Hausübung

-

Ebener 3R Manipulator

Teil 2/2

ausgegeben von: zuletzt geändert: 23. Januar 2023

1 Allgemeines

Für einen ebenen 3R-Manipulator soll ein Positions-/Kraftregler implementiert werden. Verwenden Sie dazu die Ergebnisse aus Teil 1. Die Aufgabe gliedert sich in folgende Schritte:

- Entwurf einer Positions-/Kraftregelung
- Simulation und graphische Darstellung des Systems

Verwenden Sie ein Computeralgebraprogramm für symbolische Berechnungen und Matlab / Python / Octave zur Simulation.

2 Reglerentwurf

Es soll für einen ebenen 3R Manipulator ein Positions-/Kraftregler entworfen werden.

- Führen Sie eine Kompensation der gesamten Roboterdynamik durch, sodass für das resultierende System bei gewünschtem Verlauf der Gelenksbeschleunigung a_q gilt: $a_q = \ddot{q}$
- Ergänzen Sie das Robotermodell um einen Term zur Berücksichtigung eines Krafteintrags von außen und führen Sie eine entsprechende Kompensation dieses Krafteintrags im Regelgesetz durch.
- Benutzen Sie die analytische Jacobimatrix J_a und deren Zeitableitung $\dot{J}_a$, um Positionen im Arbeitsraum in den Gelenksraum umzurechnen, sodass für das Gesamtsystem bei gewünschtem Verlauf der Endeffektorbeschleunigung a_X gilt: $a_X = \ddot{X}$.
- Entwerfen Sie eine Rückführung zur Positionsregelung des exakt linearisierten entkoppelten Systems $\ddot{X} = a_X$ in den Koordinaten y und Φ, damit sich für die Fehlerdifferentialgleichung ergibt: $\ddot{e}_p + B_p\dot{e}_p + K_p e_p = 0$, wobei es sich bei B_p und K_p um 2×2 Diagonalmatrizen für die Reglerverstärkung handelt und der Fehler e_p sich durch $e_p^T = [y, \Phi]^T - [y^d, \Phi^d]^T$ berechnet.
- Die horizontal wirkende Kraft der Umgebung auf den Roboter wird mittels $f_x = k_f(x - x_w)$ als lineare Feder mit Federkonstante k_f und Referenzposition x_w modelliert. Entwerfen Sie eine Rückführung zur Kraftregelung des exakt linearisierten entkoppelten Systems $\ddot{X} = a_X$ in x-Richtung, damit sich für die zugehörige Fehlerdifferentialgleichung ergibt: $\ddot{e}_f + b_f\dot{e}_f + k_f e_f = 0$, wobei gilt: $\tilde{e}_f = f_x - f_x^d$ und es sich bei b_f und k_f um Reglerverstärkungen handelt.

Hinweis: Durch zweimaliges Differenzieren nach der Zeit erhält man aus der Gleichung $f_x = k_f(x - x_w)$ den Zusammenhang zwischen Beschleunigung und Kraft: $\ddot{f}_x = k_f\ddot{x}$ bzw. $\ddot{x} = \frac{1}{k_f}\ddot{f}$.

- Berechnen Sie nach Vorgabe der kritischen Frequenz ω_i die Parameter für die Diagonalmatrizen B_d und K_d, sowie für b_f und k_f.

3 Simulation

- Im Arbeitsraum des Manipulators befindet sich an der x-Position x_w eine vertikale elastische Begrenzung, deren Nachgiebigkeit mit einer linearen Feder modelliert wird. Wenn der Endeffektor eine Position mit $x > x_w$ anfährt, soll eine äußere Kraft $f_x = k_f(x - x_w)$ der Bewegung entgegenwirken. Berücksichtigen Sie dies in der Simulation.
- Planen Sie eine Trajektorie, damit der Endeffektor sich entlang der Wand bewegt. Die Bewegung soll in x-Richtung knapp vor der Wand starten ($x = x_w - \epsilon$, $\epsilon > 0$) und kraftgeregelt (f_x^d =konst.) in x-Richtung und positionsgeregelt in den Koordinaten y und Φ erfolgen, wobei die Bewegung von $y^d = y_{Start}$ bis $y^d = y_{Ende}$ bei konstanter Orientierung Φ^d stattfinden soll. Wählen Sie geeignete kritische Frequenzen zur Berechnung der Reglerverstärkungen. Berechnen Sie die jeweiligen gewünschten räumlichen Start- und Endpositionen X_s und X_e mit Hilfe der inversen Kinematik.
- Simulieren Sie die Bewegung des Roboters in der Ebene und erstellen Sie Plots der Gelenkswinkel und der Positionen des Endeffektors im Arbeitsraum sowie des Kraftverlaufs in x-Richtung.

4 Bericht

Fertigen Sie abschließend einen Bericht an, in dem die wesentlichen Schritte erläutert und die Ergebnisse diskutiert werden.

Geben Sie den Bericht bis 28.02.23 in Moodle ab, das Abgabegespräch wird nach der Abgabe mit Ihnen vereinbart.