

ES827 – Robótica Industrial

Pedro Henrique Limeira da Cruz

March 19, 2024

Contents

1 **Conceitos Iniciais** 3

 1.1 Classificação: Geometria 3

2 **Movimentação de Corpos Rígidos e Transformações Homogêneas** 4

 2.1 Introdução 4

 2.2 Representação de Posição 4

 2.3 Representação de Rotação 4

1 Conceitos Iniciais

De forma geral, os Robos podem vir de diferentes formas, tamanho, natureza, etc. A fim de facilitar o estudo dos diferentes tipos de robos existentes, algumas categorias foram criadas, cada uma baseando-se em um aspecto distinto, sendo as duas principais baseadas em:

- Método de controle: Levando em consderação qual o tipo de controle empregado no robo, nós podemos qualifica-los em "servo robos", aqueles que utilizam uma malha fechada, e os chamados "não servo", que utilizam malha aberta, através de limitadores físicos somente, e que são utilizados muito mas em transferência de matéria do que processo refinados.
- Geometria: Os robos também podem ser dvididos e estudados no que diz respeito a quantidade e ao tipo de juntas (joints) que o robô possui, tópicos que iremos nos aprofundar a seguir.

1.1 Classificação: Geometria

De forma geral, os robos podem ser caracterizados pela quantidade de articulações que ele tem (por sua estreita relação com a quantdade de Graus de liberdade que isso lhe proporciona). Essa questão de quantidade de graus de liberdade, entretanto, vai ser abrodada mais para frente, e iremos focar, no momento, nos *tipo* de juntas que podem existir em um robô, sendo elas:

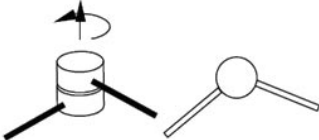
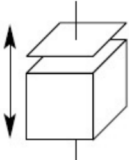
Nome	Representação	Descrição
Junta Rotacional		Vetorialmente representada pelo vetor normal à face de rotação (análogo ao vetor que representa torque/momento).
Junta Prismática		Representada por uma face uma projetada e seta bi-direcional para representar o movimento de ida e volta.

Table 1: Tipos de Juntas

A partir do conhecimento dos tipos de articulações possíveis, um robô/manipulador é geralmente classificado cinematicamente a partir das três primeiras articulações que possui, sendo as principais topologias:

- RRR
- RRP
- RPP
- PPP

2 Movimentação de Corpos Rígidos e Transformações Homogêneas

2.1 Introdução

De modo geral, posições, deslocamentos e pontos de interesse, no campo de Robótica, são representados através de vetores e diferentes sistemas de coordenadas (e.g path planning, localização, entre outros).

Levando isso em consideração, saber utilizar, interpretar e operar com vetores e sistemas de coordenadas é de suma importância, e veremos diversos tópicos sobre.

2.2 Representação de Posição

O elemento mais básico em um sistemas de coordenadas é um ponto (representado por um vetor indo da origem do sistema de coordenadas até o ponto de interesse), que no nosso caso representa uma posição. Em um sistema de 3 dimensões (x, y, z) , o ponto será representado através de um vetor 3×1 , como o exemplo abaixo:

$$p^0 = \begin{bmatrix} 5 \\ 6 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

No exemplo acima, nós podemos observar a primeira notação que nos auxilia na interpretação e análise de problemas que possui vários pontos e, mais importante, vários sistemas de coordenadas:

Note:-

A fim de evitar a confusão durante a análise de problemas com vários referenciais, é utilizado a notação de sobrescrito no nome do vetor (no caso abaixo p^α e p^β) a fim de explicitar em relação a qual sistemas de coordenadas aquele ponto/vetor se refere.

$$\underbrace{p^\alpha = \begin{bmatrix} 5 \\ 6 \\ 0 \end{bmatrix}}_{\text{Ponto } p \text{ no Referencial } \alpha} \quad \underbrace{p^\beta = \begin{bmatrix} -2.8 \\ 4.2 \\ 0 \end{bmatrix}}_{\text{Mesmo Ponto } p, \text{ mas no Referencial } \beta}$$

Além disso, é importante ressaltar que para qualquer tipo de operação envolvendo vetores, é necessário que todos estejam no mesmo sistema cartesiano, por isso a notação acima é útil, pois todos os vetores precisam ter o sobrescrito igual (e.g. p^α e r^α).

2.3 Representação de Rotação

Em problemas de robótica, é comum lidarmos com vários corpos rígidos (por exemplo várias partes de um braço robótico), e para fazermos isso, nós fixamos diferentes sistemas de coordenadas em cada um (todos tendo origens definidas a partir de um sistemas de coordenadas "universal"). Isso nos possibilita estudar cada membro de forma independente, resultando em problemas menores de serem analisados.

Tais corpos rígidos (que nada mais são do que vetores em seus respectivos sistemas de coordenadas) podem sofrer movimentações, sendo a mais simples delas a rotação. Quando nós dizemos que um dos corpos rotacionou, nós podemos pensar tanto que ele rotacionou em relação ao seu próprio sistemas de coordenadas, ou que todo o sistema de coordenadas rotacionou em relação a outro sistema de coordenadas, mas que o vetor que representa o corpo rígido, em relação ao seu sistema de coordenadas, continuou fixo (como podemos ver pela imagem abaixo).

A fim de padronizar e facilitar o entendimento, nós iremos interpretar que a rotação é do sistema de coordenadas como um todo, em um ângulo θ em relação a outro sistema de coordenadas (podendo ser ou não em relação ao sistema de coordenadas fixo).

A forma na qual nós representamos isso é através da **Matriz de Rotação**. Existem 3 matrizes de rotação, cada uma considerando um dos eixos principais do sistemas de coordenadas j como o eixo de rotação, sendo elas:

$$R_i^j|_{z,\theta} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad R_i^j|_{x,\theta} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & -\sin \theta \\ 0 & \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \quad R_i^j|_{y,\theta} = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 & \sin \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \theta & 0 & \cos \theta \end{bmatrix} \quad (2)$$

De forma análoga a representação utilizada para vetores em diferentes sistemas de coordenadas, para a rotação nós representamos o sistema que sofreu a rotação no subscrito e o sistema de referência para a rotação no superscript.

Note:-

potato

Example 2.1 (potatopudim)

a