

Fortschritte in der Robotik

Band 8

Technische Universität Braunschweig
Institut für Robotik und Prozeßinformatik
Prof. Dr.-Ing. Friedrich M. Wahl (Hrsg.)

Bernd Finkemeyer

**Robotersteuerungsarchitektur auf
der Basis von Aktionsprimitiven**

Shaker Verlag
Aachen 2004

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 2004

Copyright Shaker Verlag 2004

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

Printed in Germany.

ISBN 3-8322-2893-4

ISSN 1431-7222

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

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

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

Kurzfassung

Robotersysteme sind mittlerweile nicht mehr wegzudenken. In vielen Bereichen erleichtern sie das Leben und nehmen schwere Arbeit ab. Doch nach wie vor haben Roboter den Nachteil, dass sie sehr unflexibel sind. Ungenauigkeiten im Arbeitsgebiet oder unvorhergesehene Ereignisse stellen für die Maschine häufig ein enormes Problem dar.

Zur Bewältigung dieser Problematik ist der Einsatz geeigneter Sensorik unumgänglich. Doch ist deren Verwendung limitiert, obwohl geeignete Sensorik und Regelalgorithmen in ausreichendem Maße zur Verfügung stehen. In dieser Arbeit wird der Frage nachgegangen, warum die derzeitige Situation so ist und wo die Probleme der Sensorintegration liegen. Dabei werden vier Forderungen formuliert, die für den erfolgreichen Sensoreinsatz eingehalten werden müssen. Inwieweit diese mit heutigen Steuerungsarchitekturen erfüllt werden können, wird analysiert.

Mit den gewonnenen Kenntnissen wird das Aktionsprimitiv definiert, das eine minimale Roboterbewegung darstellt, die sowohl sensorgeführt als auch sensorüberwacht sein kann. Zur Lösung von Roboteraufgaben wird aus mehreren Aktionsprimitiven ein Netz gebildet. Mit dem Aktionsprimitiv wird ein Interface zur Steuerung bereitgestellt, das diese nicht nur parametrisiert, sondern sie auch für die Bedürfnisse der aktuellen Bewegung optimiert. In der Arbeit wird das Konzept der adaptiven Selektionsmatrix eingeführt, das die reflexartige Reglerumschaltung erlaubt. Sie ist notwendig, falls ein ausgewählter Sensor samt Regelung die aktuelle Situation nicht kontrollieren kann. Damit wird zu jedem Zeitpunkt ein stabiler Regelkreis gewährleistet. Mit dem Aktionsprimitivkonzept können viele aus der Literatur bekannte Regelungs- und Steuerungsverfahren eingesetzt werden und zur Anwendung kommen.

Um eine die Aktionsprimitive voll nutzende Steuerung realisieren zu können, ist eine modulare Softwarearchitektur notwendig. Sie muss die Verteilung der Softwaremodule auf mehrere Rechner erlauben. Es wird gezeigt, dass bestehende Softwarearchitekturen und Middlewarekonzepte den benötigten Anforderungen nicht gerecht werden. Daher wird für die Bedürfnisse der Steuerungstechnik die Middleware MiRPA (*Middleware for Robotic and Process Control Applications*) entwickelt und deren Leistungsfähigkeit verifiziert.

Basierend auf MiRPA wird die Steuerungssoftware zur technischen Umsetzung der Aktionsprimitive konzipiert. Alle Funktionalitäten der Softwaremodule und ihr Zusammenspiel untereinander werden mit UML (*Unified Modelling Language*) modelliert. Offenheit und Flexibilität stehen beim Entwurf der Software im Vordergrund.

An einigen Roboteraufgaben, wie der Objektblage oder der Montage eines Handyakkus, wird die praktische Anwendung des Steuerungskonzepts gezeigt.

Abstract

Today's life has been simplified by robots in an extensive way. Heavy work is done by robots and many applications are not imaginable without them. But the usage of robots is still unflexibel. In many cases, uncertain environments and unforeseen events present significant problems.

To solve these problems, the usage of sensors is essential. Although many adequat sensors and corresponding control algorithms are available, their usage in commercial applications is restricted. The following two questions arise: Why is the mentioned situation still state of the art? Where are the problems in using sensors? Four requirements are formulated to answer these questions. They must be fulfilled for an effective sensor usage. In this thesis, it is analyzed how state of the art robot control systems comply with these requirements.

The acquired knowledge is used to specify the skill primitive. It defines a minimale movement of a robot, which can be sensor guided and sensor guarded at same time. To execute complex robot tasks, skill primitives are combined to skill primitive nets. The skill primitive provides a sophisticated interface to the control system. In contrast to others, it allows not only the parameterization of new desired control values. But it also defines and optimizes the controller for the current task. This thesis introduces the concept of the adaptiv selection matrix. It allows switching between controllers in a knee-jerk way, which is necessary, if the chosen sensor and controller are not able to handle the situation in this instant. With the introduced skill primitive concept, a number of control concepts from literature can be used and easily applied in practice.

The realization of a control system, which uses all advantages of the skill primitive concept, requires a powerful and modular software architecture. It must be possible to distribute the software in a computer network. As current software and middleware concepts do not meet the control requirements, the middleware MiRPA (*Middleware for Robotic and Process Control Applications*) becomes specified and its real-time ability gets verified.

The complete skill primitiv implementation is based on MiRPA. All software modules and their interactions are modelled in UML (*Unified Modelling Language*). Extensibility and flexibility are very important properties for the software design.

Some robot tasks like object placing or cell phone battery assembly show the practical use of the skill primitive concept.