



1 *rob@work greift Gegenstände in einem Supermarkt.*

2 *Der häusliche Roboterassistent Care-O-bot® 4 bereitet Essen zu.*

3 *Autonomer Bagger bewegt Fässer.*

KOLLISIONSFREIE MANIPULATION MOBILER SERVICEROBOTER IN DYNAMISCHEN UMGEBUNGEN

Hintergrund

Mobile Serviceroboter mit Manipulationsfähigkeiten werden zunehmend in Alltagsumgebungen genutzt. Im Gegensatz zu Industrierobotern mit fester installierten Schutzeinrichtungen ist die Umgebung eines Serviceroboters deutlich komplexer. Insbesondere muss eine Gefährdung des Menschen und seiner Umgebung stets ausgeschlossen sein. Dafür muss das Robotersystem auf Veränderungen der Umgebung angemessen und vor allem schnell reagieren können.

Weitere Herausforderungen ergeben sich beim Einsatz mobiler Plattformen mit integrierten Manipulatoren. Deren Synchronisierung kann bei speziellen Aufgaben oder für die Vermeidung von Hindernissen in engen Umgebungen erforderlich werden.

Unsere Lösung

Das Fraunhofer IPA hat langjährige Erfahrung auf dem Gebiet der Manipulation mit mobilen Servicerobotern. Unsere flexible Softwareumgebung vereint grundlegende Algorithmen für kinematische Berechnungen mit verschiedenen Methoden der Greif- und Bewegungsplanung und der Bewegungssteuerung. Unsere Lösungen stellen sicher, dass die Roboterbewegungen immer geschmeidig verlaufen, auch wenn dynamische Hindernissen den Pfad kreuzen.

Die Softwareumgebung enthält auch intelligente regelungsbasierte Verfahren zur synchronisierten und koordinierten Bewegung mehrerer Aktoren, z. B. von zwei Roboterarmen oder einem Roboterarm mit einer mobilen Plattform.

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Ansprechpartner

Mayank Patel
Telefon +49 711 970-1879
mayank.patel@ipa.fraunhofer.de

Mostafa Aboubakr
Telefon +49 711 970-1956
mostafa.aboubakr@ipa.fraunhofer.de

www.ipa.fraunhofer.de/robotersysteme



Systemarchitektur

Mobile Manipulationsaufgaben können in Bewegungsplanung und -steuerung unterschieden werden. Bewegungsplanung beinhaltet Greifplanung und Bahnplanung, die Roboter- und Umgebungsinformationen als Input nutzt. Das Modul zur Bewegungssteuerung benutzt entweder eine Abfolge von Bewegungen oder die gewünschte Position des Endeffektors als Eingabe. Die Bewegungsplanung und -steuerung sind in der Lage, potentielle Kollisionen zu erkennen und zu vermeiden, zum Beispiel basierend auf der Verarbeitung von 3D Tiefenbildern.

Alle Module sind mit ROS (Robot Operating System) Schnittstellen versehen, womit die einfache Integration mit weiteren Softwaremodulen für die Anwendungsentwicklung unterstützt wird.

Greifplanung

Das Greifplanungsmodul beinhaltet sowohl modellbasierte als auch modellfreie Methoden. Für modellbasierte Greifplanung ist ein CAD-Modell oder ein anderes 3D-Modell notwendig, um die Objekte erkennen zu können. Anhand der Modelle wird das Objekt lokalisiert und eine kollisionsfreie Bahn zum Greifen errechnet. Für die modellfreie Greifplanung kann unsere Software geeignete Greifkonfigurationen und Greifstrategien direkt aus einer 3D-Punktwolke errechnen. Die beiden Greiflösungen ermöglichen dem Nutzer, das für seine Anwendung beste Greifplanungsmodul auszuwählen.

Bahnplanung

Unsere Softwareumgebung bietet generische und flexible Lösungen für die Bewegungsplanung mit mobilen Manipulatoren. Dabei werden verschiedene Typen von Bewegungsplanern zu Verfügung gestellt. Diese errechnen eine Sequenz von Bewegungen, entweder in kartesischen oder in Gelenkkkoordinaten. Dabei werden Hindernisse dynamisch umfahren und Einschränkungen der Gelenkbewegung berücksichtigt. Das Bahnplanungsmodul kann ebenfalls kollisionsfreie, simultane Bewegungen für zweiarmigen Roboter berechnen.

Bewegungssteuerung

Unsere Bewegungssteuerung basiert auf der Methode der Nichtlinearen Modellprädiktiven Regelung (NMPC). Diese ermöglicht die kontinuierliche Anpassung der Roboterbewegung an die Umgebung. Eine exponentielle Kostenfunktion stellt sicher, dass Kollisionen zuverlässig vermieden, dabei aber gleichzeitig auch relevante Einschränkungen der Gelenke berücksichtigt werden. Entlang der kollisionsfreien Trajektorie werden kontinuierliche Positionen oder Geschwindigkeiten erzeugt. Dabei wird eine geschmeidige Bewegung des Roboters sichergestellt, ohne abrupte Stopps.

Die entwickelte Methode kann an verschiedene Arten von Roboterarmen, redundante Manipulatoren oder die komplette kinematische Kette eines mobilen Manipulationsroboters angepasst werden.

Potenzielle Anwendungsgebiete

Einzelhandel und Logistik

Serviceroboter nutzen die kollisionsfreie Manipulation zusammen mit unserer Objekterkennungssoftware, um pick-and-place Aufgaben auszuführen, wie zum Beispiel Objekte aus den Regalen eines Supermarktes oder Warenhauses zu nehmen. Die verfügbaren Softwarekomponenten unterstützen einen sicheren Betrieb des Roboterarms, selbst in Anwesenheit von Menschen.

Häusliche Unterstützung

Zukünftig werden Serviceroboter in der Lage sein, Menschen im häuslichen Alltag zu unterstützen. Um in engen Räumen arbeiten zu können, müssen die Bewegungen von Roboterplattform und -arm effizient koordiniert werden, beispielsweise beim Öffnen von Türen. Dabei werden relevante Orientierungseinschränkungen berücksichtigt, zum Beispiel beim Hantieren mit Tassen oder Öffnen von Flaschen.

Leistungsangebot

Als Ihr Partner unterstützt Sie das Fraunhofer IPA in allen Entwicklungsphasen Ihrer Serviceroboteranwendung:

- Beratung bei der Auswahl der passenden Hardware oder Roboterkinematik für Ihre mobile Manipulationsaufgabe.
- Implementierung der Manipulationssoftware auf Ihrem Robotersystem: Integration von vorhandenen Funktionen sowie Entwicklung neuer Komponenten
- Konzeption und Realisierung individueller Anwendungsszenarien.