

SICHERE MANIPULATION MOBILER SERVICEROBOTER IN DYNAMISCHEN UMGEBUNGEN

Fraunhofer-Institut für Produktions- technik und Automatisierung IPA

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Ansprechpartner
Dipl.-Ing. Ulrich Reiser
Telefon +49 711 970-1330
ulrich.reiser@ipa.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Alexander Bubeck
Telefon +49 711 970-1314
alexander.bubeck@ipa.fraunhofer.de

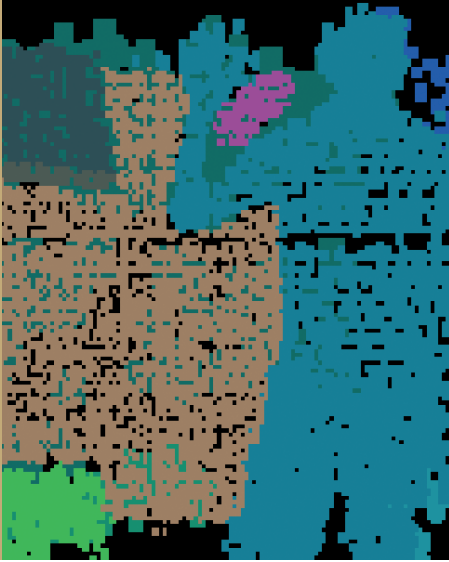
www.ipa.fraunhofer.de

Ausgangssituation

Autonome Serviceroboter halten mehr und mehr Einzug in unser tägliches Leben. Zukünftige Serviceroboter-Produkte müssen in der Lage sein, Handhabungsaufgaben auch in dynamischen Umgebungen kollisionsfrei durchzuführen. Die Kollisionsüberwachung umfasst sowohl Eigenkollisionen des Roboters als auch Kollisionen mit der Umgebung. Industrieroboter sind meist derart konstruiert, dass die einzelnen Gelenke nicht miteinander kollidieren können, so dass eine Eigenkollisionsvermeidung nicht notwendig ist. Insbesondere für mobile Roboter werden jedoch oft Leichtbauarme mit mehr als 6 Freiheitsgraden eingesetzt. Dazu kommt, dass viele mobile Roboter mehrere Manipulatoren besitzen (z. B. für bewegliche Sensorträger, etc.), so dass die Eigenkollisionsüberwachung unabdingbar wird. Die unterschiedlichen

Verfahren der Kollisionsvermeidung können in Offline-Methoden wie Bahnplanung und Online-Methoden, die während der Manipulatorbewegungen kontinuierlich im Hintergrund ablaufen, gegliedert werden. Für dynamische Umgebungen können nur Online-Methoden ausreichend Sicherheit bezüglich Kollisionsfreiheit mit externen Objekten bieten.

Das Fraunhofer IPA hat eine Steuerung für die Manipulation mobiler Serviceroboter entwickelt, die Manipulationsvorgänge für Arme unterschiedlicher Kinematiken selbstständig planen und durchführen, dabei jedoch auch in Echtzeit auf dynamische Veränderungen der Umgebung reagieren und damit Kollisionen vermeiden kann. Ist der Arm auf einer mobilen Plattform montiert, kann die Steuerung auch eine übergreifende Bewegungsplanung für koordinierte Arm-Plattform-Bewegungen durchführen.



Modellierung des Roboters und der Umgebung

Der gesamte Roboter Aufbau wird mit Hilfe von »oriented bounding boxes« (OBBs) modelliert, wobei zwischen statischen (z. B. Roboterbasis) und dynamischen Teilen (z. B. Manipulatoren) unterschieden wird. Die dynamischen Teile werden durch sog. artikulierte Modelle abgebildet, die mit jeder Roboterbewegung entsprechend der aktuellen Gelenkwinkel aktualisiert werden. Dabei wird jedes Gelenk als einzelne OBB abgebildet. Basierend auf diesem Modell können Eigenkollisionsberechnungen durchgeführt werden.

Die Umgebung wird mithilfe eines 3-D-Time-of-Flight-Sensors modelliert, der mit etwa 20 Hz Abstandswerte der Umgebung in Form einer 3-D-Punktwolke liefert. Aus dieser Punktwolke wird durch ein Voxelierungsverfahren ein 3-D-Hindernissmodell generiert.

Dynamische Bahnplanung

Zunächst wird offline eine so genannte Roadmap erstellt, die aus ca. 30.000 verschiedenen Roboterkonfigurationen besteht, die über den gesamten Arbeitsraum des Roboterarms verteilt sind. Für diese Konfigurationen sowie deren Übergänge werden Eigenkollisionsberechnungen durchgeführt und kollidierende Konfigurationen und Übergänge deaktiviert. Die Roadmap gewährleistet somit bereits kollisionsfreie Pfade zwischen den enthaltenen Armstellungen im hindernisfreien Fall. Je nach Umgebung sind jedoch nicht alle diese

Konfigurationen und Pfade tatsächlich kollisionsfrei. Deshalb wird in einem zweiten Schritt eine Zuordnung von allen Armstellungen und Übergängen zu der entsprechenden Belegung von Zellen in einem 3-D-Raumgitter generiert. Da diese Zuordnung unabhängig von der momentanen Umgebung ist, kann dieser Schritt ebenfalls offline durchgeführt werden.

Im dritten Schritt kann das 3-D-Hindernissmodell, das in seiner Struktur mit dem 3-D-Raumgitter übereinstimmt, dazu verwendet werden, zulässige Armstellungen für die momentane Hindernissituation in der Roadmap abzubilden. Ist z. B. eine Zelle im Raumgitter durch ein Hindernis belegt, können sehr schnell auch die entsprechenden Teile der Roadmap deaktiviert werden. Ein Standard Wegplanungs-Algorithmus kann auf dieser – nun bezüglich der aktuellen Hindernislage kollisionsfreien – Roadmap, eine zulässige Bahn berechnen. Da rechenintensive Kollisionsberechnungen (bis auf die Überprüfung der Verbindung von Start- und Zielkonfiguration zur Roadmap) weggelassen, kann diese Phase online durchgeführt werden.

Koordinierte Arm-Plattform-Bewegung

Mobile Serviceroboter sind oft mit kompakten und leichten Roboterarmen ausgestattet, deren Arbeitsraum entsprechend eingeschränkt ist. Hier kann die mobile Plattform des Roboters eingesetzt werden, um den Arbeitsraum so zu vergrößern, dass auch komplexe Manipulationen, wie beispielsweise das Türöffnen, möglich werden. Hierzu ist die Manipulationsregelung

mit einem schnellen Feedforward-Port ausgestattet, der es ermöglicht, diese mit verschiedensten Plattformkinematiken zu verknüpfen, die wiederum mit separaten Softwarekomponenten geregelt werden. Der optionale Einsatz von Echtzeittechnologien wie Xenomai und RT-Net ermöglicht zudem die synchrone Regelung von Plattform- und Arm. Durch diese Verknüpfung wird außerdem die Bewegung des Manipulators durch die Lokalisierung und Sensorik der mobilen Plattform optimal unterstützt.

Unser Leistungsangebot

Als Ihr Partner unterstützt Sie das Fraunhofer IPA in allen Entwicklungsphasen Ihrer Serviceroboter-Anwendung, insbesondere:

- Beratung bei der Konzeption mobiler Serviceroboter, insbesondere bei der Auswahl der Manipulatorhardware
- Integration der kompletten Armsteuerung inklusive Kinematik, Kollisionsschutz, Bahnplanung, koordinierte Arm-Plattform-Bewegung für redundante Roboterhardware
- Integration von Einzelmodulen in bestehende Steuerungen
- Individuelle Entwicklung neuer Komponenten für Ihre Steuerung

Diskutieren Sie mit uns Ihr individuelles Einsatzszenario.

1 3-D-Hindernissmodell

2 Dynamische Bahnplanung

3 Kraftgesteuerte Manipulation eines Stellrads