

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA

TEC469 FUNDAMENTOS DE ROBÓTICA

RELATÓRIO TÉCNICO DO SEGUNDO PROBLEMA

Gustavo Henrique, Jhone Mendes, Matheus Teixeira

Tutor: Anfranserai Morais Dias

1 INTRODUÇÃO

Com a ampliação da fábrica na Bahia, a Cerâmica Cacos Inc. necessita da implementação de um manipulador robótico para o empilhamento dos produtos resultantes do setor de acabamento. Onde esta manufatura deve ser posta em paletes de armazenamento, para posterior transporte. Logo o manipulador deve ser capaz de recolher os objetos na esteira e posiciona-los no local de armazenamento.

2 MANIPULADOR

2.1 ESQUEMÁTICO DA ESTRUTURA

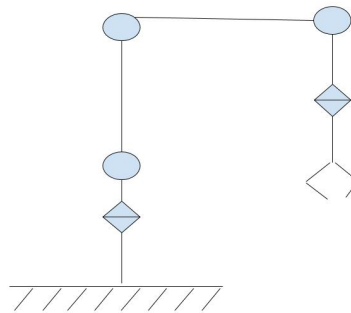


Figura 1 – Esquemático do manipulador

Esse esquema (Fig:1) é utilizado para a definição dos parâmetros do cálculo da cinemática do movimento do manipulador robótico e do manipulador virtual.

2.2 PARÂMETROS DE DENAVIT-HARTENBERG

Os parâmetros de Denavit-Hartenberg é um esquema genérico para a descrição da cinemática de robôs(CRAIG, 2005).

Esse método ajuda muito na construção dos parâmetros da cinemática do manipulador, porém tem-se algumas limitações, que são as seguintes:

- Somente para cadeias cinemáticas abertas de corpos rígidos;
- Cada junta apresenta um único grau de liberdade de translação ou rotação;
- Os diferentes elos do robô são numerados em ordem crescente (Base = Elo 0 e Ferramenta = Elo N);
- Convenção rigorosa para a definição dos sistemas de coordenadas adotados, como também para as coordenadas de posição e orientação.

Tomando conhecimento das limitações que o modelo impõe e sabendo que temos um manipulador de corpo rígido, no qual, a primeira limitação é referente à estrutura física do componente. E como as outras limitações só controlam a numeração de cada elo de grau único com a determinação do sistema de coordenadas.

Estabelecido então estes parâmetros podemos dividir-o em 8 passos:

1º Passo:

- Numerar os corpos do mecanismo, à partir da base $\rightarrow 0$, 1º Corpo Móvel $\rightarrow 1$;
- Identificar os eixos de movimento e representá-los como linhas inf.;
- Determinar o sentido de movimento positivo e nomeá-lo como eixo Z_{i-1} ;

2º Passo:

- Encontrar o eixo perpendicular a Z_i e Z_{i-1} ;
- O eixo X_{i-1} encontra-se na direção deste eixo;

3º Passo:

- O eixo y_{i-1} é obtido po produto vetorial(regra da mão direita);

4º Passo:

- a_{i-1} : distância ao longo de X_{i-1} , de Z_{i-1} a Z_i ;

5º Passo:

- a_{i-1} : ângulo entre Z_i e Z_{i-1} , com orientação positiva baseada no sentido anti-horário;

6º Passo:

- d_i : distância entre X_i a X_{i-1} ao longo de Z_i , Orientação dada por Z_i ;

7º Passo:

- θ_i : ângulo entre X_i a X_{i-1} em torno de Z_i com orientação positiva baseada no sentido anti-horário;

8º Passo:

- Obter a matriz de transformação;

$${}^{i-1}r_P = {}_i^{i-1}T \cdot {}^i r_P \quad (1)$$

Portanto é definido a seguinte equação:

$${}_i^{i-1}T = \text{Trans}(x_{i-1}, a_{i-1}) \cdot \text{Rot}(x_{i-1}, \alpha_{i-1}) \cdot \text{Trans}(Z_i, d_i) \cdot \text{Rot}(Z_i, \theta_i)$$

- Translação em X_{i-1}
- Rotação em X_{i-1}
- Translação em Z_{i-1}
- Rotação em Z_i

Partindo dessa definição dos parâmetros de Denavit-Hartenberg (CRAIG, 2005) obtemos a seguinte matriz genérica de transformação homogênea:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & a_{i-1} \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & c(\alpha_{i-1}) & -s(\alpha_{i-1}) & 0 \\ 0 & s(\alpha_{i-1}) & c(\alpha_{i-1}) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c(\theta_i) & -s(\theta_i) & 0 & 0 \\ s(\theta_i) & c(\theta_i) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Agora utilizando da equação (1), temos a seguinte matriz homogênea genérica:

$$\begin{bmatrix} \cos(\theta_i) & -\sin(\theta_i) & 0 & a_{i-1} \\ \sin(\theta_i)\cos(\alpha_{i-1}) & \cos(\theta_i)\cos(\alpha_{i-1}) & -\sin(\alpha_{i-1}) & -\sin(\alpha_{i-1})d_i \\ \sin(\theta_i)\sin(\alpha_{i-1}) & \cos(\theta_i)\sin(\alpha_{i-1}) & \cos(\alpha_{i-1}) & \cos(\alpha_{i-1})d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

2.3 MATRIZES DE TRANSFORMAÇÃO DE ELO

$$\begin{bmatrix} \cos(\theta_1) & -\sin(\theta_1) & 0 & 0 \\ \sin(\theta_1) & \cos(\theta_1) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Matriz: 0T_1

$$\begin{bmatrix} \cos(\theta_2) & -\sin(\theta_2) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ \sin(\theta_2) & \cos(\theta_2) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Matriz: 1T_2

$$\begin{bmatrix} \cos(\theta_3) & -\sin(\theta_3) & 0 & 15,5 \\ \sin(\theta_3) & \cos(\theta_3) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Matriz: 2T_3

$$\begin{bmatrix} \cos(\theta_4) & -\sin(\theta_4) & 0 & 15,5 \\ \sin(\theta_4) & \cos(\theta_4) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Matriz: 3T_4

$$\begin{bmatrix} \cos(\theta_5) & -\sin(\theta_5) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0-4 \\ \sin(\theta_4) & \cos(\theta_4) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Matriz: 4T_5

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Matriz: 5T_6

$$\begin{bmatrix} T_{11} & T_{12} & T_{13} & T_{14} \\ T_{21} & T_{22} & T_{23} & T_{24} \\ T_{31} & T_{32} & T_{33} & T_{34} \\ T_{41} & T_{42} & T_{43} & T_{44} \end{bmatrix}$$

Matriz: 0T_6

2.4 CONCLUSÃO



Figura 2 – Imagem do modelo 3D

A implementação do sistema de controle do manipulador e do supervisor foram aplicadas. O supervisor é responsável pelo movimento do manipulador, onde cada posição é feita utilizando o teclado, com a seguinte configuração:

2.4.1 Movimento

Base:

Movimento para o lado direito - Seta para direita.

Movimento para o lado esquerdo - Seta para esquerda.

Braço:

Movimento para cima - Seta para cima.

Movimento para baixo - Seta para baixo.

Antebraço:

Movimento para cima - Tecla "w".

Movimento para baixo - Tecla "s".

Pulso Horizontal:

Movimento para cima - Tecla "e".

Movimento para baixo - Tecla "d".

Pulso Vertical:

Movimento para direita - Tecla "r".

Movimento para esquerda - Tecla "f".

Ferramenta:

Abrir - Tecla "t".

Fechar - Tecla "g".

2.4.2 Controle

Comunicação:

Iniciar e finalizar comunicação - Tecla "z".

Operações:

Gravar posição - Tecla "p".

Executar operações gravadas - Tecla "o".

Mover-se para a posição inicial - Tecla "x".

Sincronizar com o modelo 3D - Tecla "m".

Foi definido também que o modelo só volta a se movimentar pelas teclas de controle de movimento a partir do momento no qual o manipulador é sincronizado com o modelo 3D. Portanto, caso a comunicação seja finalizada (pressionando a tecla "z"), o manipulador só irá mover-se em conjunto com o modelo, quando o braço for sincronizado (pressionando a tecla "m") com a posição atual apresentada no supervisor.

O modelo 3d foi modelado utilizando o Blender 2.79, released September 12th, 2017. O controle deste modelo e a comunicação serial entre o supervisor e o manipulador foi implementado utilizando o engine de jogos Unity 2017.2.

REFERÊNCIAS

CRAIG, J. J. *Introduction to robotics: mechanics and control*. [S.l.]: Pearson Prentice Hall Upper Saddle River, 2005. v. 3. Citado 2 vezes nas páginas [1](#) e [3](#).