

Selbstorganisation in digital vernetzten Regelungssystemen

René Schuh

Die zunehmende Vernetzung technischer Systeme macht es möglich, dass Teilregler von Teilsystemen immer dann Informationen austauschen, wenn dies für die Gewährleistung einer bestimmten Regelgüte notwendig ist. In dieser Arbeit werden Regelungsmethoden vorgestellt, bei denen die Teilregler anhand von lokal verfügbaren Modell- und Messinformationen entscheiden, welche Informationsverbindungen sie im aktuellen Systemzustand nutzen müssen. Da die Teilregler keine koordinierende Komponente enthalten, entsteht ihre Kopplungsstruktur durch Selbstorganisation.

Digital vernetzte Regelungssysteme bestehen aus einer Regelstrecke P und einem vernetzten Regler C . Betrachtete Regelstrecken P sind physikalisch gekoppelte Systeme und Multiagentensysteme, die sich aus mehreren örtlich verteilten Teilsystemen Σ_i zusammensetzen. Der vernetzte Regler C besteht aus den Teilreglern C_i , die Zugriff auf lokale Informationen des jeweiligen Teilsystems Σ_i haben, und einem Kommunikationsnetz, über das die Teilregler C_i Informationen austauschen können.

Zur Generierung einer situationsabhängigen Kommunikation, wird eine generelle Gliederung der Teilregler C_i in drei Komponenten vorgeschlagen. Die *Rückföhrereinheit* beinhaltet eine lokale Rückföhrung der lokalen MessgröÙen und sichert damit Stabilität der physikalisch gekoppelten Teilsysteme bzw. Synchronisation der Agenten. Zusätzlich zu dieser lokal generierten StellgröÙe wird eine StellgröÙe unter Verwendung der situationsabhängig kommunizierten Signale generiert. Die *Beobachtungseinheit* gibt Auskunft über die aktuelle Situation des jeweiligen Teilsystems Σ_i unter Auswertung lokal verfügbarer Informationen. Die *Entscheidungseinheit* entscheidet entsprechend der aktuellen Situation ob der Teilregler C_i Informationen über Σ_i an andere Teilregler sendet. Welche Informationen dies sind und welche anderen Teilregler Informationen erhalten, hängt von der aktuellen Situation ab und wird durch lokale Regeln entschieden. Die konkrete Realisierung dieser Komponenten der Teilregler C_i hängt von der Systemklasse und den Regelungszielen, wie z. B. Störkompensation oder FührungsgröÙenfolge, ab.

In dieser Arbeit werden fünf Regelungskonzepte vorgestellt, die die oben beschriebene Struktur verwenden, um damit situationsabhängige Kommunikationsstrukturen selbstorganisiert auszubilden.

Für physikalisch gekoppelte Systeme werden zwei Konzepte vorgestellt, bei denen die Teilregler C_i in Abhängigkeit der Störeinwirkung Informationen untereinander austauschen. Beim ersten Konzept wird bei großen Koppelwirkungen des Teilsystems Σ_i auf seine Nachbarteilsysteme Σ_j die berechnete Koppelwirkung von Teilregler C_i an Teilregler C_j gesendet, damit diese Koppelwirkung kompensiert werden kann. Das zweite Konzept ahmt das Verhalten eines zentral geregelten Systems nach. Hierfür wird ein gegebener zentraler Regler zerlegt und auf die Teilregler C_i verteilt. Die StellgröÙe $\mathbf{u}_{ji}(t)$ wird nur dann von C_i nach C_j , gesendet, wenn $\mathbf{u}_{ji}(t)$ einen signifikanten Anteil an der gesamten StellgröÙe von Σ_j hat.

Für die gesteuerte Synchronisation von Multiagentensystemen werden drei Konzepte vorgestellt. Durch eine Änderung des Sollwertes am sogenannten *leader* ändert sich die Referenztrajektorie, auf welche die Agenten Σ_i synchronisieren sollen. Zur Reduzierung des Synchronisationsfehlers tauschen die Teilregler beim ersten Konzept ausgehend von einer Basiskommunikationsstruktur zusätzliche Informationen aus, wenn der lokale Regelfehler einen kritischen Wert überschreitet. Beim zweiten Konzept unterbrechen die Teilregler bei großen Störeinwirkungen die Kommunikation zu ihren Nachfolgern, um eine Störausbreitung im Gesamtsystem zu verhindern. Das dritte Konzept betrachtet den Ausfall der Sendeeinheit eines Teilreglers, wobei die daraus resultierenden ausgefallenen Informationsverbindungen durch adäquate Verbindungen mit anderen Agenten ersetzt werden.