

Kurzfassung

Die Automatisierung der Produktion, speziell für die Kleinserienmontage, erfordert beim Robotereinsatz eine immer höhere Flexibilität zur wettbewerbsfähigen Herstellung von Gütern nach Änderungen der Produkte oder Prozesse. Dies kann jedoch von den konventionellen Roboterprogrammiersystemen nicht ausreichend erfüllt werden. Der Grund besteht darin, dass diese komplex zu bedienen sind und hohe Anforderungen an die Qualifikation des Personals stellen. Um diesen Engpass zu beheben, wurde ein Konzept zur intuitiven und einfachen Roboterprogrammierung entwickelt. Es bietet die Möglichkeit für Personal mit wenig Roboterkenntnissen, ausführbare Roboterprogramme für komplexe Aufgaben wie Montageaufgaben innerhalb kurzer Zeit zu erstellen.

Das entwickelte Roboterprogrammierkonzept nutzt einen intuitiven demonstrativen Ansatz, wodurch die Erstellung der Montageaufgaben durch Vormachen der Aufgabe anstatt durch konventionelle Ansätze abgeschlossen wird. Bei der sogenannten Programmierung durch Vormachen wird die Demonstration ohne Nutzung von einem physischen Robotersystem durchgeführt. Die Mensch-Maschine-Interaktion umfasst die Eingabe des Benutzers und die Rückmeldung an den Benutzer. Um die Bedienung des Programmiersystems möglichst intuitiv und einfach zu gestalten, werden unter anderem Gesten zur Eingabe und Augmented Reality zur Rückmeldung verwendet. Die Benutzerschnittstelle ist zur virtuellen Montageplanung gestaltet, sodass die Erstellung oder Wiederholung der Montageaufgaben einfach ist.

Zur Erstellung der Demonstrationsumgebung sind die geometrischen Modelle der Produkte und deren Baugruppendaten erforderlich. Diese Daten werden bei der Produktentwicklung gestaltet und aus der Konstruktionssoftware als eine Austauschdatei exportiert. Durch Lesen dieser Austauschdatei werden die Baugruppendaten in die Demonstration überführt. Die demonstrierten Montageaufgaben werden in Teilaufgaben segmentiert und in eine Aufgabensequenzdatei eingeführt. Unter Nutzung der Aufgabensequenzdatei werden die Roboteraktionen aus einer vordefinierten Aktionsbibliothek, worin die Aktionen als Musterfunktionen zur generellen Beschreibung der Montageaufgaben enthalten sind, aufgerufen und parametrisiert. Dadurch werden die Roboterprogramme nach der Demonstration automatisiert generiert. Die Parameter der Roboteraktionen werden durch Kombination von Bewegungserfassung des Benutzers und Transformationen der Baugruppenabhängigkeiten bestimmt. Dadurch kann die Ungenauigkeit der Bewegungserfassung kompensiert werden. Für die Gewährleistung der Sicherheit werden die generierten Roboterprogramme in einer virtuellen Umgebung simuliert. Nur die validierten Programme werden weiter an die Robotersteuerung überführt und ausgeführt. Der entwickelte Ansatz führt zu einer Erhöhung der Flexibilität und Reduktion von Aufwand und Komplexität der Roboterprogrammierung.

Ein Demonstrator wurde zur Realisierung der Montageaufgaben aufgebaut, womit das entwickelte Programmierkonzept umgesetzt wurde. Anhand des Aufbaus des Demonstrators konnte gezeigt werden, dass es möglich ist, einen Roboter durch den Benutzer allein über händische Manipulation der virtuellen Bauteile für Montageaufgaben zu programmieren. Eine Reihe von Experimenten wurde am Demonstrator durchgeführt, um die Anwendbarkeit des Konzepts bewerten zu können. Die Testergebnisse zeigen, dass das entwickelte Konzept für die avisierten Aufgaben grundsätzlich geeignet ist.

Abstract

The automation of production, especially for small-batch assembly, requires increasingly higher flexibility for using robots so that the production line could be adapted for any changes in products or processes. However, this problem cannot be comprehensively fulfilled by conventional robot programming systems. This is because these systems are complex to operate and place high demands on the qualification of the personnel handling the system. To overcome this bottleneck, a concept for intuitive and simple robot programming was developed in this work. It offers the possibility for personnel with little knowledge of robotic systems to create executable programs for performing complex tasks such as assembly with minimal time.

The developed robot programming concept is based on an intuitive approach wherein the assembly tasks are created through demonstrations instead of the conventional robot programming approaches. This programming by demonstration approach is based on virtual demonstration of tasks without requiring the physical robotic system. The human-machine interaction includes input from the user and the feedback to the user. To make the operation of the programming system intuitive and easy to interact, gestures are used for input and augmented reality for feedback. The user interface is designed for performing virtual assembly planning to create or reproduce assembly tasks easily.

To create the demonstration environment, the geometric models of the parts and their assembly data are used. This data is generated during product development and exported from the CAD software as an exchange file. Reading this exchange file transfers the assembly data to the demonstration environment. The human demonstrations of the assembly tasks are then performed, and a task sequence file is generated which includes segmentation of the assembly tasks into subtasks. Using the task sequence file, the robot actions from an action library, which contain the actions as template functions for general description of the assembly tasks, are invoked and parameterized. In this way, the robot programs are generated automatically after the demonstration. The parameters of the robot actions are defined by combining the user's motion capture and the transformations of the assembly constraints, thus compensating for the inaccuracy of the motion capture system. To ensure safety, the generated robot programs are initially simulated in a physics environment and the validated programs can be transferred to the robot controller for execution. The developed approach leads to an increased flexibility and a reduction of effort and complexity in robot programming.

A demonstrator was set up to realize the assembly tasks, with which the developed programming concept was implemented. The design of the demonstrator showed that it is possible for the user to program a robot alone for assembly tasks by manipulating the virtual components manually. A number of experiments were carried out using the demonstrator to evaluate the applicability of the concept. The test results show that the concept developed is basically suitable for the tasks envisaged.