

Modellierung, Analyse und Steuerungsentwurf für ereignisgesteuerte positive Systeme

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit einer neuen Klasse von Systemen, den ereignisgesteuerten positiven Systemen. Diese Systemklasse zeichnet sich durch interagierende kontinuierliche und diskrete Dynamiken aus. Der Wechsel des diskreten Zustands wird als Schalten bezeichnet, und wird durch einen Regler beeinflusst. Die Schaltvorgänge sind notwendig, um den kontinuierlichen Zustand des Systems vom Anfangszustand in einem Zielzustand zu führen. Auch nachdem der Zielzustand erreicht wurde, muss weiterhin geschaltet werden, um das System im Zielzustand zu halten. Die betrachteten Systeme haben eine positive kontinuierliche Dynamik.

In dieser Arbeit wird untersucht, wie die Eigenschaften der betrachteten Systemklasse ausgenutzt werden können, um den Entwurf des schaltenden Reglers, der den kontinuierlichen Zustand von einem Arbeitsbereich in einen höheren verschiebt, zu vereinfachen. Ferner wird ein Modell, das diese Systemklasse beschreibt, vorgestellt. Die Idee hinter dem Reglerentwurf ist, die kontinuierliche und diskrete Dynamik sowohl für das Modell als auch für den Regler separat zu betrachten. Durch diese Trennung ist es möglich, den diskreten und kontinuierlichen Regler separat zu entwerfen. Dies vereinfacht den Entwurf und stellt dem Ingenieur einen größeren Gestaltungsraum zur Verfügung.

Der Reglerentwurf basiert auf einer Erreichbarkeitsanalyse. Eine Analyse des Vektorfelds im Phasenraum zeigt, dass es möglich ist, den kontinuierlichen Zustandsraum in eine endliche Menge von Regionen zu unterteilen, die von der Richtung des Vektorfelds abhängig sind. Auf diese Weise kann die Unsicherheit im Entwurf reduziert und gleichzeitig die Berechnung der Erreichbarkeitsmengen vereinfacht werden.

Eine Analyse des Verhaltens des schaltenden Systems im eingeschwungenen Zustand zeigt, dass es möglich ist, die Trajektorien des Systems auf bestimmte invariante Mengen, genannt H-invariante Mengen, zu beschränken. Trajektorien aus diesen Mengen konvergieren garantiert zu einem stabilen und eindeutigen Zyklus unabhängig vom Anfangszustand. Es wird gezeigt, wie diese Idee genutzt werden kann, um Regler zu entwerfen, welche die statischen Endwerte der kontinuierlichen Zustände unabhängig vom Anfangswert auf eine gewünschte Menge beschränken. Das Resultat dieses Ansatzes sind Regler, die robuster als herkömmliche Regler sind.

Die Richtigkeit und Anwendbarkeit der Entwurfsmethoden wird anhand einer Produktionszelle gezeigt, die am Lehrstuhl für Automatisierungstechnik und Prozessinformatik an der Ruhr-Universität Bochum aufgebaut wurde. Die Ergebnisse der Experimente sind in dieser Arbeit aufgeführt.