Einzelbeinregelung einer achtbeinigen Laufmaschine

Labor für Regelungstechnik

Prof. Dr.-Ing. Ralph Schneider

Stephanie Six

Einsatzgebiet Laufroboter

Luft- und Raumfahrt:

- Erkundung von Planeten
- Instandhaltung von Raumstationen

DLR Krabbler

Katastropheneinsätze:

- Bergung von verschütteten Personen
- Erkundungsgänge

Elios Rescuebot

Wartungsarbeiten:

- Inspektion von Gebäuden, Brücken und Anlagen

C-Bot

Medizin:

- Exoskelette/Prothesen für Menschen mit eingeschränktem Bewegungsablauf

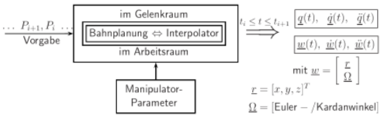
DLR 5 Finger Hand

Bahninterpolation

- In diesem Fall wird eine gelenkraumorientierte Bahninterpolation durch kubische Polynome verwendet
- Für ein Bahnstück zwischen zwei Punkten (P_{i+1}, P_i) werden die entsprechenden Gelenkkoordinaten als kubisches Polynom formuliert:

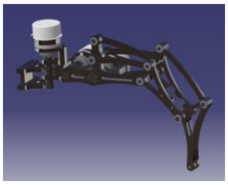
$$q(t) = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3$$

- Mittels geeigneter Randbedingungen und der Übergangszeit T_m lassen sich die Koeffizienten bestimmen, wodurch sich wiederrum der Gelenkwinkel und durch zeitliches Differenzieren die Geschwindigkeit und die Beschleunigung berechnen lassen.



Themenstellung

- Für ein einzelnes Bein einer achtbeinigen Laufmaschine ist eine dezentrale digitale Regelung unter Zuhilfenahme eines vorgegebenen Simulatonsmodells zu entwerfen

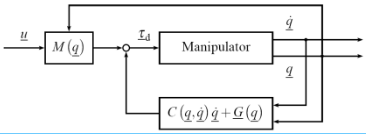


- Hauptaufgaben der Regelung:
  - Ansteuerung der Motoren über die Drehmomente
  - Koordinierung des Bewegungsablaufes mittels Bahnplanung
  - Linearisierung des Simulationsmodells mittels Feedback-Linearisierung

Feedback-Linearisierung

- Ausgehend von $M(\underline{q})\underline{\ddot{q}} + C(\underline{q},\underline{\dot{q}})\underline{\dot{q}} + G(\underline{q}) = \underline{\tau}$ kann durch eine Feedback-Linearisierung und mit einer Sollgröße $\underline{u}$ eine Manipulator-Stellgröße $\underline{\tau}_{soll} = M(\underline{q})\underline{u} + C(\underline{q},\underline{\dot{q}})\underline{\dot{q}} + \underline{G}(\underline{q})$ bestimmt werden, die N entkoppelte, lineare Systeme erzwingt: $\underline{\ddot{q}} = \underline{u}$
- Die Abbildung zeigt die innere Schleife der Bahnregelung und dient der Kompensierung der nichtlinearen Terme. Die Eingangsgröße $\underline{u}$ des realen Systems wird in einer äußeren Regelschleife gebildet:

$$\underline{u} = \underline{\ddot{q}}_{soll} + K_D(\underline{\dot{q}}_{soll} - \underline{\dot{q}}) + K_P(\underline{q}_{soll} - \underline{q}) + K_I \int (\underline{q}_{soll} - \underline{q}) dt$$



Lagrange´sche Bewegungsgleichung

- Das Verhalten des Manipulators kann mit dem Lagrange-Formalismus beschrieben werden
- Grundlage für den Lagrange-Formalismus ist die kinetische und potentielle Energie des Systems.
  Für die Lagrange- oder Wirkungsfunktion gilt:

$$L = T(\underline{q},\underline{\dot{q}}) - V(\underline{q})$$

- Die dynamischen Bewegungsgleichungen werden mit Hilfe der Euler-Lagrange-Gleichungen bestimmt:

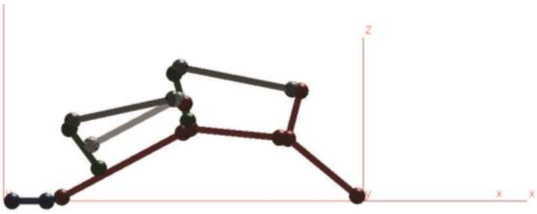
$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i}\right) - \frac{\partial L}{\partial q_i} = Q_i$$

- Matrix-Vektor-Schreibweise der resultierenden Gleichung:

$$M(\underline{q})\underline{\ddot{q}} + C(\underline{q},\underline{\dot{q}})\underline{\dot{q}} + G(\underline{q}) = \underline{\tau}$$

Mehrkörpersimulationsmodell

- SIMPACK:



- SimMechanics MATLAB: