

Resolved-rate motion control RRM

Open-loop

Sia assegnata per l'organo terminale una traiettoria di moto specificando la legge di velocità $v_e(t)$ e le condizioni iniziali su posizione e orientamento.

Obiettivo dell'algoritmo resolved-rate motion control RRM è determinare una possibile traiettoria ai giunti $(q(t), \dot{q}(t))$ che riproduca la traiettoria data.

Le velocità dei giunti possono essere ottenute mediante inversione dello jacobiano:

$$\dot{q} = J^{-1}(q)v_e \quad (1)$$

Nota la posa iniziale del manipolatore $q(0)$, le posizioni successive possono essere calcolate integrando le velocità nel dominio del tempo:

$$q(t) = \int_0^t \dot{q}(\varsigma) d\varsigma + q(0) \quad (2)$$

L'integrazione può essere effettuata a tempo discreto ricorrendo a metodi numerici. Il metodo più semplice è basato sulla regola di integrazione di Eulero; fissato un intervallo di integrazione Δt e note posizioni e velocità dei giunti all'istante di tempo t_k , le posizioni dei giunti all'istante $t_{k+1} = t_k + \Delta t$ sono calcolate come:

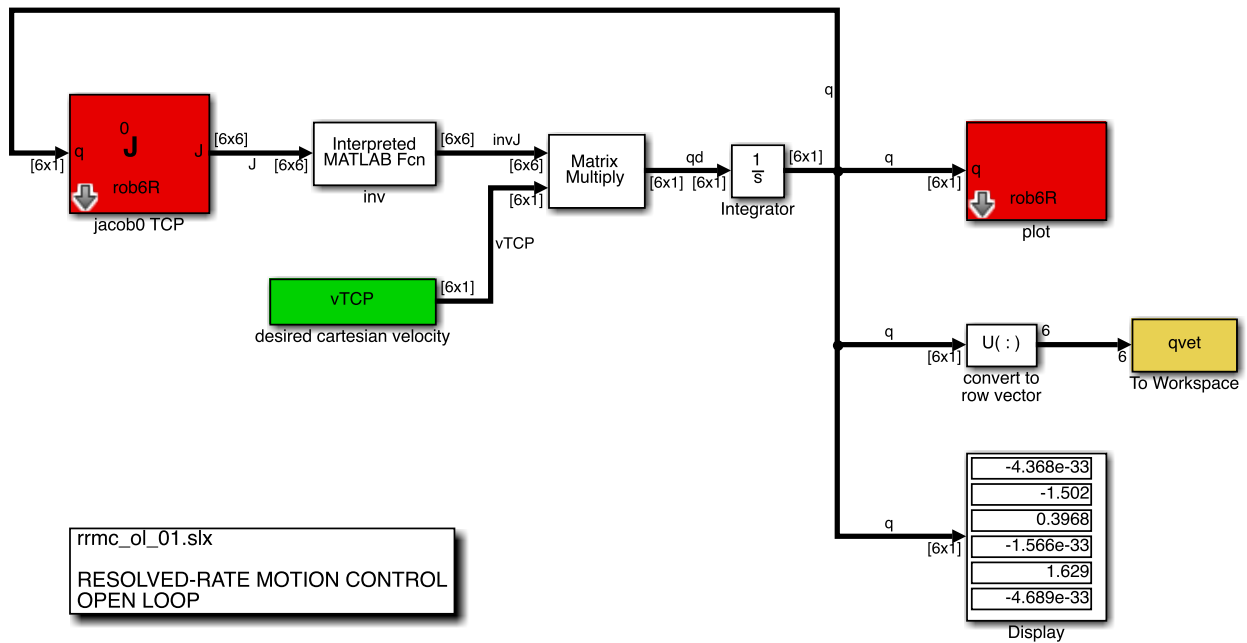
$$q(t_{k+1}) = q(t_k) + \dot{q}(t_k)\Delta t \quad (3)$$

L'algoritmo RRM così implementato, basato su una pura integrazione numerica secondo logica open-loop, soffre di accumulo di errori dovuti a fenomeni di *deriva* della soluzione, per cui le velocità nei giunti calcolate non coincidono con quelle che soddisfano la (1) nel tempo continuo. Questo comporta che alle variabili di giunto calcolate corrisponde, nello spazio operativo, una posa dell'organo terminale diversa da quella desiderata.

Resolved-rate motion control RRMC

Open-loop

Modello Simulink



File pre/post-processor: `rrmc_ol_pre_post_01.m`

Resolved-rate motion control RRMC

Closed-loop

Per ovviare all'inconveniente degli errori di deriva propri dell'algoritmo RRMC open-loop è possibile ricorrere ad uno schema di soluzione che tenga conto dell'errore *nello spazio operativo* tra la posa desiderata e quella calcolata, secondo uno schema di algoritmo RRMC closed-loop.

L'algoritmo RRMC closed-loop si basa sul calcolo della differenza tra la posa desiderata e la posa attuale del robot:

$$\dot{q}(t_k) = J^{-1}(\mathbf{q}_k) \cdot \Delta \text{posa}\{\mathbf{T}_{des}(t_k), \mathbf{T}_{att}(t_k)\} \quad (4)$$

essendo $\mathbf{T}_{des}(t_k)$ la matrice di posa desiderata all'istante t_k e $\mathbf{T}_{att}(t_k)$ la matrice di posa attuale dell'organo terminale calcolata all'istante t_k con la soluzione della cinematica diretta applicata al valore attuale delle variabili di giunto:

$$\mathbf{T}_{att}(t_k) = \text{f. kine}(\mathbf{q}(t_k)) \quad (5)$$

L'integrazione può essere effettuata a tempo discreto:

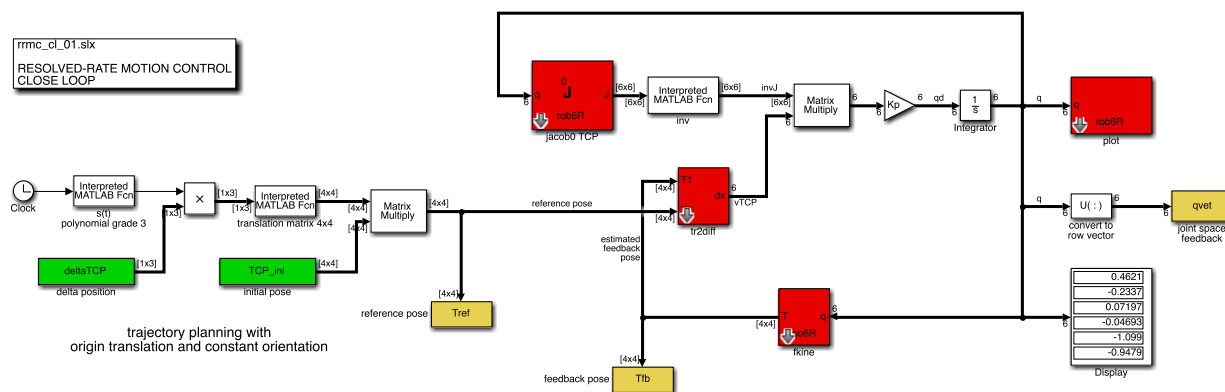
$$\mathbf{q}(t_{k+1}) = \mathbf{q}(t_k) + K_p \dot{\mathbf{q}}(t_k) \Delta t \quad (6)$$

essendo K_p un guadagno proporzionale per il controllo della velocità dei giunti.

Resolved-rate motion control RRMC

Closed-loop

Modello Simulink

File pre/post-processor: `rrmc_cl_pre_post_01.m`