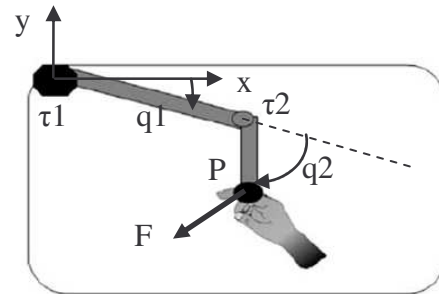


Nome

Matricola

Robotica Antropomorfa
25 Giugno 2007

Esercizio #1: Manipulandum: manipolatore planare a due gradi di libertà.



1. In figura e' rappresentato un manipulandum planare a due gradi di liberta'. Le specifiche sono le seguenti:

- Lunghezza link 1 = 375mm
- Lunghezza link 2 = 300mm
- Diametro 30mm
- Massa link 1 = 1Kg
- Massa link 2 = 2Kg
- I motori sono entrambi esterni al manipulandum (quindi non contribuiscono alla massa in movimento).

Il manipulandum e' un robot ad alte prestazioni utilizzato per lo studio del movimento umano. Afferrato da un soggetto nel punto P di coordinate [x,y], questo robot e' in grado di esercitare forze planari di disturbo al movimento. Le forze vengono tipicamente generate da due grossi motori posizionati come indicato in figura in corrispondenza dei simboli τ_1 e τ_2 .

Si consideri il problema di generare un'accelerazione parallela all'asse y. In particolare si seguano i seguenti passi:

1.0 Si calcoli il momento dei link 1 e 2 rispetto al loro centro di massa sapendo che i link sono dei cilindri pieni della lunghezza e massa data.

1.1 si calcoli la matrice d'inerzia del manipolatore $M(q)$ sapendo che essa ha la seguente espressione funzionale:

$$M(q) = \begin{bmatrix} \alpha + \beta + 2\delta \cos(q_2) & \beta + \delta \cos(q_2) \\ \beta + \delta \cos(q_2) & \beta \end{bmatrix}$$

dove:

$\alpha = I_1 + m_1 r_1^2 + m_2 l_1^2$
$\beta = I_2 + m_2 r_2^2$
$\delta = m_2 r_2 l_1$
q_1 : posizione angolare del primo giunto (vedi figura)
q_2 : posizione angolare del secondo giunto (vedi figura)
m_1 : massa del primo link
m_2 : massa del secondo link
l_1 : lunghezza del primo link
l_2 : lunghezza del secondo link
$r_1 = l_1 / 2$: distanza del centro di massa del primo link dal centro di rotazione del primo giunto
$r_2 = l_2 / 2$: distanza del centro di massa del secondo link dal centro di rotazione del secondo giunto
I_1 : inerzia del primo link rispetto ad un asse passante per il suo centro di massa
I_2 : inerzia del secondo link rispetto ad un asse passante per il suo centro di massa

1.2 si calcoli lo jacobiano $J(q)$ del sistema in questione rispetto all'uscita di interesse $[x,y]$.

1.3 si calcoli la matrice d'inerzia $\tilde{M}(q)$ nel task space

1.4 si assuma il manipolatore nella seguente configurazione: $q = [q_1, q_2] = [\pi/4, \pi/4]$, $\dot{q} = [\dot{q}_1, \dot{q}_2] = [0,0]$. Si scriva quindi la relazione che lega le coppie $[\tau_1, \tau_2]$ generate dai motori all'accelerazione $[\ddot{x}, \ddot{y}]$ dell'estremità del manipolandum. A tale scopo si utilizzi la descrizione della dinamica del manipolatore nel task space trascurando il termine di gravità (N.b. il robot si muove su un piano ortogonale alla forza di gravità) ed il termine di Coriolis (visto che $\dot{q} = [0,0]$ implica $[\dot{x}, \dot{y}] = [0,0]$).

1.5 si calcoli la coppia generata dai motori per avere un'accelerazione pari a $[\ddot{x}, \ddot{y}] = [3, 0] \text{ m/s}^2$.

1.6 esistono delle configurazioni del manipolatore che non permettono di generare accelerazioni dell'end-effector del tipo?

Si dimensiona il motore del giunto 1 in modo da generare la coppia richiesta al punto 1.5 e, contemporaneamente, in grado di muovere il giunto con una velocità pari a $\dot{q}_1 = 90 \text{ deg/s}$. In particolare, si tenga presente che il motore utilizza un riduttore di inerzia trascurabile del tipo 44/1 con rapporto di riduzione pari a $N=23$. Si proceda come segue:

2.1 in una prima approssimazione, si scelga un motore che, tenuto conto del riduttore, sia in grado di erogare la coppia indicata e la cui velocità in assenza di carico (dal data sheet "no-load-speed") sia superiore a quella richiesta.

2.2 raffinando la procedura precedente, si verifichi che effettivamente il motore sia in grado di erogare la coppia richiesta e contemporaneamente, la velocità desiderata. A tale scopo si disegni la retta coppia-velocità propria del motore utilizzando i valori di "no-load-speed" e "slope of n-M curve" forniti dal catalogo. Si verifichi quindi che il punto di lavoro considerato sia compatibile con la suddetta retta coppia-velocità.

Momenti di inerzia rispetto ad assi passanti per il centro di massa

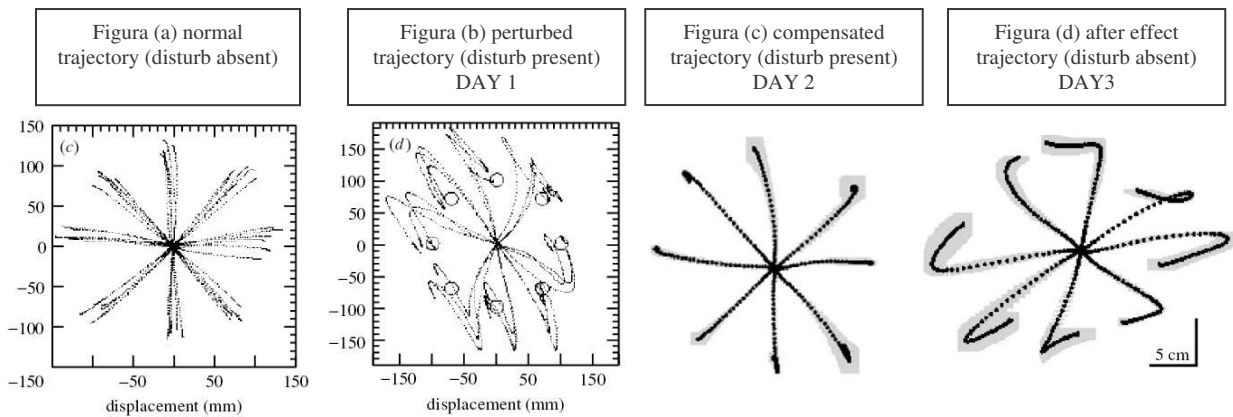
Object	Axis	Moment of Inertia
Thin cylindrical shell, length L and radius R	main axis	MR^2
Thin cylindrical shell, length L and radius R	Diameter through center	$MR^2/2 + ML^2/12$
Thin solid cylindrical rod, length L	perpendicular line through center	$ML^2/12$
Solid cylinder, radius R	main axis	$MR^2/2$
Solid cylinder, length L and radius R	diameter through center	$MR^2/4 + ML^2/12$
Hollow cylinder, radii $R_1 < R_2$	main axis	$M(R_1^2 + R_2^2)/2$
Hollow cylinder, length L and radii $R_1 < R_2$	diameter through center	$M(R_1^2 + R_2^2)/4 + ML^2/12$
Thin spherical shell, radius R	diameter through center	$2MR^2/3$
Solid sphere, radius R	diameter through center	$2MR^2/5$
Solid rectangular parallelepiped, length L and Width W	perpendicular to face, through center	$M(L^2 + W^2)/12$
Any object, whose moment of inertia about an axis through the center of mass is I_{cm}	any parallel axis that passes a distance h away from the center of mass	$I_{cm} + Mh^2$

Esercizio #2: Consideriamo l'esperimento di Shadmehr & Mussa-Ivaldi in cui soggetti eseguono, impugnando un manipulandum, dei movimenti planari della mano. In situazioni normali, le traiettorie sono rettilinee (fig. a). Applicando un campo di forze di disturbo sul manipulandum, si osservano delle traiettorie distorte (fig. b). Dopo un periodo di training le traiettorie risultano simili a quelle in assenza di disturbo (fig. c).

- Consideriamo solo questa prima parte dell'esperimento. E' plausibile pensare che la correzione degli errori venga ottenuta aumentando la co-contrazione dei muscoli? Giustificare.

Successivamente, si sono misurate le traiettorie del cosiddetto "after effect" (i.e. le traiettorie dopo che il disturbo 'appreso' viene rimosso). Dopo aver rimosso il disturbo, le traiettorie risultano ancora distorte (fig. d). La distorsione sembra essere l'opposto di quella osservata inizialmente in presenza di disturbo.

- Considerando questa seconda osservazione, è sempre plausibile assumere che i disturbi vengano corretti aumentando la co-contrazione? Giustificare.
- Il fenomeno dell'after effect suggerisce che il CNS pre-programma le forze che verranno applicate durante un movimento; inoltre, le forze pre-programmate possono essere adattate in presenza di disturbi. Alla luce di questa osservazione, si proponga una giustificazione per le traiettorie osservate nelle tre situazioni:
 - o Il disturbo viene sperimentato per la prima volta (fig. b)
 - o Il disturbo è stato compensato (fig. c)
 - o Il disturbo viene rimosso dopo essere stato compensato (fig. d).



Manipulandum

