

## Modellierung und partiell koordinierte Diagnose asynchroner ereignisdiskreter Systeme

Sebastian Drüppel

Lehrstuhl für Automatisierungstechnik und Prozessinformatik

In dieser Arbeit wird ein neuartiger Ansatz zur Modellierung, Analyse und Diagnose gekoppelter mechatronischer Systeme mit *teilweise autonomem* Verhalten und *asynchronen* Zustandsübergängen vorgestellt. Die System-internen Interaktionen sind nicht messbar, jedoch verlässlich. Für die Diagnose relevante Messungen sind in den betrachteten Systemen als Ereignisfolgen gegeben, obwohl unterlagerte Regelkreise kontinuierlich arbeiten. Die resultierende, qualitative Beschreibung ist ausreichend für Diagnosezwecke.

*Asynchrone Eingangs-/Ausgangsautomatennetze* sind in dieser Arbeit entwickelt worden, um teilweise Kopplungen zwischen den Komponenten zu beschreiben und die *algorithmische Komplexität* zu reduzieren. Eingangs-/Ausgangsautomaten (E/A-Automaten) werden als Komponentenmodelle verwendet, Fehler als zusätzlicher Parameter ihrer Verhaltensrelation. Die Komponentenmodelle kommunizieren über Steuersignale mit ihrer Umwelt, Koppelsignale werden zur Beschreibung der internen Abhängigkeiten eingeführt und über einen Koppelblock miteinander verbunden. Das leere Symbol  $\varepsilon$  wird verwendet, um die „Interaktion“ zwischen Komponenten zu beschreiben, wenn diese autonom arbeiten, so dass alle lokal gemessenen Ereignisfolgen gleich lang sind. Das Verhalten aller Komponenten wird somit auf das Auftreten der Ereignisse synchronisiert. Dieses Modellierungskonzept beruht auf der von Standardautomaten bekannten parallelen Komposition. Es ist mindestens auf die gleiche Klasse asynchroner, ereignisdiskreter Systeme anwendbar wie der bekannte Modellierungsformalismus.

Die Kopplung von Komponentenmodellen kann zu algebraischen Schleifen führen, die nicht immer *wohl-definiert* sein müssen. Die von synchronen E/A-Automatennetzen bekannten Kriterien werden zur Überprüfung der Wohl-Definiertheit des neuen Systemmodells erweitert. Bedingungen für die *strukturelle Autonomie* werden basierend auf einer graphentheoretischen Analyse des zum System gehörenden, gerichteten Graphen entwickelt. *Zustands-abhängige Autonomie* wird auf Grundlage der Verhaltensrelation der Komponentenmodelle untersucht und für Vereinfachungen in der Diagnose verwendet. Zwei Algorithmen mit identischem Ergebnis zur *Simulation* des Verhaltens asynchroner E/A-Automatennetze werden präsentiert. Der Erste verwendet den durch Komposition erhaltenen äquivalenten Automaten, wohingegen der Zweite die Modellgröße signifikant reduziert, indem der relevante Teil der Verhaltensrelation online berechnet wird.

Für die Diagnose werden in dieser Arbeit drei verschiedene Informationsstrukturen untersucht. Der zentralisierte Ansatz liefert das ideale Diagnoseergebnis, löst jedoch das Komplexitätsproblem nur teilweise durch online Komposition. Durch diese teilweise Komposition gehen Netzwerkeffekte verloren, so dass kein Unterschied zur zentralen Diagnose synchroner E/A-Automatennetze besteht. Die Diagnoseaufgabe wird zur Reduzierung der Komplexität dezentral gelöst. Die lokal ermittelten Diagnoseergebnisse sind durch die Verwendung des leeren Symbols synchronisiert. Das daraus ermittelte dezentrale Diagnoseergebnis ist für wohl-definierte Netze für Zustands-abhängige Autonomie *vollständig* und *richtig*. Im allgemeinen Fall geht die Richtigkeit verloren, die Vollständigkeit nicht. Das ideale Diagnoseergebnis liefert der *partiell koordinierte Diagnosealgorithmus* durch die zentrale Entfernung von Widersprüchen in den lokal ermittelten Werten der Koppelsignale und Fehler. Das Ergebnis der Koordination wird, im Unterschied zum bidirektionalen Algorithmus für synchrone Netze, für wohl-definierte Netze bei Zustands-abhängiger Autonomie nicht an die lokalen Diagnoseeinheiten gesendet. Das partiell koordinierte Diagnoseergebnis muss im Koordinator für die Verwendung im nächsten Zeitschritt *gespeichert* werden. Der hier entwickelte Algorithmus ist durch die Verwendung des leeren Symbols auf synchrone Netze übertragbar. Der einzige Unterschied zwischen beiden Netzformen besteht in der Aktualisierung der Netzwerksignale: Im synchronen Fall wird ein Taktsignal verwendet, im asynchronen Fall das Auftreten der Ereignisse.