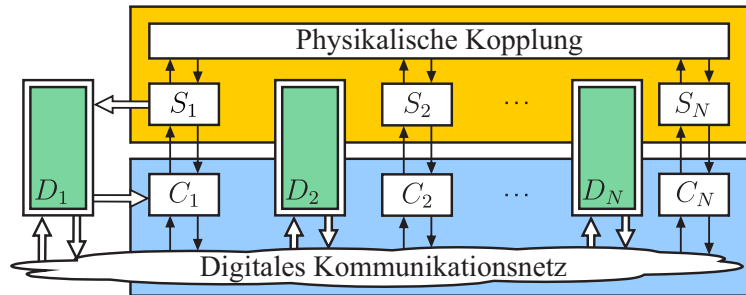


Plug-and-play-Regelung physikalisch gekoppelter Systeme

Sven Bodenburr

Die zunehmende Vernetzung technischer Systeme macht es möglich, dass Teilregler von Teilsystemen untereinander Informationen austauschen, um eine geforderte Regelgüte für das Gesamtsystem zu sichern. Das untenstehende Bild zeigt den Aufbau eines digital vernetzten Regelungssystems, welches aus N physikalisch gekoppelten Teilsystemen S_i und N digital vernetzten Teilreglern C_i besteht. Bisher wurde das digitale Kommunikationsnetz fast ausschließlich für die Übertragung von Signalwerten (einfache Pfeile in dem Bild) zwischen den Teilreglern genutzt.



Das Konzept der Plug-and-Play-Regelung erweitert diese Verwendung des Kommunikationsnetzes dahingehend, dass Modelle oder Algorithmen ausgetauscht werden (Doppelpfeile in dem Bild). Diese Informationen sind notwendig, wenn während der Laufzeit einzelne Teilregler neu entworfen werden müssen. Dieser Entwurf wird von N Entwurfsagenten D_i (grüne Blöcke in dem Bild) organisiert. Um den Entwurfsagenten den Entwurf des Teilreglers zu ermöglichen, muss zuvor ein geeignetes *Modell* des Teilsystems unter der Wirkung aller anderen angekoppelten Teilsysteme erstellt werden und *lokale Entwurfskriterien* formuliert werden, welche die Einhaltung des globalen Regelungsziels sichern. Jedem Teilsystem S_i wird ein Entwurfsagent D_i zugeordnet, welcher das Modell des zugehörigen Teilsystems kennt. Ohne globale Koordination, müssen die Entwurfsagenten selbst relevante Informationen über das Kommunikationsnetzwerk voneinander abfragen. Schlussendlich wird der entworfene Regelalgorithmus in die Hardware implementiert (plug), so dass das Gesamtsystem sich wie gewünscht verhält (play). Das Ziel dieser Arbeit ist es, Methoden bereitzustellen um relevante Modellinformationen zu bestimmen, lokale Entwurfskriterien zu formulieren und den Regelalgorithmus zu entwerfen.

Anhand von drei Lösungsansätzen, widmet sich diese Arbeit der Fragestellung, welche Auswirkung die Genauigkeit des Modells auf die zu erwartende Regelgüte des Gesamtsystems hat. Der Entwurf mit einem *exakten Modell* ist ohne Einschränkungen an die erreichbare Regelgüte möglich, wohingegen der Entwurf anhand des *Teilsystemmodells* nur durch strenge Entwurfsforderungen erreicht werden kann. Ein *Approximationsmodell* hingegen reduziert die Modellkomplexität und sichert zudem eine adäquate Regelgüte des Gesamtsystems.

Das exakte Modell beschreibt das Verhalten des Teilsystems S_i unter der Wirkung aller mit S_i stark zusammenhängender Teilsystemen. Die Arbeit präsentiert einen verteilten Suchalgorithmus, der diese Teilsysteme findet, sodass D_i das exakte Modell erstellen kann. Wenn lediglich das Modell des Teilsystems S_i zur Verfügung steht, muss die Einhaltung des globalen Regelungsziels anhand des lokalen Modells überprüfbar sein. Es wird gezeigt, dass dies dadurch erreicht werden kann, dass entweder der Einfluss jedes geregelten Teilsystems auf die physikalische Kopplung reduziert wird oder jedes geregelte Teilsystem in einem festen Arbeitsbereich gehalten wird. Aus diesen Ansätzen werden hinreichende Entwurfskriterien hergeleitet, die sowohl Stabilität als auch eine geforderte Regelgüte des Gesamtsystems sichern. Für die Erstellung eines Approximationsmodells wird eine lokale Schranke präsentiert, die es dem Entwurfsagenten D_i ermöglicht zu entscheiden, welche Teilsystemmodelle relevant für die Approximation sind und welche Teilsystemmodelle als Modellunsicherheit aufgefasst werden können. Es wird gezeigt, dass eine geeignete Approximation bereits durch die Berücksichtigung benachbarter Teilsystemmodelle hervorgeht.

Das Hauptresultat dieser Arbeit ist ein Konzept zum automatischen Entwurf von Teilreglern, welches Anwendung in der fehlertoleranten Regelung findet oder zur Integration neuer Teilsysteme genutzt wird. Die Methoden der Plug-and-Play-Regelung sind anhand von Simulationen und Experimenten an einem thermofluiden Prozess und an einem Multizonenofen erprobt und bewertet worden.