

## Marc Wissing – Praktische Synchronisation von Multiagentensystemen

Diese Dissertation beschäftigt sich mit Multiagentensystemen, bei denen mehrere Teilsysteme (Agenten) eine gemeinsame Regelungsaufgabe erfüllen sollen. Es werden Methoden zum Entwurf vernetzter Regler erarbeitet, welche die Teilsysteme asymptotisch einer gemeinsamen Trajektorie  $y_s(t)$  folgen lassen (Synchronisation):

$$\lim_{t \rightarrow \infty} |y_i(t) - y_s(t)| = 0, \quad i = 1, 2, \dots, N. \quad (1)$$

Typische Anwendungsbeispiele der Synchronisation unterliegen den folgenden praktischen Randbedingungen:

- Viele Teilsysteme müssen miteinander kooperieren.
- Die vernetzte Regelung enthält keinen Koordinator, so dass die Regelungsaufgabe durch die Agenten gelöst werden muss.
- Die Agenten unterliegen Störungen und Modellunsicherheiten.
- Es müssen Forderungen an das Übergangsverhalten erfüllt werden.

Die Dissertationsschrift entwickelt Methoden, die diese praktischen Randbedingungen berücksichtigen. Die Hauptergebnisse sind im Folgenden zusammengefasst:

1. Die asymptotische Synchronisation gestörter Agenten ist nur möglich, wenn das neu eingeführte Innere-Modell-Prinzip für Multiagentensysteme erfüllt ist. Dafür muss der lineare vernetzte Regler um dynamische lokale Regler erweitert werden. Störungen beeinflussen die synchrone Trajektorie  $y_s(t)$ . Um dies zu verhindern, wird ein virtueller Agent eingeführt, welcher das synchrone Verhalten der Agenten zielgerichtet beeinflusst.
2. Die Analyse unsicherer Multiagentensysteme führt auf die Frage, wann die asymptotische Synchronisation trotz Modellunsicherheiten erreicht werden kann, was als robuste Synchronisation bezeichnet wird. Das Ergebnis hängt von der Art der Parameterunsicherheiten ab. Multiagentensysteme mit Modellunsicherheiten in der Laplacematrix des vernetzten Reglers oder in den Systemmatrizen der Agenten können nicht robust synchronisiert werden, während Agenten mit Modellunsicherheiten in der Adjazenzmatrix oder den Eingangs- oder Ausgangsvektoren der Agenten robust synchronisierbar sind.
3. Haben die Agenten affine Anteile, die z. B. durch unterschiedliche Sollgeschwindigkeiten der Fahrzeuge in einer Fahrzeugkolonne entstehen, ist die asymptotische Synchronisation (1) nicht mit linearen vernetzten Reglern möglich. Deshalb wird die praktische Synchronisation

$$\lim_{t \rightarrow \infty} |y_i(t) - y_s(t)| \leq \bar{\epsilon}, \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (2)$$

betrachtet, bei der die Agenten der synchronen Trajektorie  $y_s(t)$  mit einer Toleranz  $\bar{\epsilon}$  folgen. Es wird eine Synchronisationsbedingung für die praktische Synchronisation (2) angegeben. Mit zusätzlichen dynamischen lokalen Reglern kann, wie für gestörte Agenten mit Hilfe des Inneren-Modell-Prinzips, die asymptotische Synchronisation erzielt werden.

4. Für das Übergangsverhalten werden Forderungen an die Verzögerungsmaße der Agenten gestellt, welche angeben, wie schnell die Ausgänge der Agenten einer Referenztrajektorie folgen. Ein Entwurfsalgorithmus für das Kommunikationsnetzwerk führt zielgerichtet zusätzliche Kanten ein, um die Forderungen an das Übergangsverhalten zu erfüllen.
5. Die experimentelle Erprobung der theoretischen Ergebnisse erfolgt mit mobilen Robotern, welche ihren Winkel auf unterschiedlichen Kreisbahnen synchronisieren sollen.