



Doctoral Thesis

Sensorintegration und sensororientierte Bahnplanung Elemente einer modernen, modularen Robotersteuerung

Author(s):

Luthiger, Jürg

Publication Date:

1996

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-001687013> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH Nr. 11659

**Sensorintegration und sensororientierte Bahnplanung:
Elemente einer modernen, modularen
Robotersteuerung**

ABHANDLUNG
zur Erlangung des Titels
DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von
JÜRIG LUTHIGER
Dipl. Masch. Ing. ETH
geboren am 14. Juni 1960
Bürger von Risch ZG

Angenommen auf Antrag von:
Prof. Dr. G. Schweitzer, Referent
Prof. Dr. M. Engeli, Korreferent

Zürich 1996

Kurzfassung

Bei der Automation komplexer Produktionsprozesse spielt die Sensorik eine immer wichtigere Rolle. Deshalb wird von einer modernen Robotersteuerung die Möglichkeit einer flexiblen, kostengünstigen, konfigurierbaren und leistungsfähigen Integration von Sensordaten gefordert.

Als Teil des ZIP¹ Projekts *Sheet Metal Bending Robot* wurde am Institut für Robotik IfR ein modulares Robotersystem entworfen, bei dem man Sensoren der Aufgabe entsprechend auf verschiedenen Ebenen integrieren kann. Da die Sensorvorgaben nicht vorhersehbar sind, kann die Bewegungsplanung nicht off-line erfolgen. Deshalb musste ein neues Bahnplanungskonzept realisiert werden, das neben einem modularen Aufbau auch die Fähigkeit hat, Bewegungsbefehle jederzeit verarbeiten zu können. Eine solche Bahnplanung berechnet on-line jeweils nur das nächste Bewegungsinkrement als Funktion des aktuellen Zustands, der Grenzwerte, des Ziels und der Sensoreingänge.

Dieser inkrementelle Bahnplaner heisst *Flexible Motion Planner FMP* und ist eine Erweiterung der klassischen Bahnplanung um die Funktion *Neues Ziel Setzen*. Mit dieser Funktion kann der Benutzer oder ein Sensor während der laufenden Bewegung und zu einem beliebigen Zeitpunkt das anzufahrende Ziel neu setzen. Zusätzlich hat man die Möglichkeit die Geschwindigkeit jederzeit zu korrigieren, die Bewegung anzuhalten und nach einer gewissen Zeit wieder aufzunehmen oder nach einem Halt die Bewegungsrichtung zu wechseln und zum Ausgangspunkt zurückzufahren. Diese Funktionalität wurde auch in die klassische, programmierte Bahnplanung integriert, indem die kinematische und geometrische Definition der Bewegung getrennt wurde. Diese Bewegungen sind jedoch auf ihren geometrischen Ort beschränkt, welcher nicht verlassen werden darf, auf dem jedoch beliebige Aktionen möglich sind.

Dank der erweiterten Bahnplanung stehen dem Benutzer nun 4 Eingriffsmöglichkeiten für die Integration von Sensordaten zur Verfügung. Die erste Schnittstelle liegt auf der Programmebene. Sie wird bei Kontroll- und Überwachungsaufgaben durch Sensoren eingesetzt. Die zweite Schnittstelle bietet dank der flexiblen Bahnplanung eine einfache, benutzerfreundliche Möglichkeit an, um direkt die Bewegung zu beeinflussen. Über die dritte Schnittstelle kann zu einem programmierten und von der Bahnplanung interpolierten Bahnpunkt ein Korrekturwert addiert werden, was auch bei der vierten

¹Zentrum für Integrierte Produktionssysteme ETH Zürich

Schnittstelle möglich ist. Da diese direkt vor dem Regler liegt, wird sie vor allem bei der Realisierung eines Sensorreglerkreises verwendet.

Um die Wartbarkeit der Software zu verbessern und Erweiterungen zu ermöglichen, wurde die Steuerungssoftware mit einer objektorientierten Programmiersprache geschrieben. Die resultierende Modularität erlaubt eine einfache Portierung der Software auf neue Robotersysteme, was in verschiedenen, praktischen Beispielen gezeigt werden konnte.

Abstract

Sensors are playing an increasingly important role in the automation of complex production processes. A simple, flexible and cheap sensor integration is therefore one of the main requirements for a modern robot system.

As part of the ZIP² project *Sheet Metal Bending Robot* at the institute of robotics IfR we designed a modular robot system, suitable for sensor integration on different levels. With sensors recording robot motions, it is not possible to do any calculations in advance, because sensor inputs are not predictable. A new motion planning concept had to be developed which has a modular design and which is able to handle sensor signals at any time. Such a planner calculates only the next motion increment as a function of the actual state, the limits, the destination and the sensors inputs.

The incremental planner is called *Flexible Motion Planner FMP* and extends the classical pathplanner with the function *Set New Destination*. Using this function a user or a sensor is able to change the destination location and the velocity at any time during an active move. It is also possible to stop the motion and after a given period of time continue or change the direction and move back to the starting point. Due to separation of the geometrical and kinematical motion definition it was possible to include these functions also in the classical path planning, however these motions are bound to the programmed path which can not be abandoned. On the path itself, any actions can be executed.

With the extended path planner, the user now has the possibility of integrating sensors on four different levels. Sensors for supervising tasks are normally used in user programs, which is on the first level. On the second level, a motion can be affected in a simple and user-friendly manner, thanks to the new path planner. To correct already planned path points, sensor signals can be added after the interpolation on the third level. The fourth, on the lowest level, acts just before the controller and is designed to complete the sensor control circuit.

To improve the maintenance of the software and to make extensions possible the software was written in an object-oriented programming language. It is now possible to move and to adapt this software to new robot systems very easily as has been proven in several actual applications.

²Zentrum für Integrierte Produktionssysteme ETH Zürich