



1 3D-Umgebungskarte mit Ebenensegmentierung.

## 3D-UMGEBUNGSERFASSUNG UND -INTERPRETATION FÜR SERVICEROBOTER

### Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA

Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart

Ansprechpartner  
Florenz Graf M.Sc.  
Telefon +49 711 970-1286  
florenz.graf@ipa.fraunhofer.de

Chih-Hsuan Chen M.Sc.  
Telefon +49 711 970-1217  
chih-hsuan.chen@ipa.fraunhofer.de

[www.ipa.fraunhofer.de/robotersysteme](http://www.ipa.fraunhofer.de/robotersysteme)

### Ausgangssituation

Sollen mobile Serviceroboter Manipulations- und Navigationsaufgaben nicht nur in bekannten, sondern auch in unbekannt und veränderlichen Umgebungen vollständig autonom ausführen, ist eine dreidimensionale Erfassung der Umgebung der Roboter unabdingbar. Dabei sollen sowohl statische als auch dynamische Objekte im Umfeld des Roboters systematisch und effizient erfasst werden.

Auch im Rahmen der Teleoperation von Robotern ist eine für Menschen nachvollziehbare Umgebungserfassung wichtig für die Ausbildung intuitiver Benutzerschnittstellen.

Für alle genannten Anwendungsfelder sollte die Umgebungserfassung nahezu in Echtzeit ablaufen und robust gegenüber sich verändernden Lichtverhältnissen oder Geschwindigkeiten sein.

### Unsere Lösung

Das Fraunhofer IPA hat eine vielseitige und flexibel einsetzbare Softwarebibliothek zur Generierung von 3D-Umgebungskarten entwickelt. Dabei wird die Umgebung eines mobilen Roboters – insbesondere Hindernisse und Objekte, die dessen Bewegungen im dreidimensionalen Raum behindern könnten – rekonstruiert. Die Bibliothek umfasst unter anderem die folgenden Funktionen:

#### Filterung und Fusion von Sensordaten

Zunächst werden Daten der eingesetzten Sensoren, z. B. Bilder einer Farbkamera und Tiefendaten einer Time-of-Flight Kamera, fusioniert. Ziel ist die Erzeugung einer farbigen Punktwolke, in der jedem 3D-Punkt ein Farbwert zugeordnet werden kann. Diese Punktwolke kann für die anschließende Extraktion von Merkmalen, aber auch direkt für die Visualisierung der Umgebung genutzt werden.



Da die Tiefendaten stark rauschbehaftet sind, müssen sie gefiltert werden. Hierbei kommt eine Kombination von verschiedenen Filterverfahren zum Einsatz, die beispielsweise gaußsches Rauschen oder Abrisskanten entfernt.

### Registrierung

Während sich der Roboter vorwärts bewegt, müssen aufeinanderfolgend erfasste Werte in einer stimmigen Umgebungskarte zusammengeführt werden. Die Registrierung dient dazu, kleine Abweichungen und Fehler bei der Sensordatenmessung oder der erfassten Roboterposition möglichst in Echtzeit auszugleichen.

### Merkmalsextraktion

Die Merkmalsextraktion stellt den entscheidenden Schritt dar für die Umgebungserfassung notwendigen Datenreduktion dar. Ziel ist es dabei, in den aus den vorausgegangenen Schritten gewonnenen 3D-Punkten signifikante Merkmale zu erkennen und zu extrahieren, welche die geometrische Umgebung beschreiben. Diese werden mit den 2D-Farbdaten verknüpft, die damit auch als Merkmalspunkte verwendet werden können. Die gewonnenen Merkmale werden anschließend zur Segmentierung der Umgebung in verschiedene Regionen genutzt.

### Segmentierung

Die Segmentierung ist sowohl ein bedeutender Schritt bei der Datenreduktion als auch ein wichtiger Inputfaktor für die Kontextextraktion. Euklidische Cluster oder andere Verfahren werden verwendet, um einzelne Flächen und Ebenen sowie geometrische

Formen in der farbigen Punktwolke zu identifizieren, zu unterscheiden und damit die Umgebung zu beschreiben. Daraus wird ein geometrisches Modell der Roboterumgebung gebildet.

### Kontextextraktion

Die Ergebnisse der Punktwolken-Segmentierung können in einem weiteren Schritt als Input für die Extraktion semantischer Informationen genutzt werden. Verschiedene Verfahren und Datenbankinformationen werden verwendet, um anhand von Wahrscheinlichkeitsberechnungen spezifische Muster und damit Gegenstände und Umgebungen zu erkennen.

Beispielsweise können dabei geometrische Beziehungen zwischen den verschiedenen Formen als Maßeinheiten genutzt werden. So kann z. B. üblicherweise davon ausgegangen werden, dass ein Tisch aus einer horizontalen Platte und vier Zylindern (Tischbeine) besteht. Auf Basis dieser Informationen wird letztendlich eine semantische Umgebungskarte erstellt.

### Referenzprojekte

#### Shadow Robotic System for Ambient Assisted Living (SRS)

Ziel dieses Projekts war es, älteren Menschen durch teleoperierte Roboter zu ermöglichen, länger im eigenen Heim zu leben. Die Erfassung der Umgebung wurde sowohl für die kollisionsfreie Navigation und Manipulation als auch für die Visualisierung auf Seite des Teleoperators eingesetzt.

### Automatisierung in der Logistik und Produktion

Bei der automatisierten Handhabung von Produkten stellt die Dynamik der Umwelt oft eine besondere Herausforderung dar, z. B. durch verschobene Regale oder Hindernisse im Fahrweg. Durch den Abgleich des Soll-Zustands mit dem automatisch erfassten Ist-Zustand der Umgebung können Abweichungen erkannt und bei der weiteren Planung berücksichtigt werden.

### Effizientes Anlagenmonitoring (ATLAS)

Im Rahmen dieses Projektes wurden mobile Roboter direkt in die Prozessleitsteuerung von Anlagen integriert. Interaktive Visualisierungstechniken und automatisch interpretierbare 3D-Umweltmodelle dienen der Darstellung von Anlage-, Prozess- und Roboterdaten zur Steuerung und Diagnose.

### Unser Leistungsangebot

Als Ihr erfahrener Partner unterstützt Sie das Fraunhofer IPA in allen Entwicklungsphasen Ihrer individuellen Softwarekomponenten für die Umgebungserfassung:

- Systemkonzeption und Auswahl geeigneter Sensoren für die Umgebungserfassung
- Anpassungen oder Neuentwicklungen von Bildverarbeitungsverfahren nach Ihren spezifischen Anforderungen
- Integration der Verfahren in Ihre Serviceroboter-Anwendung