Wybrane Zagadnienia Robotyki

Wykład VIII

Sterowanie robootem z interakcją z otoczeniem

21 grudnia 2008

Sterowanie podatne – aktywna podatność

$$D(q)\ddot{q} + C(q,\dot{q})\dot{q} + G(q) = u - J^T(q)h$$

h – wektor oddziaływań efektora na środowisko w punkcie kontaktu
Załóżmy sterowanie z kompensacją grawitacji

$$u = G(q) + J_A^T(q)K_P\tilde{y} - J_A^T(q)K_D J_A(q)\dot{q},$$

gdzie $J_A(q) = T_A(y)J(q)$, a $T_A(y)$ jest transformacją prędkości przegubów na prędkości kątowe w wybranym układzie współrzędnych, np. dla kątów Eulera

$$T_A(y) = \begin{bmatrix} 0 & -s_\phi & c_\phi s_\theta \\ 0 & c_\phi & s_\phi s_\theta \\ 1 & 0 & c_\theta \end{bmatrix}$$

Sterowanie podatne – aktywna podatność

W punkcie równowagi

$$J_A(q)K_P\tilde{y} = J^T h$$

$$\tilde{y} = K_P^{-1} T_A^T(y) h = K_p^{-1} h_A$$

Sterowanie podatne – bierna podatność

$$h = \begin{bmatrix} f \\ \mu \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_f & 0 \\ 0 & K_\mu \end{bmatrix} \begin{bmatrix} dp \\ \omega dt \end{bmatrix} = KT_A(y)dy,$$

przy czym $dy = y - y_e$

$$h_A = T_A^T(y)KT_A(y)dy = K_A(y - y_e)$$

Sterowanie podatne

$$\tilde{y} = K_P^{-1} K_A (y - y_e)$$

w punkcie równowagi

$$y_\infty = (I + K_P^{-1} K_A)^{-1} (y_d + K_P^{-1} K_A y_e)$$
$$h_\infty = (I + K_A K_P^{-1})^{-1} K_A (y_d - y_e)$$

Sterowanie impedancyjne

$$u = D(q)v + n(q, \dot{q})$$

$$\ddot{q} = v - D^{-1}(q)J^T(q)h$$

wybierzmy v

$$v = J_A^{-1} M_d^{-1}(M_d \ddot{y}_d + K_D \dot{\tilde{y}} + K_P \tilde{y} - M_d \dot{J}_A \dot{q})$$

wtedy otrzymujemy

$$M_d \ddot{\tilde{y}} + K_D \dot{\tilde{y}} + K_P \tilde{y} = M_d D_A^{-1} h_A,$$

gdzie $D_A = J_A^{-T} D J_A^{-1}$

Sterowanie siłą

$$v = J_A^{-1} M_d^{-1} (-K_D \dot{\tilde{y}} + K_P y_f - M_d \dot{J}_A \dot{q})$$

gdzie

$$y_f = K_f (h_{Af} - h_a)$$

wtedy dynamika

$$M_d \ddot{y} + K_D \dot{y} + K_P K_f K_A y = K_P K_f (K_A y_e + h_{Ad})$$

związek między siłą i położeniem w punkcie równowagi

$$K_A y_\infty = K_A y_e + h_{Ad}$$

Sterowanie pozycyjno-siłowe

$$v = J_A^{-1} M_d^{-1} (-K_D \dot{\tilde{y}} + K_P(\tilde{y} + y_f) - M_d \dot{J}_A \dot{q})$$

w punkcie równowagi

$$y_\infty = y_d + C_f (K_A (y_e - y_\infty) + h_{Ad})$$

gdzie C_f jest macierzą współczynników sterowania w przestrzeni zadaniowej