
Praktikum

Versuch OPT8

„Modellprädiktive Regelung“

Verantwortlicher Hochschullehrer: Prof. Dr.-Ing. P. Li
Versuchsverantwortlicher: Dr.-Ing. S. Hopfgarten

Ausgabe: Juli 2006

Name, Vorname	Matrikel-Nr.
Mitarbeiter	
Note, Unterschrift	

1 Versuchsbeschreibung

Der Versuch dient dem Kennenlernen des modellprädiktiven Regelungskonzeptes (engl.: „model predictive control (MPC)“). Dazu sollen einfache Regelstreckenmodelle unter Nutzung von MATLAB/SIMULINK¹ hinterlegt werden. Durch Einsatz eines modellprädiktiven Reglers unter Nutzung der „Model Predictive Control Toolbox“ unter MATLAB/SIMULINK wird das Regelungskonzept im geschlossenen Kreis umgesetzt. Der Einfluss von Verfahrensparametern und unterschiedliche Störszenarien werden untersucht.

2 Versuchsvorbereitung

- 2.1 Erläutern Sie verbal und an einer Skizze von Regelgrößen- und Stellgrößenzeitverlauf das Wesen der modellprädiktiven Regelung! Gehen Sie dabei auf die Begriffe Abtastzeit, Steuerungs(zeit)horizont und Vorhersage(zeit)horizont ein!
- 2.2 Welche Relationen müssen zwischen Abtastzeit, Steuerungs- und Vorhersagehorizont gelten? Beziehen Sie in Ihre Überlegungen auch Systeme mit Totzeit und das Vorhandensein von Beschränkungen für die Regelgrößen ein!
- 2.3 Stellen Sie die Zustandsbeschreibung für ein doppelt integrierendes System auf! Die Ausgangsgröße - gleichzeitig auch erste Zustandsgröße - entsteht durch zweifache Integration der Eingangsgröße hinsichtlich der Zeit! Die Anfangszustände verschwinden.
- 2.4 Formulieren Sie eine Zielfunktion, die sowohl die Abweichung der Regelgröße von ihrem Sollwert als auch die Veränderung der Stellgröße quadratisch bewertet!

3 Versuchsdurchführung

3.1 Realisierung einer modellprädiktiven Regelung mittels MATLAB und des Entwurfs- und Simulationswerkzeuges „mpctool“

1. Die Regelungsaufgabe besteht in der Umsteuerung des Doppelintegrator-Systems, das als eine Positionsveränderung von der normierten Anfangsposition $y(0) = 0$ zur gewünschten, normierten Endposition $y(t) = w(t) = 1$ aufgefasst werden kann!

Entwerfen Sie einen modellprädiktiven Regler an einem Doppelintegrator-System!

Hinterlegen Sie dazu die Regelstrecke in geeigneter Form!

Speichern Sie ein MPC-Objekt im MATLAB-Workspace unter Nutzung des Befehls „mpc“ ab, das den Regler an der entsprechenden Strecke vorbereitet!

Öffnen Sie das Entwurfs- und Simulationswerkzeug „mpctool“, importieren Sie Strecke und Regler und nehmen Sie die entsprechenden Einstellungen vor!

Beachten Sie die Relationen zwischen Abtastzeit, Steuerungshorizont und Vorhersagehorizont!

Die Zielfunktion soll die Abweichungen der Regelgröße von ihrem Sollwert quadratisch bewerten (mit dem Gewicht 1). Weiterhin soll in das Zielkriterium die Bewertung der Änderungsrate der Stellgröße einfließen (mit dem Gewicht 0,1)!

¹MATLAB/SIMULINK ist eingetragenes Warenzeichen der The Mathworks, Inc.

Die Stellgröße ist beschränkt, d. h. $|u(t)| \leq 1$.

Nach welcher Zeit wird die gewünschte Position erreicht, wenn Sie die Abtastzeit 0,1, den Steuerungshorizont 3 und den Vorhersagehorizont 20 wählen?

Sind die letztgenannten Einstellungen sinnvoll?

2. Vergrößern und verkleinern Sie den Vorhersagehorizont! Welche Effekte erkennen Sie?
3. Benutzen Sie wieder den ursprünglichen Vorhersagehorizont und variieren Sie nun den Steuerungshorizont! Welche Aussagen kann man in diesem Fall treffen?
4. Kehren Sie wieder zu den ursprünglichen Einstellungen für Vorhersage- und Steuerungshorizont zurück und verändern Sie nun die Abtastzeit! Welche Erkenntnisse gewinnen Sie in diesem Fall?
5. Benutzen Sie in diesem Versuchspunkt eine veränderte Beschränkung der Stellgröße, $|u(t)| \leq 6$ und kommentieren Sie das Ergebnis!

Wie verändert sich das Ergebnis, wenn in das Kriterium auch die quadratische Bewertung der Stellgröße mit dem Gewicht 0,1 aufgenommen wird?

3.2 Realisierung einer modellprädiktiven Regelung mittels SIMULINK und des Entwurfs- und Simulationswerkzeuges „mpctool“

Erstellen Sie ein SIMULINK-Simulationsdiagramm mit einem modellprädiktiven Regler an der gleichen Strecke wie unter 3.1 und bestätigen Sie die Ergebnisse!

3.3 Untersuchung einer modellprädiktiven Regelung unter Störeinfluss

Untersuchen Sie den Einfluss von Störungen auf einen Regelkreis mit modellprädiktivem Regler! Gehen Sie dazu folgende Schritte und hinterlegen Sie die MATLAB-Befehle in einem Skript (M-File) :

- Hinterlegen der Regelstrecke (siehe 3.1) als Zustandsraummodell (ss, tf, tf2ss)
- Wahl einer geeigneten Abtastperiode (z. B. $T_s = 0,1$), eines Vorhersage- (z. B. $P = 20$), eines Steuerungshorizontes (z. B. $m = 3$), der Simulationsdauer (z. B. $T_{stop} = 30$) und der Anzahl der Zeitdiskretisierungsschritte (z. B. $T_f = \frac{T_{stop}}{T_s}$)
- Konvertierung in ein zeitdiskretes Modell (c2d)
- Beschreibung der Signale (Stellgrößen, messbare und nicht messbare Störungen) (setmpc-signals)
Dabei soll die Störstrecke der messbaren Störung $G_{MD}(s) = \frac{1}{s+1}$ und die der nicht messbaren Störung $G_{UD}(s) = \frac{1}{0,7s^2+0,5s+0,1}$ sein.
- Definition der Modellstruktur und der Störung
- Erzeugung eines MPC-Objekts (mpc)
- Festlegung von Minimal- und Maximalwerten für die Steuerung $-1 \leq u(t) \leq 1$ und die Änderung der Steuerung $-5 \leq \Delta u \leq 5$

- Vorgabe der Wichtungskoeffizienten für die Regelgröße (1) und für die Änderung der Stellgröße (0, 1; die Stellgröße selbst bleibt unbewertet)
- Angabe des Sollwertes für die Regelgröße $w(t) = 1$
- Festlegen der Simulationsparameter (Simulationsoptionen) (mpcsimopt)
- Gemessener Störverlauf z_{MD} (Einheitssprungstörung nach einem Drittel des Simulationszeithorizontes), nicht messbare Störung (Sprungstörung nach zwei Dritteln des Simulationszeithorizontes mit der Amplitude -0.5), Messrauschen auf der Regelgröße $z_y(t) = 0,001(\vartheta - 0,5)$ und Rauschen auf der Stellgröße $z_u(t) = 0,05(\vartheta - 0,5)$, wobei ϑ eine gleichverteilte Zufallszahl im Intervall $[0, 1]$ ist
- Simulation der modellprädiktiven Regelung mit Störgrößeneinfluss (sim)
Führen Sie zunächst eine Simulation unter Wirkung der messbaren Störung durch!
Untersuchen Sie anschließend das Verhalten der Regelung, wenn alle Störeinflüsse wirksam sind!
- Grafische Darstellung von Regel- und Stellgröße

Bewerten Sie abschließend das Verhalten, auch bei Änderung von Störampplituden verschiedener Störsignale!