



1 FTF von Bär Automation
mit Navigationssoftware des
Fraunhofer IPA. (Quelle:
Bär Automation GmbH)

2 Hochgenaue Navigation dank
Einbindung eines Trackingsystems.

FLEXIBLE NAVIGATION AUTONOMER SYSTEME IN DYNAMISCHEN UMGEBUNGEN

Ausgangssituation

Mobile Robotersysteme sind ein Schlüsselement in der Automatisierung und bieten die zunehmend geforderte Flexibilität. Diese Entwicklung bringt hohe Anforderungen an die Navigation der Robotersysteme mit sich.

Zudem 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 bereits heute in dynamischen Umgebungen eingesetzt werden. Zum einen erfordert die Nähe zum Menschen ein hohes Maß an Sicherheit und Zuverlässigkeit, zum anderen müssen die Systeme flexibel auf Veränderungen ihrer Umgebung reagieren können.

Unsere Lösung

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

sierten Softwaremodule werden dabei in unterschiedlichen Anwendungen und Umgebungen sowohl im industriellen als auch im öffentlichen Umfeld eingesetzt. Ihre Zuverlässigkeit und Sicherheit in der direkten Nähe zum Menschen wurde bereits in teilweise mehrjährigem Dauerbetrieb unter Beweis gestellt.

Lokalisierung und Kartierung

Die Lokalisierung eines autonomen Systems wird über die Fusion unterschiedlicher Sensoren erreicht. Je mehr Sensoren dabei verwendet werden, desto präziser, stabiler und robuster ist das Lokalisierungsverfahren. Dies stellt jedoch erhöhte Anforderungen an ein Sensorfusionsmodul: Es muss die Vielzahl an Sensorsignalen unterschiedlicher Art verarbeiten können. Durch einen modularen Ansatz kann das am Fraunhofer IPA entwickelte Sensorfusionsmodul diese Anforderungen erfüllen und eine maßgeschneiderte Sensorkonfiguration für kundenspezifische Anwendungsfälle umgesetzt werden. Integrierbar sind bereits folgende Sensoren, die Liste lässt sich nach

Fraunhofer-Institut für Produktions- technik und Automatisierung IPA

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Ansprechpartner
Dipl.-Ing. Matthias Gruhler
Telefon +49 711 970-1315
matthias.gruhler@ipa.fraunhofer.de

Dr.-Ing. Kai Pfeiffer
Telefon +49 711 970-1226
kai.pfeiffer@ipa.fraunhofer.de

www.ipa.fraunhofer.de/robotersysteme



3



4



5

individuellen Anforderungen erweitern:

- Odometrie über Motorencoder und IMU
- Laserscanner
- RFID
- (Indoor-)GPS
- Mono-, Stereo- und 3D-Kameras

Die zur Lokalisierung benötigte Umgebungskarte kann aus vorhandenen Umgebungsdaten (CAD-Daten, Gebäudepläne etc.) erzeugt, aber in veränderlichen Umgebungen auch mithilfe eines SLAM-Verfahrens (Simultaneous Localization and Mapping) vom autonomen System selbstständig vor und während der Laufzeit erlernt werden.

Bahnplanung und Bahnoptimierung

Die Bahnplanung eines Fahrzeugs ermittelt eine geeignete Bahn zum vorgegebenen Ziel. Dabei wird sowohl die Geometrie des Fahrzeugs als auch dessen Fahrwerkskinematik berücksichtigt und die berechnete Bahn kontinuierlich optimiert. Abhängig von der Einsatzumgebung des Fahrzeugs kann zwischen den Planungsmethoden »zielpunktorientiert« (wie z. B. für Transportaufgaben) oder »flächendeckend« (wie z. B. für die Bodenreinigung) gewählt werden. Mit der Umgebungskarte als Grundlage kann die Planung entweder vollautonom oder anhand vordefinierter Routen erfolgen.

Zur flexiblen Bahnoptimierung werden neben der Umgebungskarte auch aktuelle 2D- und 3D-Sensorinformationen zur Laufzeit berücksichtigt. Damit ist es möglich, die Bahn reaktiv an sich verändernde Randbedingungen anzupassen, z. B. um unbekannt statischen oder dynamischen Hindernissen auszuwei-

chen, die die ursprünglich geplante Bahn blockieren.

Fahrwerkregelung

Die Fahrwerkregelung sorgt dafür, dass Geschwindigkeitsbefehle, die an das Fahrzeug gesendet werden, in glatte und effiziente Bewegungen umgesetzt werden. Im Fall einfacher Kinematiken, wie etwa Differentialantrieben, werden die eingehenden Geschwindigkeitsbefehle 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 potenzialfeldbasierter Regler lassen sich singuläre Konfigurationen bereits auf der untersten Regelungsebene vermeiden und somit die Komplexität in höheren Anwendungsschichten reduzieren.

Referenzprojekte

Fahrerlose Transportsysteme

Zusammen mit der Firma Bär Automation GmbH hat das Fraunhofer IPA ein fahrerloses Transportsystem (FTS) für die Automobilproduktion realisiert. Die einzelnen Fahrzeuge navigieren basierend auf dem Sensorfusionsmodul frei und zugleich millimetergenau. Auch nach Inbetriebnahme der Anlage ist es leicht möglich, bestehende Bahnen zu ändern oder neue hinzuzufügen, sodass die Produktion wandlungsfähig wird. Zudem wurden in Verbindung mit dem Partner MLR System GmbH eine landmarken-

basierte Lokalisierung im Krankenhausumfeld sowie ein Trackingverfahren für aufzunehmende Lasten umgesetzt.

Fahrerassistenzsysteme

Durch den Transfer von Technologien aus der Servicerobotik ist es dem Fraunhofer IPA gemeinsam mit Partnern aus der Automobilindustrie gelungen, die Leistungsfähigkeit von Fahrerassistenzsystemen zu steigern und gleichzeitig die Kosten zu senken. Angewandt wurden dabei für die Navigation mobiler Roboter entwickelte Technologien aus der Umgebungserfassung und Modellierung.

Unser Leistungsangebot

Das Fraunhofer IPA unterstützt Sie als unabhängiger Technologiepartner in allen Phasen der Entwicklung Ihrer individuellen Navigationssoftware:

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

3 Care-O-bot® 4 kann sicher in dynamischen Umgebungen navigieren.

4 CASERO (MLR System GmbH) im Krankenhaus.

5 Mobiler Manipulator rob@work mit IPA-Navigationssoftware.

(Quelle: Fraunhofer IPA,

Foto: Christian Hass Stuttgart)