

Berichte aus der Automatisierungstechnik

Dirk Rokossa

**Prozeßorientierte Offline-Programmierung
von Industrierobotern**

D 290 (Diss. Universität Dortmund)

Shaker Verlag
Aachen 2000

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Rokossa, Dirk:

Prozessorientierte Offline-Programmierung von Industrierobotern/

Dirk Rokossa. - Als Ms. gedr. - Aachen : Shaker, 2000

(Berichte aus der Automatisierungstechnik)

Zugl.: Dortmund, Univ., Diss., 1999

ISBN 3-8265-6945-8

Copyright Shaker Verlag 2000

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Als Manuskript gedruckt. Printed in Germany.

ISBN 3-8265-6945-8

ISSN 0945-4659

Shaker Verlag GmbH • Postfach 1290 • 52013 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • eMail: info@shaker.de

9 Zusammenfassung

Durch den Einsatz von Offline-Programmier- und Simulationssystemen lassen sich Fertigungszellen auf Basis von Industrierobotern heute parallel zum laufenden Produktionsprozeß einrichten. Problematisch ist in diesem Zusammenhang, daß bei komplexeren Bearbeitungsprozessen eine manuelle Eingabe der Bewegungsabläufe für den oder die Roboter nur unzureichend unterstützt wird. Hierdurch werden die Programmierzeiten am Offline-Programmiersystem erheblich verlängert, was häufig deren Einsatz in diesen Bereichen in Frage stellt. Aufgrund fehlender Funktionen zur Analyse der Bearbeitungsergebnisse müssen die erstellten Roboterprogramme zudem in der realen Fertigungszelle umfangreich getestet werden. Dieses führt zu Produktionsstillständen und damit wiederum zur Ineffizienz der Offline-Programmierung.

Zur Lösung dieser Probleme wurde in der vorliegenden Arbeit ein neuer und umfassender Ansatz zur prozeßorientierten Offline-Programmierung von Industrierobotern vorgestellt. Die Grundlage hierzu bildet eine vereinheitlichende Theorie, mit der die Programmgenerierung basierend auf dem beabsichtigten Bearbeitungsprozeß ausgeführt wird. Der eingesetzte Roboter bekommt dadurch die ihm zugeordnete Rolle als Hilfsmittel für die Produktion, während der eigentliche Fertigungsprozeß im Mittelpunkt steht. Für die Umsetzung dieses Ansatzes wurden zwei Systemkonzepte abgeleitet:

Bei der *analytischen Vorgehensweise* werden die erforderlichen Robotertrajektorien und -programme automatisch erzeugt und nachfolgend u.U. interaktiv optimiert. Der Anwender wird hierbei von der Eingabe einzelner Bewegungsabläufe befreit, indem er ausschließlich eine Bearbeitungsstrategie und das gewünschte Bearbeitungsergebnis vorgibt. Eine Programmgenerierung wird somit gerade für Anwender mit nur geringen Kenntnissen über den Bearbeitungsprozeß und/oder die Robotertechnologie auf einfachste Weise ermöglicht. Im Gegensatz hierzu ersetzt die *intuitive Vorgehensweise* die automatische Trajektorienberechnung durch die Ausnutzung der erlernten Fähigkeiten des Anwenders und seines Fachwissens. Mit Hilfe von Methoden aus dem Bereich der VR und einer direkten Rückkopplung der Bearbeitungsergebnisse durch Online-Simulation des Bearbeitungsprozesses kann er manuell Bewegungsabläufe generieren und ablauffähige Roboterprogramme erzeugen. Dieses Vorgehen eignet sich insbesondere für Produktionsabläufe, bei denen geringe Variationen der Prozeßparameter toleriert werden können.

Grundlegend für die Realisierung der prozeßorientierten Offline-Programmierung ist eine geeignete Modellbildung für die Elemente der Fertigungszelle. Daher wurde im Rahmen einer makroskopischen Modellierung ein hierarchisch strukturierter Aufbau für die Arbeitszellenobjekte entworfen und durch die Verwendung von Octrees der effiziente Zugriff auf die geometrischen Daten der Umwelt ermöglicht. Innerhalb einer mikroskopischen Modellierung wurden zusätzlich Möglichkeiten erarbeitet, um Flächentopologien von Werkstücken verallgemeinert zu beschreiben. Dabei wurden sowohl approximierete Betrachtungsweisen auf Basis

von Facettennetzen, als auch detailliertere Parameterdarstellungen berücksichtigt. Die Anwendung dieser Modellierungsmethoden ermöglichte damit die vereinheitlichende Betrachtung beliebiger Werkstückformen.

Basierend auf diesem Umweltmodell wurden funktionale Komponenten als Grundlage für die Umsetzung der prozeßorientierten Programmiermethoden entwickelt. Dabei wurden einerseits neue Algorithmen für die Verschneidung von Oberflächen und die Generierung von Bahnstützpunkten auf Basis von Trajektoriengraphen vorgestellt, als auch Methoden aus dem Bereich der VR aufgegriffen und für die prozeßorientierte Offline-Programmierung angepaßt.

Die einzelnen Systemkomponenten bilden die Voraussetzung für eine automatische Programmgenerierung und effiziente Simulation von Bearbeitungsprozessen. Die in diesem Zusammenhang neu entwickelten Verfahren geben dem Anwender dabei die Möglichkeit, optimale Roboterprogramme auf Basis der geforderten Prozeßergebnisse zu erzeugen. Dabei wurde bewußt, gemäß dem prozeßorientierten Ansatz, auf die Berücksichtigung technischer Randbedingungen einzelner Fertigungsverfahren verzichtet. Es wurden vielmehr Programmparameter definiert, die den Generierungsvorgang für die Trajektorien und Roboterprogramme applikationsübergreifend ermöglichen.

Das entwickelte Modul zur Prozeßsimulation ermöglicht es dem Anwender, die Bearbeitungsergebnisse offline zu beurteilen. Hierdurch sind Programm- und Parameteroptimierungen bereits im Rahmen der Arbeitsvorbereitung möglich, ohne Produktionsstillstände in der realen Anlage akzeptieren zu müssen. Durch die Abtrennung aufwendiger Berechnungen in eine Datenaufbereitungsphase wurde die Ausführung der Prozeßsimulation parallel zur Online-Simulation der Bewegungsabläufe realisiert. Durch die Rückkopplung der errechneten Bearbeitungsergebnisse zum Anwender in der VR können Programmieraufgaben auf diese Weise auch intuitiv von gelernten Fachkräften ausgeführt werden.

Die durchgängige Integration der entwickelten Verfahren in das Offline-Programmiersystem COSIMIR ermöglicht den Einsatz der prozeßorientierten Programmiermethoden im industriellen und wissenschaftlichen Bereich. Eine Vielzahl realisierter Anwendungen zeigt die Notwendigkeit, Effektivität und Akzeptanz der entwickelten Verfahren. So wurden verschiedene Applikationen im Bereich der Laserbearbeitungen durch den Einsatz der prozeßorientierten Offline-Programmierung erst ermöglicht und gleichzeitig die erforderlichen Kenntnisse des Anwenders beim Umgang mit Robotern durch die automatische Programmgenerierung auf ein Minimum reduziert. Die Programmgenerierung beim Spritzlackieren – typisches Einsatzgebiet für die zeit- und kostenintensive Play-Back-Programmierung – wurde durch den Einsatz der vorgestellten Verfahren und Anwendung der VR zum ersten Mal offline realisiert. Auf diese Weise wird die Wirtschaftlichkeit von automatisierten Lackierzellen erheblich verbessert. In allen Fällen wurden Programmierzeiten durch Anwendung der prozeßorientierten Offline-Programmierung drastisch reduziert und somit die Effektivität der Offline-Programmierung erheblich verbessert.