipulador robótico do tipo antropomórfico. A modelagem cinemática de robôs trata da relação matemática entre as variáveis das juntas robóticas e a posição e a orientação do efetuador final (garras robóticas ou ferramentas), a qual é muito importante para o planejamento da tarefa a ser realizada pelo robô, sua programação e seu controle. A garra desenvolvida é composta por três graus de liberdade, todas as suas juntas (3R) são rotativas de movimento de translação. O objetivo é construir por meio eletrônico a maquete de uma garra robótica do tipo antropomórfico, e a partir dela elaborar a modelagem cinemática utilizando o sistema de referência de acordo com a convenção de Denavit-Hatenberg. Como resultados apresenta-se a maquete elaborada com o desenho esquemático dos sistemas de referência e sua cinemática. A proposta

contribui de forma simples, barata e prática para a solução dos problemas quanto a disposição do efetuador final em manipuladores, facilitando desta forma o entendimento dos graus de liberdade, tipo de movimento, tipos de juntas, definição dos sistemas de referência e verificação do resultado da modelagem, já que muitas vezes o protótipo industrial de um manipulador robótico não está disponível.

Palavras-chave: Manipulador robótico. Garra robótica. Modelagem cinemática.

1. INTRODUÇÃO

Segundo Alves *et al.*[1] na sociedade atual existem tarefas em lugares difíceis à ação humana, arriscadas e até mesmo impossíveis, como no fundo do mar ou na imensidão do espaço. Para executá-las de forma segura, são necessários dispositivos mecatrônicos como, por exemplo, um robô. O projeto de um robô manipulador é

interdisciplinar e envolve a utilização de conhecimentos de várias áreas, como a área da engenharia mecânica que fornece metodologias para o estudo de estruturas e mecanismos em situações estáticas e dinâmicas. De acordo com Missiaggia [2], a estrutura mecânica de um manipulador é constituída de corpos rígidos, conectados a juntas, que conferem movimentos relativos entre elos adjacentes. De acordo com o tipo de junta ligada ao elo, obtêm-se uma diferente estrutura serial, proporcionam diferentes espaços e volumes de trabalho do efetuador final, os manipuladores robóticos podem apresentar diferentes anatomias em relação à cadeia cinemática, as quais variam conforme seus tipos de juntas e o número de elos. Dependendo do número de elos e do tipo das juntas de um manipulador robótico, obtêm-se o espaço de trabalho que é definido como o conjunto de pontos onde se pode posicionar o efetuador final (garra robótica ou ferramenta).

2. METODOLOGIA

O projeto foi desenvolvido no Núcleo de Inovação em Máquinas Automáticas e Servo Sistemas (NIMASS) da UNIJUÍ, Campus Panambi. Partindo de um levantamento de dados e informações a respeito das necessidades e das funcionalidades que o desenvolvimento do manipulador alcançaria. Foi elaborada a maquete eletrônica da garra robótica no software Solidworks2016, baseado no projeto conceitual conforme proposto por Valdiero [3] em metodologia de projeto de máquinas.

Partindo disto foi desenvolvida a metodologia de sistema de referência para manipuladores robótico baseados na convenção de Denavit-Hatenberg (D-H) conforme descrito na literatura de Sciavicco e SicilianoI [4].

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como resultados tem-se uma maquete eletrônica em escala reduzida o que facilita o entendimento dos graus de liberdade, tipo de movimento, tipos de juntas, definição dos sistemas de referência e verificação do resultado da modelagem dos principais tipos de estruturas cinemáticas de robôs industriais. O primeiro passo descrito por essa metodologia é identificar os Elos e juntas, o Elo 0 é o elo fixo (base) e não possui movimento. O segundo passo é a escolha dos sistemas de referência convencionado a partir de Denavit-Hatenberg (D-H) onde:

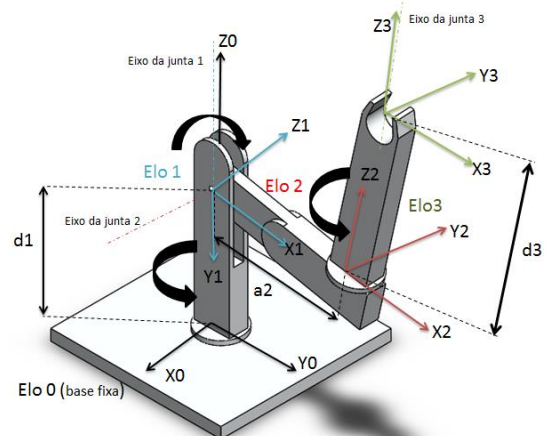
- Em cada junta i representa-se o eixo Z_{i-1} .
- Na normal comum entre Z_{i-1} e Z_i representa-se o eixo X_i , onde X_0 é livre.
- Representa-se cada eixo Y_i através da regra da mão direita.

O terceiro passo caracteriza-se por determinar os parâmetros de D-H onde:

- a_i - é a distancia entre os eixos Z_{i-1} e Z_i na normal comum.
- d_i - é a coordenada medida ao longo do eixo Z_{i-1} que representa a posição de X_i em relação à X_{i-1} .
- α_i - é o ângulo entre os eixos Z_{i-1} e Z_i em torno do eixo X_i .
- θ_i - é o ângulo entre X_{i-1} e X_i em torno do eixo Z_{i-1}

Os passos descritos até o momento podem ser observados na fig. 2.

Figura 2. Maquete eletrônica do manipulador Antropomórfico com os sistemas de referência e parâmetros convencionados.



Através dos das informações obtidas da leitura da fig.2 tem-se então a tabela 1 com os parâmetros de D-H.

Tabela1. Parâmetros de D-H

Elo _i	a _i	α _i	θ _i
1	0	-90°	θ ₁
2	a ₁	90°	θ ₂
3	0	0	θ ₃

O quarto passo trata do cálculo das matrizes de transformação homogênea, conforme proposto pela ref. [4], que relaciona o movimento de um elo i e relação ao anterior i-1. A matriz de transformação homogênea na sua forma geral é dada pela Eq (1).

$$A_i^{i-1} = \begin{bmatrix} c\theta_i & -s\theta_i \cdot c\alpha_i & s\theta_i \cdot s\alpha_i & a_i \cdot c\theta_i \\ s\theta_i & c\theta_i \cdot c\alpha_i & -c\theta_i \cdot s\alpha_i & a_i \cdot s\theta_i \\ 0 & s\alpha_i & c\alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

De acordo com Behnen [5] a partir da aplicação da equação da matriz de transformação homogênea para cada elo móvel e a sua adequada combinação num produto à esquerda, obtém-se as equações de cinemática direta. Faz-se necessário realizar as substituições dos valores dos parâmetros da tabela 1 na equação (1) para cada elo móvel. Assim obtém-se as matrizes de Transformação Homogênea, representadas nas Eq. (2), (3) e (4), para cada elo móvel do robô antropomórfico.

$$A_1^0 = \begin{bmatrix} c\theta_1 & 0 & -s\theta_1 & 0 \\ s\theta_1 & 0 & c\theta_1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$A_2^1 = \begin{bmatrix} c\theta_2 & 0 & s\theta_2 & a_2 \cdot c\theta_2 \\ s\theta_2 & 0 & -c\theta_2 & a_2 \cdot s\theta_2 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$A_3^2 = \begin{bmatrix} c\theta_3 & -s\theta_3 & 0 & 0 \\ s\theta_3 & c\theta_3 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & d_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Posteriormente, calcula-se a Matriz de Transformação Homogênea que relaciona o sistema de coordenadas do efetuador final com o sistema de coordenadas do elo zero (base fixa). Assim tem-se as Equações (5) e (6).

$$T_3^0 = (A_1^0 \cdot A_2^1) \cdot A_3^2 \quad (5)$$

$$T_3^0 = \begin{bmatrix} (c\theta_1 \cdot c\theta_2) \cdot c\theta_3 - (s\theta_1 \cdot c\theta_2) \cdot s\theta_3 & -s\theta_1 \cdot c\theta_3 - s\theta_3 \cdot c\theta_1 & (c\theta_1 \cdot s\theta_2) \cdot c\theta_3 - (s\theta_1 \cdot s\theta_2) \cdot s\theta_3 & (c\theta_1 \cdot a_2 \cdot c\theta_2) \cdot c\theta_3 - (s\theta_1 \cdot a_2 \cdot c\theta_2) \cdot s\theta_3 \\ (c\theta_1 \cdot c\theta_2) \cdot s\theta_3 + (s\theta_1 \cdot c\theta_2) \cdot c\theta_3 & -s\theta_1 \cdot s\theta_3 + c\theta_3 \cdot c\theta_1 & (c\theta_1 \cdot s\theta_2) \cdot s\theta_3 + (s\theta_1 \cdot s\theta_2) \cdot c\theta_3 & (c\theta_1 \cdot a_2 \cdot c\theta_2) \cdot s\theta_3 + (s\theta_1 \cdot a_2 \cdot c\theta_2) \cdot c\theta_3 \\ s\theta_1 \cdot c\theta_3 - s\theta_3 & c\theta_3 & s\theta_1 \cdot s\theta_2 + c\theta_2 & s\theta_1 \cdot a_2 \cdot c\theta_2 - a_2 \cdot s\theta_2 + d_1 + d_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

Determinam-se as equações da cinemática direta a partir da equação (6), tendo-se assim o sistema de equações (7), que representa a posição do efetuador final, nas componentes nas direções das coordenadas x0, y0 e z0 em função dos parâmetros de D-H e do valor das variáveis de junta.

$$\begin{aligned} p_x &= (c\theta_1 \cdot a_2 \cdot c\theta_2) \cdot c\theta_3 - (s\theta_1 \cdot a_2 \cdot c\theta_2) \cdot s\theta_3 \\ p_y &= (c\theta_1 \cdot a_2 \cdot c\theta_2) \cdot s\theta_3 + (s\theta_1 \cdot a_2 \cdot c\theta_2) \cdot c\theta_3 \quad (7) \\ p_z &= s\theta_1 \cdot a_2 \cdot c\theta_2 - a_2 \cdot s\theta_2 + d_1 + d_3 \end{aligned}$$

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil. Os autores também são agradecidos à FAPERGS, CNPq e UNIJUÍ pelas bolsas de iniciação científica e desenvolvimento tecnológico, à UNIJUÍ e ao FINEP pelo apoio na complementação do Núcleo de Inovação em Máquinas Automáticas e Servo Sistemas (NIMASS), por meio da Chamada Pública MCTI/FINEP/CT-INFRA - PROINFRA - 02/2014 - Equipamentos Multiusuários, Ref.: 0141/16 (Protocolo Eletrônico: 124), com a liberação de recursos para compra de

equipamentos para construção de protótipos para pesquisas de mestrado e doutorado.

REFERÊNCIAS

- [1] ALVES, M. R.; BEHNEN, V. L.; GOERGEN, R.; RITTER, D.; RASIA, L. A.; VALDIERO, A. C. **Mecatrônica como objeto de interação entre o curso de engenharia mecânica e o mestrado/doutorado em modelagem matemática**. Anais: VI Seminário de Inovação e Tecnologia. Panambi: 2016.
- [2] MISSIAGGIA, L. **Planejamento Otimizado de Trajetória para um Robô Cilíndrico com Acionado Pneumaticamente**. Dissertação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.
- [3] VALDIERO, A. C. **Inovação e desenvolvimento do projeto de produtos industriais**. Ijuí: UNIJUÍ, 1997. Programa de incentivo à produção docente: Coleção Cadernos Unijuí - Série Tecnologia Mecânica n. 2.
- [4] SCIAVICCO, L; SICILIANO, B; **Modeling and control of robot manipulators**. Naples: McGraw-Hill, 1996.
- [5] BEHNEN, V. L.; GOERGEN, R.; RITTER, D.; ALVES, M. R.; RASIA, L. A.; VALDIERO, A. C. **Estudo dos tipos de estruturas mecânicas de robôs e suas aplicações**. Anais: IX Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, 2016, FORTALEZA. Anais do CONEM 2016.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresenta o projeto e construção de um protótipo de robô Antropomórfico assim como sua modelagem. O projeto realizado em escala reduzida visa atender a necessidade de melhor visualização dos aspectos de movimento, tipos de juntas e elos de um robô. Contemplando desta forma uma correta modelagem cinemática do manipulador apresentado. A modelagem cinemática é obtida a primeiramente pela

representação do robô, em que a partir destes pode ser construída uma tabela com as determinações dos parâmetros do robô baseado em dados da convenção de Denavit-Hatenberg. As equações da cinemática são importantes para fins de planejamento de trajetória, simulação computacional e controle de posição do robô. Para concluir o presente trabalho trata de maneira direta da relação entre os aspectos de um robô e seu modelo matemático, desta forma o mesmo contribui com pequenos avanços no âmbito da tecnologia de robôs.