

SICHERE NAVIGATION AUTONOMER SYSTEME IN DYNAMISCHEN UMGEBUNGEN

Fraunhofer-Institut für Produktions- technik und Automatisierung IPA

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Ansprechpartner
Dipl.-Ing. Christian Connette
Telefon +49 711 970-1325
christian.connette@ipa.fraunhofer.de

Dipl.-Inform. Winfried Baum
Telefon +49 711 970-1250
winfried.baum@ipa.fraunhofer.de

www.ipa.fraunhofer.de

Ausgangssituation

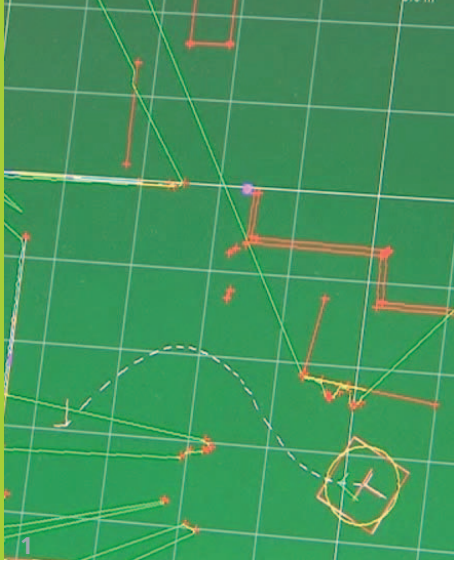
Im Zuge zunehmender Automatisierung nähern sich die Arbeitsräume von Mensch und Maschine immer stärker an. Dies gilt insbesondere für autonome mobile Systeme wie fahrerlose Transportfahrzeuge oder mobile Serviceroboter, die sich zum Teil bereits heute mit dem Menschen in ein und demselben Arbeitsraum bewegen. Diese Entwicklung bringt gesteigerte Anforderungen an die Navigation der mobilen Systeme mit sich. Zum einen ist durch die Nähe zum Menschen ein hohes Maß an Sicherheit und Zuverlässigkeit des Navigationssystems notwendig. Zum anderen müssen die Systeme in der Lage sein, flexibel auf Veränderungen ihrer Umgebung zu reagieren.

Das Fraunhofer IPA hat langjährige Erfahrung in der Software-Entwicklung für die Navigation autonomer Systeme. Die reali-

sierten Softwaremodule wurden dabei in den unterschiedlichsten Anwendungen und Umgebungen sowohl im industriellen als auch im öffentlichen Umfeld eingesetzt und konnten ihre Zuverlässigkeit teilweise schon im mehrjährigen Dauerbetrieb unter Beweis stellen. Die realisierten Module umfassen insbesondere Komponenten zur Kartierung und Lokalisierung sowie zur Bahnplanung und Bahnoptimierung in dynamischen Umgebungen, außerdem Komponenten zur Regelung unterschiedlicher Fahrzeugkinematiken.

Kartierung und Lokalisierung

Die Lokalisierung eines autonomen Systems basiert auf zwei Prinzipien. Zunächst wird über Koppelnavigation und mathematische Integration der gefahrenen Strecke die aktuelle Fahrzeugposition und -orientierung abgeschätzt. Bei der ausschließlichen



Verwendung odometrischer Informationen sind kleine Fehler jedoch unvermeidbar und summieren sich mit der Zeit. Deshalb werden zusätzlich Umgebungssensoren wie Laserscanner, Ultraschallsensoren oder Kameras verwendet, um verschiedene Umgebungsmerkmale zu erkennen. Diese Merkmale werden mit ihrer auf dem Fahrzeug abgespeicherten Sollposition abgeglichen. Letztendlich wird die Fahrzeugposition relativ zu den erkannten Umgebungsmerkmalen berechnet.

Die zur Lokalisierung benötigte Umgebungskarte kann aus vorhandenen CAD-Daten erzeugt, aber auch mithilfe eines SLAM-Verfahrens von dem autonomen System selbstständig erlernt werden. Das System erkundet dabei seine Umgebung und verzeichnet alle erkannten Umgebungsmerkmale in seiner Umgebungskarte.

Bahnplanung und Bahnoptimierung

Die Bahnplanung ermittelt eine geeignete Trajektorie für die Bewegung des Fahrzeugs. Je nach Anwendungsfall erfolgt die Bahnplanung zielpunktorientiert (beispielsweise für Transportaufgaben) oder flächendeckend (beispielsweise für die Bodenreinigung). Bei der zielpunktorientierten Planung wird eine weg- oder zeitoptimierte Trajektorie von einer Start- zu einer Zielkonfiguration ermittelt. Bei der flächendeckenden Planung wird eine Bahn errechnet, die eine lückenlose Abdeckung der zu bearbeitenden Fläche mit wenig Überlappung ermöglicht. In beiden Fällen wird die vorher erlernte Umgebungskarte als Planungsgrundlage

verwendet. Dabei berücksichtigt die Bahnplanung sowohl Geometrie als auch Kinematik des Fahrzeugs und optimiert den Pfad entsprechend. Damit ist es bei entsprechender Konstruktion des Fahrzeugs möglich, auch sehr schmale Durchgänge sicher zu passieren. Abhängig von der Einsatzumgebung des Fahrzeugs kann zwischen verschiedenen Planungsmethoden gewählt werden.

Zur Bahnoptimierung werden neben der Umgebungskarte auch Sensorinformationen berücksichtigt. Damit ist es möglich, den Pfad an sich verändernde Randbedingungen anzupassen, z. B. wenn ein Punkt des geplanten Pfads aufgrund dynamischer Hindernisse wie einer Person oder verschiebbarer Möbelstücke nicht erreichbar ist. Dazu wird die Methode »elastische Bänder« eingesetzt, bei welcher der Pfad als ein Gummiband modelliert wird, das um detektierte Hindernisse herum gespannt und geglättet wird.

Fahrwerkregelung

Die Fahrwerkregelung sorgt dafür, dass Geschwindigkeitskommandos, die an das Fahrzeug gesendet werden, in glatte/runde und effiziente Bewegungen umgesetzt werden. Durch eine Momentanpoldarstellung in Kugelkoordinaten wird es möglich, auch für unterschiedliche Fahrzeugkinematiken eine einheitliche Schnittstelle auf Geschwindigkeitsebene anzubieten.

Im Fall einfacher Kinematiken wie z. B. Differentialantriebe werden die eingehenden

den Kommandos direkt in Stellgrößen für die Antriebe umgesetzt. Beim Einsatz komplexerer, z. B. pseudo-omnidirektionaler Fahrwerke ist eine präzise Koordination der einzelnen Antriebe notwendig. Dafür wird eine zusätzliche Reglerkaskade integriert. Durch den zusätzlichen Einsatz Potenzialfeld-basierter Regler werden singuläre Konfigurationen bereits auf der untersten Regelungsebene vermieden und somit die Komplexität in höheren Anwendungsschichten reduziert.

Unser Leistungsangebot

Als Ihr Partner unterstützt Sie das Fraunhofer IPA in allen Phasen der Entwicklung Ihrer spezifischen Navigationssoftware:

- Beratung bei der Konzeption und Auswahl von Navigationsverfahren
- Lizenzierung bzw. Weiter- oder Neuentwicklung einzelner Navigationsmodule für Ihren spezifischen Anwendungsfall
- Integration neuer Navigationsmodule in vorhandene Fahrzeugsteuerungen
- Individuelle Entwicklung Ihrer kompletten Fahrzeugsteuerung

Diskutieren Sie mit uns Ihr individuelles Einsatzszenario.

- 1 *Planung eines kollisionsfreien Pfads zum Ziel*
- 2 *Haushaltsassistent »Care-O-bot® 3« beim sicheren Navigieren unter Personen*
- 3 *Einsatz des Navigationssystems auf einer omnidirektionalen Transportplattform*