

Achim Spangler, München

Modellierung von Arbeitsgespannen als Netzwerk autonomer Agenten

Die Anforderungen an aktuelle Produktionsplanungssysteme (PPS) und mobile Arbeitsgespanne lassen sich sehr gut mit allgemeinen Eigenschaften dezentralisierter, komplexer Systeme vergleichen. In beiden Fällen haben die historischen Lösungsansätze vergleichbare Schwächen, die zumindest bei PPS schon in ersten konkreten Einsatzszenarien über die Modellierung eines Netzwerkes von autonomen Agenten gelöst worden sind. Daher bietet es sich an, auch bei mobilen Arbeitsgespannen jedes Gerät über einen Agenten darzustellen und diese per ISOBUS kommunizieren zu lassen.

Die Herausforderungen und die zu deren Erfüllung erforderlichen Systemkonzepte sind zwischen landwirtschaftlichen Arbeitsgespannen und PPS sehr gut vergleichbar. [4] fasst die wesentlichen Kritikpunkte an bisherigen PPS wie folgt zusammen :

- „Current research in the field of FMS (Flexible Manufacturing System) control is mostly based on static models for specific system environment. Most of the models are not generic enough and are not adequate to address the dynamic natures of FMS in which changing of products requires fast system reconfiguration. [...] One basic reason of lacking generality, scalability and flexibility in most control models lies in the conventional centralized, top-down modeling approach in which the overall system features are defined first, and the representation of system components is usual hypothetical and highly simplified.“ [3]
- „Übliche Fertigungssysteme orientieren sich beim Fertigungsprozess an einem globalen Plan. Bei Störungen im Ablauf in diesen Systemen wird ein zeitaufwendiger Neu- und Umplanungsprozess notwendig. Durch eine Realisierung der Fertigungssteuerung als verteiltes Planungsproblem, es gibt also keinen globalen Plan und keine zentrale Kontrolle, wird ein effizienter Ablauf erwartet.“ [7]

Vergleichbarkeit der Anforderungen zwischen Arbeitsgespannen und Produktionsplanungssystemen

Bei landwirtschaftlichen Arbeitsvorgängen entsteht kein konkretes Produkt. Statt dessen wird eine abgeschlossene Arbeitsmaßnahme am Feld dargebracht. Die Herausforderungen an den Umgang mit variablen Maschinenkonfigurationen sind in der Landwirtschaft höher, da bei jeder Maßnahme eine andere Konfiguration vorherrschen kann.

Bislang wird die zentrale Planungsinstanz in der Landwirtschaft im Wesentlichen durch den Landwirt oder den Fahrer dargestellt, der den gesamten Prozess auch nur so gut optimieren kann, wie er das nötige Detailwissen hat und auch die nötige Übersicht

und Zeit hat, um daraus einen optimalen Arbeitsplan abzuleiten. So muss sich ein Landwirt zum Beispiel selber berechnen, wie intensiv er die Bodenlockerung ausführen muss, um eine darauf folgende Arbeit wie Säen optimal ausführen zu können. Er muss dabei zuerst den erforderlichen Bodenzustand ermitteln, um die dazu nötigen Traktor- und Geräteeinstellungen zu bestimmen.

Da der Hersteller eines Bodenbearbeitungsgerätes das nötige Expertenwissen hat, um die erforderlichen Eingangsgrößen für eine gewünschte Bodenlockerung abzuleiten, sollte diese Intelligenz in Form eines eigenen Microcontrollers an der Maschine im laufenden System dargestellt werden. Analog sollte sich der Landwirt nur auf die Definition der zentralen Arbeit konzentrieren, ohne selber ermitteln zu müssen, wie die Details der nötigen Vorarbeiten einzustellen sind. Das dazu nötige Wissen sollte wiederum vom entsprechenden Hersteller direkt in der Maschine platziert werden, um dynamisch je nach der aktuellen Produktionsanforderung die nötigen Voraussetzungen zu definieren.

Thomas Wagner stellt die charakteristischen Prozesse eines Automatisierungssystems in *Bild 1* dar [14]. Analog zu mobilen Arbeitsgespannen in der Landwirtschaft wird auch bei Automatisierungssystemen erkannt, dass dies aus Elementen von verschiedenen Herstellern mit entsprechend unterschiedlichen Technologien (etwa BUS Protokolle) besteht.

Herausforderungen durch komplexere Automatisierungssysteme

Vergleichbar zur Landwirtschaft wurden bei Produktionssystemen zuerst einfache Steuerungsaufgaben durch ECUs (Electronic Control Unit) dargestellt. Durch die stufenweise Automatisierung immer komplexerer Regelungsebenen ergab sich eine als Automatisierungspyramide bezeichnete Struktur.

Innerhalb dieses Modells wird ein Fertigungsprozess durch Verknüpfen von einzelnen Beschreibungsblöcken dargestellt. Das damit erreichte Abstraktionsniveau ist sehr nah an der Implementierung und stark auf

Dipl.-Inform. Achim Spangler ist Technischer Leiter im Competence Center Embedded Systems der OSB-AG, Klenzestraße 38, 80469 München; e-mail: a.spangler@osb-ag.de

Schlüsselwörter

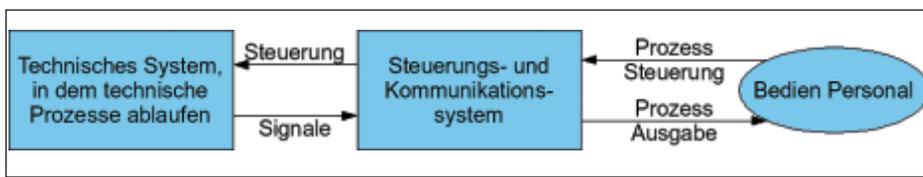
ISOBUS, Multi-Agenten-Systeme, Open Source, PABADIS, MAS, Produktionsplanung

Keywords

ISOBUS, multi agents systems, Open Source, PABADIS, MAS, production planning

Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 07SH20 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.



Geräteigenschaften konzentriert. All diesen Modellen ist gemein, dass sie ein Netzwerk von passiven Knoten beschreiben, in dem eine an der Funktion und Sequenz orientierte Beschreibung geliefert wird.

Für einen höheren Automatisierungsgrad und eine bessere vertikale Integration wurden immer „intelligenter“ Einheiten mit immer komplexeren Interaktionen eingeführt. Daraus ergibt sich ein System, das mit den allgemeinen von [6] beschriebenen Eigenschaften eines komplexen dezentralisierten Systems vergleichbar ist. Bei kanonischer Modellierung werden die Interaktionen zwischen den Einheiten zu fest definiert. Zudem sind die Mechanismen nicht geeignet zur Darstellung der systeminheränten Organisationsstruktur.

Optimierung der Produktionsplanung durch Multi-Agenten-Systeme

Bei einem agentenbasierten Ansatz können nun Subsysteme und deren Komponenten auf Agenten und Strukturen von Agenten übertragen werden. Interaktionen werden durch Kooperation, Koordination und Verhandlungsmechanismen dargestellt. Zuletzt werden Beziehungen durch explizite Mechanismen zu deren dynamischer Anpassung umgesetzt [5, 6]. Daraus ergibt sich entsprechend [20] für agentenbasierte Systeme:

- Agenten repräsentieren die dezentralisierte Struktur des Problems. Diese Abstraktion führt zu einer besseren Kontrollierbarkeit der Komplexität der Software.
- Die abstrakte Interaktion von Agenten bietet Mechanismen für flexible Organisationsstrukturen. Dies beeinflusst dynamische bottom-up Koordination und fördert dynamische Anpassung der Software an sich wandelnde Umgebungsbedingungen.

Daher werden Multi-Agenten-Systeme (MAS) als integrale und universale Lösung von der Feldebene bis hin zur Unternehmensebene als geeignet eingeschätzt und auch schon in der Automobilindustrie erfolgreich eingesetzt [8]. [10] nennt weitere Beispiele, die bis hin zu Maschinensteuerungen gehen [8, 9, 11].

Lange Zeit wurde die Entwicklung von MAS in der Produktionsplanung durch eine Vielzahl unterschiedlicher, proprietärer Agentensprachen, -protokolle oder -plattformen erschwert [10]. Seit 2000 wird, initiiert durch das EU Forschungsprojekt „Plant Automation Based on Distribution Systems“ (PABADIS), ein neuer, international unterstützter Ansatz entwickelt [2]. Gegenüber anderen MAS Ansätzen wird bei PABADIS eine Mischung von stationären (fest an eine Montagezelle gebunden) und mobilen Agen-

ten verwendet. Wenn ein individueller Agent per RFID-Tag an das Produkt gebunden den gesamten Fertigungsprozess begleitet, wird eine sehr hohe, auf einzelne Stücke bezogene Flexibilität erreicht. Das PABADIS Konzept ist speziell konzipiert für unzuverlässige Netzwerke und Systeme und unterstützt Skalierbarkeit in einem hohen Maße.

Mobiles Arbeitsgespann als Multi-Agenten-System

In dem genannten Beispiel einer Kombination aus Saat und Bodenlockerung wird das abstrakte Produktionsziel aus Saat-Dichte und -Tiefe von Agenten schrittweise in Prozessschritte aufgebrochen, die von den Agenten untereinander koordiniert werden.

Jeder Agent, der eine Maschine oder ein Gerät in einem ISO 11783 (ISOBUS) Netzwerk repräsentiert, muss empfangene Informationen und Steuerwerte mit seiner aktuellen Modellierung des Systemzustandes abgleichen, um somit eine Validierung dieser Daten ausführen zu können. CAN Botschaften können hierbei durch gegebenenfalls im Netzwerk propagierte Auswertungsfehler, elektronische Störungen oder sogar auch durch maliziöse Netzwerkteilnehmer zu einer Verfälschung und damit auch potenziellen Bedrohung führen. Aufgrund der hohen Flexibilität und Variabilität in dem offenen Kommunikationssystem von ISOBUS sollten irreführende Informationen beim Systemdesign eher als Regel denn als Einzelfall angesehen werden, um bei der Entwicklung einzelner Systeme ein geeignetes Sicherheitskonzept zu erarbeiten.

Während herkömmliche agentenbasierte Systeme wie TCP/IP und Java/Jini eine sehr leistungsfähige und flexible Kommunikation verwenden können, muss bei einem CAN basierten Netzwerk eine starke Schematisierung der Interaktionen erfolgen. Diese dürfen jedoch keine zu starke Abhängigkeit des gesteuerten Systems zur Folge haben. Daher müssen die über ein standardisiertes Data Dictionary definierten, möglichst abstrakten Prozessgrößen über möglichst flexible Wertemengen (also Menge von Einzelwerten oder Intervallen) ansteuerbar sein. Unnötig strikte Abhängigkeiten durch zu elementare Prozessgrößen oder exakte Sollwerte reduzieren die Freiheitsgrade und fördern damit auch das Risiko von Ressourcen- oder Interessenkonflikten der einzelnen Einheiten und damit auch des gesamten Systems.

Gegenüber dem „Landwirtschaftlichen BUS System“ (DIN 9684, LBS) [1] gibt es bei ISO 11783 (ISOBUS) keine Möglichkeit zum Senden von globalen Steuergrößen als Prozessdatenbotschaft. Daher kann die bottom-up gesteuerte Umsetzung eines Produktionsauftrages zumindest auf Basis der aktuellen Definition von ISO 11783-7 und ISO 11783-10 nur mit leichten Anpassungen übertragen werden. Hierbei muss jeder Agent von sich aus erkennen, an welche anderen Agenten er die von ihm ermittelten nächsten Arbeitsschritte delegieren kann.

In dem genannten Beispiel könnte ein Landwirt seine Zielvorgaben zu Saat-Tiefe und -Dichte über eine Applikationskarte an einen Task-Controller (TC, ISO 11783-10) übermitteln. Der zur Sämaschine gehörende Agent würde je nach aktuellem Systemzustand die nötige Intensität und Tiefe der Bodenlockerung an geeignete andere Agenten weiterleiten. Der Agent zu einer Kreiselegge könnte auf Basis dieser Vorgaben ermitteln, welche Anzahl Zapfwellenumdrehungen pro Wegstrecke erforderlich ist, um die nötigen Voraussetzungen für eine optimale Saat zu schaffen.

Zusammengefasst könnte ein Landwirt Applikationskarten für Saat-Tiefe, -Dichte und Bodentypen erstellen, um unter allen Bedingungen unabhängig von den konkret eingesetzten Maschinen ein optimales Arbeitsergebnis zu erzielen.

Ausblick

Ein ISOBUS Netzwerk ist prinzipiell geeignet für die Darstellung eines Multi-Agenten Systems. Jedoch sind Erweiterungen bei der Kommunikation über Prozessdaten erforderlich. Zudem müssen systemübergreifende Verhaltensweisen definiert werden, durch die abstrakte Interaktionen mit Hilfe von Sequenzen einzelner Botschaften implementiert werden können.

Für eine effiziente Entwicklung Hersteller übergreifender Verhaltensmuster auf der Basis von ISOBUS bietet sich der Einsatz einer allgemeinen, offen zugänglichen Implementierung des Protokolls an. Als Basis könnte ISOAgLib dienen [12, 13].

