

2.9. AG Eingebettete Systeme und Robotik (RESY)

2.9.1. Personelle Zusammensetzung

Leiter

Prof. Dr. Dominik Henrich

Wissenschaftliche Mitarbeiter

Dipl.-Wi.-Ing. Dirk Ebert

Dipl.-Phys. Björn Kahl

Gäste

Prof. Shigang Yue (Alexander-von-Humboldt-Stiftung)

Sekretariat

Karin Scheffler

2.9.2. Kurzbeschreibung der Arbeitsgruppe

Die Arbeitsgruppe Eingebettete Systeme und Robotik (RESY) befasst sich mit informationsverarbeitenden Systemen, deren wesentliche Eigenschaft ist, Teil eines umfassenderen Gesamtsystems zu sein. Es sind also die speziellen Anforderungen und Einflussfaktoren des Gesamtsystems an das eingebettete System zu berücksichtigen.

Dieses Teilgebiet der Informatik wird in der AG-RESY beispielhaft vor allem für Robotik-Anwendungen betrachtet. An einen Roboter als informationsverarbeitendes Teilsystem seiner Arbeitsumgebung werden Anforderungen gestellt, wie zum Beispiel die Fähigkeit der Umwelterfassung, der Umweltbeeinflussung, der Echtzeitverarbeitung, der Fehlertoleranz, der Robustheit und/oder der Autonomie. In der AG-RESY werden für diese Systeme insbesondere Ent-

wurf, Modellierung, Implementierung, Programmierung, Test, Wartung und Anwendung betrachtet.

Die Forschungsschwerpunkte der AG-RESY umfassen folgende Gebiete:

- Robotersimulation und -programmierung,
- Handhabungsfähigkeiten für Roboter,
- Kraft- und Sicht-basierte Manipulation,
- Handhabung deformierbarer Objekte,
- Automatische Bewegungsplanung sowie
- Kollisionserkennung und -vermeidung.

2.9.3. Forschungsvorhaben

Roboterbasierte Manipulation deformierbarer linearer Objekte (RODEO)

In diesem Forschungsvorhaben wird die Programmierung von Robotern zur Manipulation von deformierbaren linearen Werkstücken, wie z.B. Kabel, Schläuche, Leitungen, Seile, Schnüre, Stangen usw., untersucht. Problematisch sind hierbei die sich verändernde Werkstückform durch Schwer- bzw. Kontaktkräfte, die kaum beeinflussbare inhärente Nachgiebigkeit und die Toleranzen. Zur Lösung dieser Aufgabe werden zwei Ansätze verfolgt und kombiniert: Zum einen wird eine Programmiermethode basierend auf einer Bibliothek von sensorgestützten Grundoperationen entwickelt. Die Grundoperationen realisieren Übergänge in einem vollständigen Kontaktzustandsmodell und können daher für verschiedene Anwendungsdomänen wiederverwendet werden. Zum anderen wird diese Programmiermethode durch eine physikalische Modellierung des Werkstücks unterstützt. Dabei kann entweder aus der Greiferbewegung die Werkstückbewegung berechnet werden oder umgekehrt.

Virtuelle Roboterprogrammierung (VIROP)

In diesem Forschungsvorhaben wird die Programmierung von Industrieroboter in einer virtuellen Umwelt untersucht. Dazu wird die reale Roboterzelle (ohne Roboter) in einem graphischen Simulationssystem modelliert. Der Benutzer kann über ein kraftrückkoppelndes 6-DOF-Eingabegerät die Werkstücke intuitiv und ohne Rücksicht auf die Eigenschaften des realen Roboters manipulieren. Das Simulationssystem zerlegt die Objektbewegungen in einzelne, sensorgestützt ausführbare Montagemakros und berechnet daraus ein roboterspezifi-

schen reales Programm. Als Anwendungsbeispiel dient die Handhabung von deformierbaren, linearen Objekten ("DLOs") wie von Kabeln oder Schläuchen, deren Handhabung mit klassischen, festprogrammierten Systemen wegen ihrer veränderlichen, nicht genau bekannten Form schwierig ist.

Vibrationsarme Roboterbewegungen für deformierbare Werkstücke

In diesem AvH-Projekt wird die möglichst schwingungsfreie Handhabung von deformierbaren linearen Werkstücken durch Industrieroboter betrachtet. Dazu werden unterschiedliche Korrekturbewegungen untersucht, die an eine beliebige Transferbewegung angehängt werden können. Um die Dynamik der deformierbaren linearen Objekte zu beschreiben, werden die Objekte durch finite Elemente dargestellt und daraus die dynamischen Differenzialgleichungen abgeleitet. Genetische Algorithmen finden dann die optimale Korrekturbewegung. Außerdem wird ein Ansatz mit kraft- und bildgebenden Sensoren zur Berechnung der Korrekturbewegung verfolgt.

Sicherheitsstrategien für Mensch-Roboter-Kooperation (SIMERO)

Im Projekt SIMERO werden Strategien für die sichere Mensch-Roboter-Kooperation untersucht. Bislang ist es aus Sicherheitsgründen nicht möglich, dass ein herkömmlicher Industrieroboter und ein Mensch gleichzeitig im selben Arbeitsraum arbeiten. Der Grund dafür ist, dass der Roboter den Menschen nicht wahrnehmen und auf seine Anwesenheit reagieren kann. Allerdings ist eine strikte Abschottung des Roboters von der Umwelt bei vielen Aufgaben nicht wünschenswert, denn Industrieroboter und Menschen haben unterschiedliche Stärken. Industrieroboter sind schnell, stark und positionsgenau. Menschen dagegen sind unerreicht geschickt bei komplizierten Montagevorgängen. Um diese Stärken optimal zu kombinieren, ist eine enge Zusammenarbeit zweckmäßig. Ziel des Projektes ist es, Sicherheitsstrategien, die es ermöglichen, dass ein Mensch und ein 6-achsigen Industrieroboter gleichzeitig in einem gemeinsamen Arbeitsraum arbeiten können, ohne dass für den Menschen eine Verletzungsgefahr besteht, zu entwickeln und in einem Demonstrationssystem zu realisieren.

Sichtbasiertes Kupfer-Recycling (VISREC)

Das Ziel des europäischen Verbundprojekts VISREC ist die Entwicklung eines automatischen und flexiblen Verfahrens zur Entfernung von kleinen Verunreinigungen aus einem Granulat von sehr ähnlichen Materialien, um so zu einer Ma-

terialmischung mit höherem Reinheitsgrad zu gelangen. Die Verunreinigungen sind sowohl metallische als auch nicht-metallisch und haben eine Größe von ca. $0,5 \text{ mm}^2$. Dazu werden die Verunreinigungen anhand ihrer unterschiedliche Farbe mit einem hochauflösenden und hochgetaktetem Bildverarbeitungssystem erkannt und mit einer pneumatischen Saugmechanik aus dem Granulat entfernt.

2.9.4. Veröffentlichungen

Bücher

Henrich D., Wörn H. (Eds.): "Robot manipulation of deformable objects", Advanced Manufacturing Series, Springer-Verlag, London, 2000, ISBN: 1-85233-250-6.

Buchbeiträge

Remde A., Henrich D.: „Direct and Inverse Simulation of Deformable Linear Objects“. In: Robot manipulation of deformable objects, Henrich D., Wörn H. (Eds.), Springer-Verlag, London, 2000, ISBN: 1-85233-250-6.

Abegg F., Remde A., Henrich D.: „Force- and vision-based detection of contact state transitions“. In: Robot manipulation of deformable objects, Henrich D., Wörn H. (Eds.), Springer-Verlag, London, 2000, ISBN: 1-85233-250-6.

Konferenzbeiträge

Remde A., Abegg F., Wörn H., Henrich D.: "Ein allgemeiner Ansatz zur Montage deformierbarer linearer Werkstücke mit Industrierobotern". In: Robotik 2000, FhG-IPK Berlin, 29./30. Juni 2000

Diplomarbeiten

Schlechter A.: "Manipulation deformierbarer Objekte: Manipulationsfähigkeiten", Diplomarbeit, Fachbereich Informatik, Universität Kaiserslautern, 2000.

Projektarbeiten

Göhlert T.: "Kraftgeregelte Grobbewegungen ", Projektarbeit, Fachbereich Informatik, Universität Kaiserslautern, 2000.

2.9.6. Mitarbeit in Gremien

D. Henrich:

- Mitglied der Gesellschaft für Informatik (GI)
- Mitglied im Fachausschuss 4.1 „Robotersysteme“ der GI

2.9.7. Hardware-Ausstattung

Rechenausstattung

- Netzwerk aus NT-Workstations (Pentium III, 500 Mhz)
- Flachbettscanner
- Farbtintenstrahldrucker
- SW-Laserdrucker

Robotik-Ausstattung

- Industrieroboter RX130 (135 cm Reichweite, 234 kg Eigengewicht, 12 kg Traglast, 278°/sec Geschwindigkeit, 0,3 mm Positioniergenauigkeit)
- Kraft/Momenten-Sensor (1,5 g Auflösung)
- Backengreifer (25,4 mm Hub, 330 N Greifkraft)
- Verschiedene Tischroboter für das Roboterpraktikum

3.3. Praktika

AG Eingebettete Systeme und Robotik (RESY)

Roboterpraktikum

In dem Roboterpraktikum wird das Verständnis und die Programmierung von Robotern mit ihren Sensoren vertieft. Dazu werden derzeit folgende Versuche angeboten:

- Yo-Yo-spielender Roboter
- Auswerten von Kraftsensordaten
- Berechnung der schnellstmöglichen Bewegung
- Berechnung der kürzesten Bewegung
- Programmieren von Bewegungen im Hindernsparkurs
- Modellierung der Robotergeometrie und Kinematik
- Planen von kollisionsfreien Bewegungen
- Sortieren von Klötzchen in Echtzeit