2009. 03. 26.

Robot dinamikus modellje: Descartes-koordinátában:

$$\bar{\bar{H}}\ddot{\bar{q}} + \bar{h} = \bar{\tau}$$

$\bar{F}$ ált. erő a TCP-ben
$\bar{\bar{J}}$ a Jacobi-mátrix TCP-ig

$$\dot{\bar{x}} = \bar{\bar{J}}\cdot\dot{\bar{q}}\ ; \quad \ddot{\bar{x}} = \bar{\bar{J}}\cdot\ddot{\bar{q}} + \underbrace{\frac{d\bar{\bar{J}}}{dt}\cdot\dot{\bar{q}}}_{\bar{\alpha}} = \overbrace{\bar{\bar{J}}}^{\begin{pmatrix}\bar{\bar{\Omega}}\\ \bar{\nu}\end{pmatrix}}\cdot\ddot{\bar{q}} + \underbrace{\begin{pmatrix}\bar{\Theta}\\ \bar{\Phi}\end{pmatrix}}_{\bar{\alpha}} \Rightarrow \ddot{\bar{q}} = \bar{\bar{J}}^{-1}(\ddot{\bar{x}} - \bar{\alpha})$$

$$\bar{\bar{H}}\bar{\bar{J}}^{-1}(\ddot{\bar{x}} - \bar{\alpha}) + \bar{h} = \bar{\bar{J}}^{T}\bar{F}$$

$$\bar{\bar{H}}^{*} := \underbrace{(\bar{\bar{J}}^{T})^{-1}}_{\bar{\bar{J}}^{-T}}\bar{\bar{H}}\bar{\bar{J}}^{-1} = \bar{\bar{J}}^{-T}\bar{\bar{H}}\bar{\bar{J}}^{-1} \qquad \bar{h}^{*} := \bar{\bar{J}}^{-T}\bar{h} - \bar{\bar{H}}^{*}\bar{\alpha}$$

$$\Rightarrow \boxed{\bar{\bar{H}}^{*}\ddot{\bar{x}} + \bar{h}^{*} = \bar{F}}\ ; \quad \boxed{\bar{\bar{H}}^{*} = \bar{\bar{J}}^{-T}\bar{\bar{H}}\bar{\bar{J}}^{-1};\ \bar{h}^{*} = \bar{\bar{J}}^{-T}\bar{h} - \bar{\bar{H}}^{*}\bar{\alpha}}$$

$$\bar{\bar{H}}^{*}\ddot{\bar{x}} + \bar{h}^{*} = \bar{F} \quad \text{(robot)}$$

Szabad mozgás nemlineáris szétcsatolása

Irányítás: $\boxed{\bar{F} := \bar{\bar{H}}^{*}\bar{u}^{*} + \bar{h}^{*}}$ (centralizált szabályozó)

Zárt rendszer (ZR): $\bar{\bar{H}}^{*}\ddot{\bar{x}} + \bar{h}^{*} = \bar{\bar{H}}^{*}\bar{u}^{*} + \bar{h}^{*}, \ \exists\bar{\bar{H}}^{*-1}$

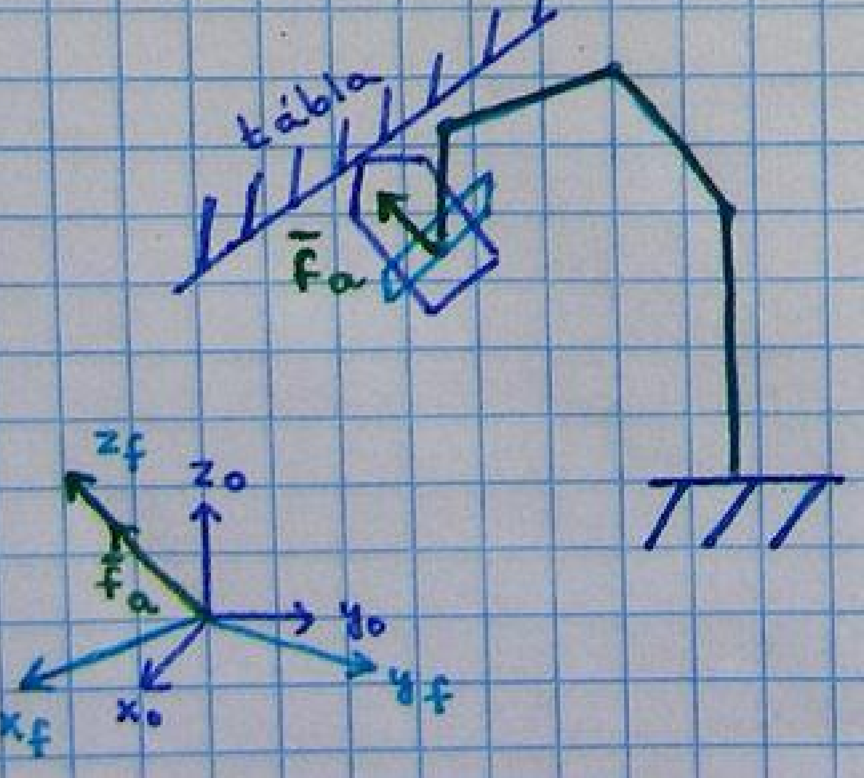
$$\ddot{\bar{x}} = \bar{u}^{*} \Longleftrightarrow \ddot{x}_i = u_i^{*},\ i = 1,\dots,6 \quad \text{(szétcsatolt kettősintegrátorok)}$$

Decentralizált: $u_i^{*} := \ddot{x}_{ai} + PID = \ddot{x}_{ai} + k_{pi}(x_{ai} - x_i) + k_{Ii}\cdot\int_0^T(x_{ai} - x_i)dz + k_{Di}(\dot{x}_{ai} - \dot{x}_i)$

$$\boxed{u_i^{*} = \ddot{x}_{ai} + k_{pi}(x_{ai} - x_i) + k_{Ii}\int_0^T(x_{ai} - x_i)dz + k_{Di}(\dot{x}_{ai} - \dot{x}_i)}$$

$$\boxed{\bar{\tau} := \bar{\bar{J}}^{T}\bar{F} = \bar{\bar{H}}\bar{\bar{J}}^{-1}(\bar{u}^{*} - \bar{\alpha}) + \bar{h}} \quad \text{(implementálás}$$

pl.: táblára krétával író robotkar
$\bar{F}$ erő: ne legyen túl gyenge (levegőbe írás) sem erős (törik a kréta)



Operációs térmódszer (Khatib)

Pozíció specifikációs mátrix:

$$\bar{\bar{\Sigma}}_f = \begin{bmatrix} \sigma_x & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_y & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_z \end{bmatrix}, \quad \sigma_x = 1, \text{ ha } x_f \text{ irányban szabad mozgás lehet}$$

stb.

Erő specifikációs mátrix: $\tilde{\bar{\bar{\Sigma}}}_f = \bar{\bar{I}} - \bar{\bar{\Sigma}}_f$

$$K_f \xrightarrow{\bar{\bar{A}}_f} K_\sigma \qquad \vec{v}_f = \bar{\bar{A}}_f \vec{S}_\sigma$$

Hasonlóan: $\vec{\tau}_a$ spec. nyomaték, $\bar{\bar{\Sigma}}_\tau$, $\bar{\bar{\bar{\Sigma}}}_\tau$, K_τ, $\bar{\bar{A}}_\tau$

$$K_\tau \xrightarrow{\bar{\bar{A}}_\tau} K_\sigma \qquad \vec{v}_\tau = \bar{\bar{A}}_\tau \vec{S}_\sigma$$

- $\bar{x}_a - \bar{x}$ poz. / orient. hiba és $\vec{F}_a - \vec{F}$ erő / nyomaték hiba számítása K_σ-ban
- hibák áttranszformálása K_f, K_τ-ba
- nemirányítható hibák elnyomása (nullázása) K_f, K_τ-ban a maszk mátrixok figyelembevételével
- megmaradt hibák vissza transzformálása K_σ-ba

Általánosított feladatspec. mátrixok:

$$\bar{\bar{S}} = \begin{bmatrix} \bar{\bar{A}}_f^T \bar{\bar{\Sigma}}_f \bar{\bar{A}}_f & \bar{\bar{0}} \\ \bar{\bar{0}} & \bar{\bar{A}}_\tau^T \bar{\bar{\Sigma}}_\tau \bar{\bar{A}}_\tau \end{bmatrix}, \qquad \tilde{\bar{\bar{S}}} = \begin{bmatrix} \bar{\bar{A}}_f^T \tilde{\bar{\bar{\Sigma}}}_f \bar{\bar{A}}_f & \bar{\bar{0}} \\ \bar{\bar{0}} & \bar{\bar{A}}_\tau^T \tilde{\bar{\bar{\Sigma}}}_\tau \bar{\bar{A}}_\tau \end{bmatrix}$$

$$\vec{F} := \vec{F}_{mozgás} + \vec{F}_{ccgf} + \vec{F}_{aktív}$$

$$\vec{F}_{mozgás} := \hat{\bar{\bar{H}}}^* \bar{\bar{S}}\, \bar{u}^*_{mozgás}$$

$$\vec{F}_{ccgf} := \hat{\bar{h}}^*$$

$$\vec{F}_{aktív} := \tilde{\bar{\bar{S}}}\, \bar{u}^*_{aktív} + \hat{\bar{\bar{H}}}^* \hat{\bar{\bar{S}}}\, \bar{u}^*_{csillapítás}$$

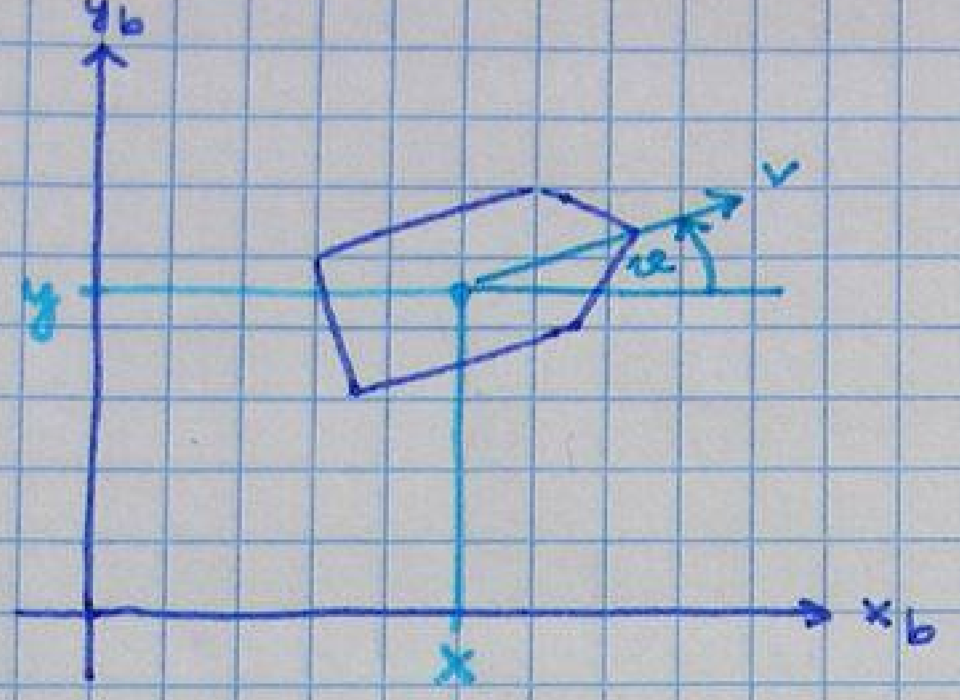
$$\bar{u}^*_{mozgás} := \ddot{\bar{x}}_a + PID = \ddot{\bar{x}}_a + k_p(\bar{x}_a - \bar{x}) + k_I \int_0^T (\bar{x}_a - \bar{x})\,dt + k_D(\dot{\bar{x}}_a - \dot{\bar{x}})$$

$$\bar{u}^*_{aktív} := \vec{F}_a + PI = \vec{F}_a + k_{pF}(\vec{F}_a - \vec{F}) + k_{IF} \int_0^t (\vec{F}_a - \vec{F})\,d\tau$$

$$\bar{u}^*_{csillapítás} := -K_{vF}\,\dot{\bar{x}}$$

Implementálás: $\boxed{\vec{\tau} := \bar{\bar{J}}^T \vec{F} = \hat{\bar{\bar{H}}} \bar{\bar{J}}^{-1} \left\{ \bar{\bar{S}}\, u^*_{mozgás} + \hat{\bar{\bar{S}}}\, u^*_{csillapítás} - \bar{c} \right\} + \bar{\bar{J}}^T \tilde{\bar{\bar{S}}}\, u^*_{aktív} + \bar{h}_{ccgf}}$

b: bázis koordinátarendszer



$\dot{x} = v C\varphi; \quad \dot{y} = v S\varphi; \quad \dot{\varphi} = \omega$

$\Downarrow$

$$\underbrace{\begin{pmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\varphi} \end{pmatrix}}_{\dot{\overline{z}}} = \underbrace{\begin{bmatrix} C\varphi & 0 \\ S\varphi & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}}_{\overline{\overline{G}}(\overline{z})} \underbrace{\begin{pmatrix} v \\ \omega \end{pmatrix}}_{\overline{u}} \Rightarrow \begin{array}{l} \overline{z} = (x, y, \varphi)^T \\ \dot{\overline{z}} = \overline{\overline{G}}(z)\, \overline{u} \end{array}$$

Kétféle mozgás:
- helyzetszabályozás (lineáris állapotvisszacsatolás $\not{\gamma}$)
- pályakövetés