ROBÓTICA E AUTOMAÇÃO

Raphael Barros Parreira

1 Controle Cinemático de Manipuladores

1.1 Controle

De acordo com a tabela de Denavit Hartenberg Standard, o manipulador Antropomórfico 6R possui um punho equivalente a um punho esférico, cujo tamanho dos elos é 0. Isto significa que as 3 últimas juntas não influenciam na posição do efetuador. O objetivo deste exercício é controlar a posição do efetuador dados 3 trajetórias, e nada é pedido em relação à orientação do manipulador. Portanto iremos trabalhar com um sistema reduzido em que apenas as 3 primeiras juntas serão controladas (as outras três juntas permanecerão na posição ready).

No controle cinemático assume-se que a velocidade do manipulador é a variável manipulada.

$$J = \begin{bmatrix} J_p \\ J_o \end{bmatrix} \qquad \begin{bmatrix} \vec{v} \\ \vec{\omega} \end{bmatrix} = J\dot{\theta} = Ju = \begin{bmatrix} J_p u \\ J_o u \end{bmatrix}$$

$$u = \begin{bmatrix} u_{13} \\ u_{46} \end{bmatrix} \qquad J_p = \begin{bmatrix} J_{p13} & J_{p46} \end{bmatrix}$$

$$\vec{v} = J_{p13}u_{13} + J_{46}u_{46}$$

Como as dimensões dos últimos 3 elos são 0, o J_{p46} será sempre $\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}^T$, portanto trabalharemos com um sistema reduzido com J_{p46}. Também é preciso escolher uma base para expressar os vetores. Como a trajetória desejada é descrita no sistema inercial, o sistema também será descrito no sistema inercial.

$$\vec{v} = \dot{\vec{x}} = J_{p13}u_{13}$$

Escolhendo trabalhar no sistema inercial teremos:

$$(\vec{v})_0 = v = \dot{x} = (J_{p13})_0 u_{13}$$

Pelo enunciado é preciso realizar o controle com duas formulações para u_{13}, uma que use o inverso de J_{p13} e outro com a transposta de J_{p13}.

$$u_1 = (J_{p13})_0^{-1}\bar{u} = (J_{p13})_0^{-1}(\dot{x}_d + K(x_d - x))$$

$$u_2 = (J_{p13})_0^{T}\bar{u} = (J_{p13})_0^{T}(\alpha\dot{x}_d + K(x_d - x))$$

Justificativa para u_2 com $\alpha \neq 0$? Não consegui encontrar uma função de Lyapunov que garanta $\dot{V} \leq 0$. Podemos provar que u_2 torna o sistema assintoticamente estável para o caso em que a trajetória desejada é uma constante ($\alpha = 0$), mas como as trajetórias desejadas do enunciado são variantes no tempo não podemos garantir $\dot{V} \leq 0$, ou seja, u_2 com $\alpha = 0$ não consegue zerar o erro para as trajetórias desejadas. No caso da trajetória constante temos:

$$
\begin{gathered}
2V = e^T e \\
\dot{V} = e^T \dot{e} = e^T(\dot{x}_d - \dot{x}) = e^T(\dot{x}_d - (J_{p13})_0 u) = \\
= e^T(\dot{x}_d - (J_{p13})_0 (J_{p13})_0^T (\alpha \dot{x}_d + Ke)) \\
\dot{x}_d = 0 \implies \dot{V} = -e^T (J_{p13})_0 (J_{p13})_0^T K e = -K(e^T (J_{p13})_0)(e^T (J_{p13})_0)^T \\
\dot{V} \leq 0
\end{gathered}
$$

Para verificar os resultados obtidos pelas multiplicações da questão 6. Foi usada a função *SerialLink.jacob0*. Os resultados estão na figura 7.

As duas figuras mostram que os resultados obtidos não estão corretos.

Figure 1: Jacobianos gerados pela função *SerialLink.jacob0* para as Configurações A, B e C (tabela 2).

```
JAdh =

    0.0000   -0.0000    0.0000   -0.0000         0   -0.0000         0
   -0.0246    0.9025   -0.0128    0.4817         0    0.1674         0
         0         0         0         0         0         0         0
         0   -1.0000         0   -1.0000         0   -1.0000         0
         0   -0.0000         0   -0.0000         0   -0.0000         0
    1.0000    0.0000    1.0000    0.0000    1.0000    0.0000    1.0000

>> JBdh

JBdh =

    0.7351    0.0000   -0.0000    0.0000   -0.0000   -0.0000         0
   -0.1920    0.0000   -0.0000    0.0000   -0.0000    0.1674         0
    0.0000    0.7351   -0.1802    0.3143   -0.1674   -0.0000         0
    0.0000   -1.0000    0.0000   -1.0000    0.0000   -0.0000   -1.0000
         0   -0.0000   -1.0000   -0.0000   -1.0000   -0.0000   -0.0000
    1.0000    0.0000    0.0000    0.0000    0.0000   -1.0000    0.0000

>> JCdh

JCdh =

    0.4208   -0.0000   -0.4817   -0.0000         0   -0.0000         0
   -0.0246    0.4817   -0.0000    0.4817         0    0.1674         0
   -0.0000    0.4208   -0.0128    0.0000         0    0.0000         0
         0   -1.0000         0   -1.0000         0   -1.0000         0
   -0.0000   -0.0000   -1.0000   -0.0000   -0.0000   -0.0000   -0.0000
    1.0000    0.0000    0.0000    0.0000    1.0000    0.0000    1.0000
```