

Robotica medica - Progetto 1

anno accademico 2023-2024

Filippo Arrichiello, Paolo Di Lillo

Prendendo in considerazione il manipolatore Kinova Jaco², il candidato deve implementare un main MATLAB per ognuno degli esercizi, visualizzando il movimento del robot in CoppeliaSim. Alla fine di ogni simulazione, il candidato deve plottare in MATLAB tutte le variabili di interesse (\mathbf{q} , $\dot{\mathbf{q}}$, errori di posizione/orientamento, ecc.)

1 Esercizio 1

Partendo dalla configurazione ai giunti $\mathbf{q} = [2.274 \quad 0.184 \quad -0.300 \quad 1.366 \quad 0.058 \quad 1.191 \quad 5.733]^T$ rad il candidato progetti un controllo ad inversione cinematica tale che:

- la posizione desiderata per l'end-effector sia $\mathbf{x}_d = [0.5 \quad -0.2 \quad 0.6]^T$ m
- l'orientamento finale sia lo stesso mostrato in Fig.1

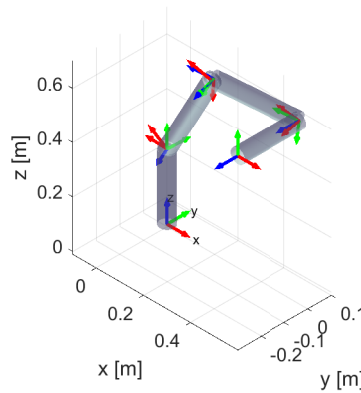


Figure 1: Posizione e orientamento desiderati per il primo esercizio

Info: il candidato deve calcolare la matrice di rotazione desiderata \mathbf{R}_d e esprimerla in un quaternion desiderato \mathcal{Q}_d .

2 Esercizio 2

Partendo dalla configurazione finale dei giunti dell'esercizio precedente, il candidato deve progettare un controllo a inversione cinematica tale che l'end-effector arrivi al punto:

$$\mathbf{p}_f = \mathbf{p}_i + \Delta\mathbf{p} ,$$

dove \mathbf{p}_i è la posizione iniziale dell'end-effector e

$$\Delta\mathbf{p} = [-0.1 \quad 0.2 \quad -0.4]^T \text{ m} ,$$

seguendo un segmento con profilo di velocità trapezoidale con:

- $t_f = 4\text{s}$
- velocità di crociera pari a 0.2m/s

L'orientamento dell'end effector deve essere lasciato uguale a quello iniziale durante il movimento. Il segmento desiderato è mostrato in Fig.2.

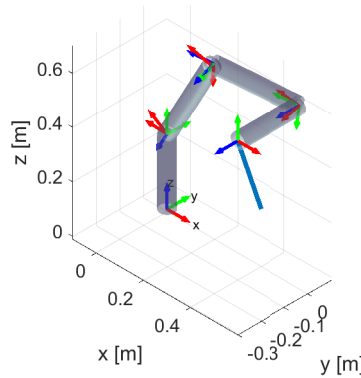


Figure 2: Configurazione iniziale e percorso desiderato per l'end-effector per il secondo esercizio (in rosso)

3 Esercizio 3

Partendo dalla configurazione finale dei giunti dell'esercizio precedente, il candidato deve progettare un controllo a inversione cinematica tale che l'end-effector segua un arco di circonferenza di 180° con:

- coordinate del centro $\mathbf{c} = [0.4 \quad -0.1 \quad 0.2]^T$ m
- raggio $\rho = 10$ cm
- ruotato da $\mathbf{R} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

seguendo un profilo di velocità trapezoidale con:

- $t_f = 3$ s
- velocità di crociera pari a 0.15 m/s

L'orientamento dell'end-effector deve essere tenuto uguale a quello iniziale durante il movimento. La rappresentazione dell'arco di circonferenza desiderato è mostrato in Fig.3.

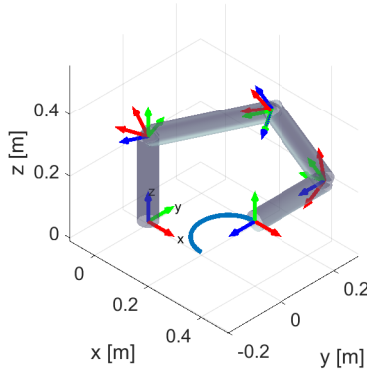


Figure 3: Configurazione iniziale e percorso desiderato per l'end-effector per il terzo esercizio (in rosso)

4 Esercizio 4

Partendo dalla configurazione finale dei giunti **dell'Esercizio 2**, il candidato deve progettare un controllo a inversione cinematica tale che l'end-effector segua lo stesso arco di circonferenza descritto nell'Esercizio 3. Il candidato deve assegnare inoltre un profilo di velocità trapezoidale all'orientamento da quello iniziale a

$$\mathbf{R}_f = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

con:

- $t_f = 3\text{s}$
- velocità di crociera pari a 0.9rad/s

5 Esercizio 5 (facoltativo)

Il candidato progetti un controllo a inversione cinematica con una traiettoria desiderata tale che includa:

- una prima fase in cui l'end-effector raggiunga una configurazione nello spazio operativo \mathbf{x}_0 , scelta *liberamente*, in modo da avere una distanza di 10cm da un punto target $\mathbf{p}_{\text{target}} = [0.4 \quad -0.3 \quad 0.2]^T$ con un orientamento tale che l'asse z dell'end-effector sia rivolto verso il punto.
- una seconda fase in cui il target si muove seguendo la seguente traiettoria:

$$\mathbf{p}_{\text{target}}(t) = \begin{bmatrix} 0.4 \\ -0.3 \\ 0.2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0.05 \sin(\omega t) \end{bmatrix},$$

con $\omega = 2\pi$ e l'end-effector si muove in modo da mantenere la distanza di 10cm, continuando a puntare $\mathbf{p}_{\text{target}}$.

- aggiungere alla legge di controllo di inversione cinematica una velocità ai giunti da proiettare nel nullo dello Jacobiano tale da massimizzare la misura di manipolabilità