

Navigation 4.0

Optimierung fahrerloser Transportsysteme mittels Vernetzung und KI

Abschlussveranstaltung Lernreise Industrie 4.0

19.05.2021



Dr.-Ing. Kai Pfeiffer

Kai.pfeiffer@ipa.fraunhofer.de

+49 (0) 711 970 1226

Navigation 4.0

Optimierung fahrerloser Transportsysteme mittels Vernetzung und KI

Inhalt

- IPA Navigationslösung
- Navigation on Demand
- Erfahrungsbasierte Pfadplanung
- Selbstlernende Bahnregelung
- Kooperative Lokalisierung

IPA Navigation Stack

Autonome Navigation für mobile Roboter

- Vielseitig einsetzbarer Navigations-SW-Stack zur autonomen Navigation in dynamischen und veränderlichen Umgebungen
- Keine Marker oder zusätzliche Navigationsinfrastruktur notwendig
- Größtenteils Plattform-/HW- und Sensor-unabhängig
- Basierend auf dem Robot Operating System (ROS)
- Kernkomponenten:
 - Long-Term SLAM
 - Zonen-basierte globale Routenplanung
 - Dynamische, lokale Pfad- und Trajektorienoptimierung



www.node-robotics.de



Quelle: Alfred Kärcher GmbH



Quelle: Fraunhofer IPA



Quelle: Bär Automation GmbH



Quelle: BMW AG

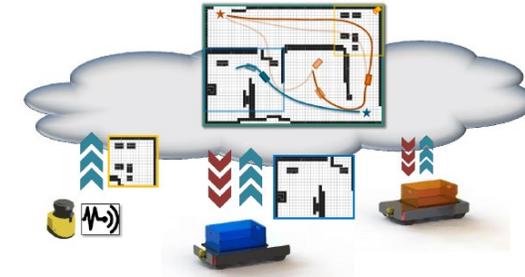


Quelle: Fraunhofer IPA

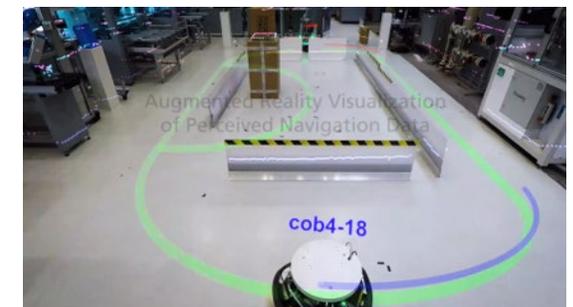
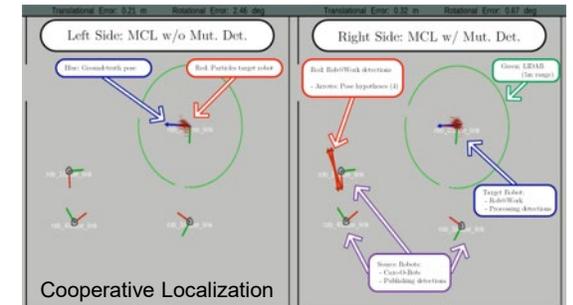
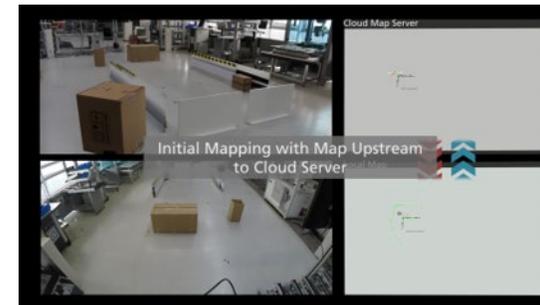
NODE - Navigation on Demand

Vernetzung, Kooperation, Cloud-/Edge-Computing und Machine Learning

- Auflösung fahrzeugseitiger Limitierungen durch Vernetzung
- Aufbau holistischer Umgebungs-/Zustandsmodelle
- Auslagerung von rechenintensiven Prozessen auf Cloud-/Edge-Server
- Effizientere und robustere Navigation durch Kooperation
- Optimale Orchestrierung von (auch heterogenen) Flotten
- Erfahrungs-/Lernbasierte Selbst-Konfiguration und Selbst-Optimierung



➔ Autonomie und optimale Navigation der Gesamtflotte!



NODE – Navigation on Demand

Virtuelle Logimat 2020



<https://www.youtube.com/watch?v=KVXQ9M81iwo>

Erfahrungs-/Lernbasierte Navigation

Optimierung von globalem Routing

Problemstellung:

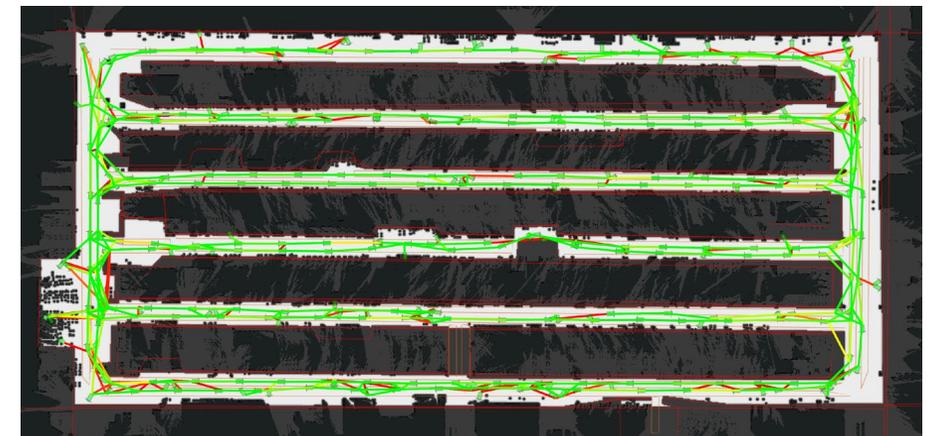
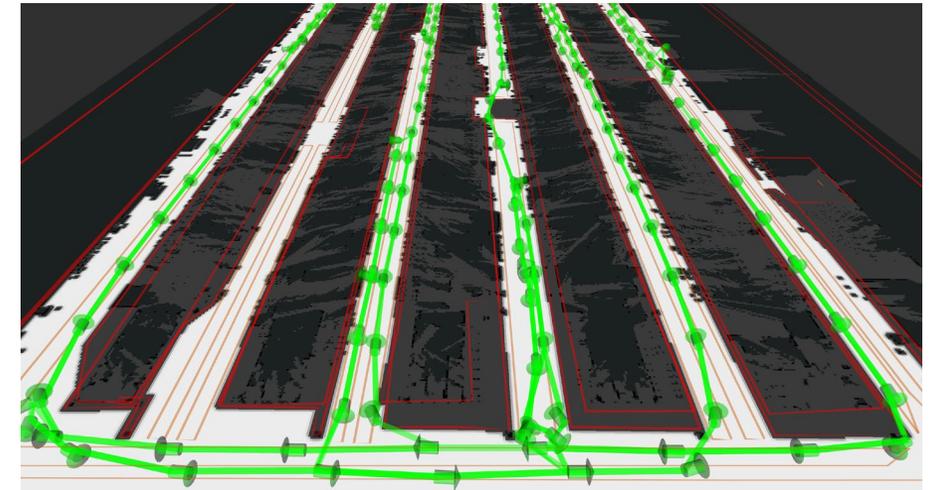
- Dynamische (geometrisch, kinematisch, ...) Routenplanung rechenintensiv für großflächige Umgebungen
- Berechnung von kürzesten Wegen auf starren Modellen mit tlw. signifikanter Divergenz zu Realwegezeiten

Ansatz:

- Offline-Erzeugung eines initialen Routengraphen auf initialer SLAM-Karte mittels „Growing Neuronal Gas“-Ansatz
- Erlernen der realen Streckenabschnittskosten durch Integration der Betriebsdaten der Flotte im Live-Betrieb

Status:

- Graphengenerierung und -aktualisierung implementiert
- Integration in globalen Routenplaner und Test im Realeinsatz ausstehend



Erfahrungs-/Lernbasierte Navigation

Optimierung von globalem Routing

Experience-based Path Planning

Unsupervised learning of an experience roadmap
for path planning in mobile robotics

Erfahrungs-/Lernbasierte Navigation

Kombinierte lokale Pfadoptimierung, Trajektorienplanung/-regelung

Problemstellung:

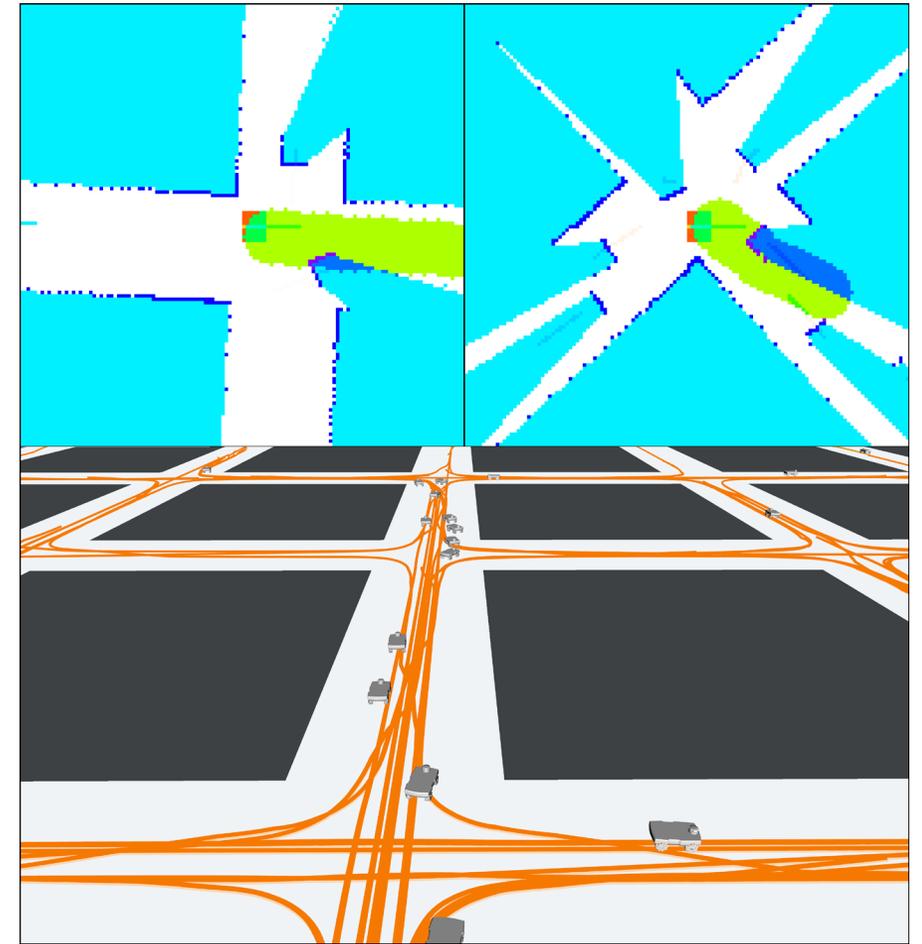
- Generierung des Fahrverhaltens unter diversen Beschränkungen (Kinematik, Schutzfelder, statische + dynamische Hindernisse, etc.)
- Derzeitige Potentialfeld-/Sample-basierte Ansätze erfordern viel Modellwissen und sind aufwändig zu konfigurieren/testen

Ansatz:

- Deep Reinforcement Learning zum Erlernen von geeignetem Fahrverhalten
- Input: Globaler Pfad + Laserscan, Output: Soll-Geschwindigkeitsvektor
- Training in Simulation, Optimierung auf Realfahrzeugen

Status:

- Vielversprechende Performance in Simulation, Test auf Realfahrzeug steht noch aus



Erfahrungs-/Lernbasierte Navigation

Kombinierte lokale Pfadoptimierung, Trajektorienplanung/-regelung

Path following
with reinforcement learning

Erfahrungs-/Lernbasierte Navigation

Gegenseitige Detektion und kooperative Lokalisierung

Problemstellung:

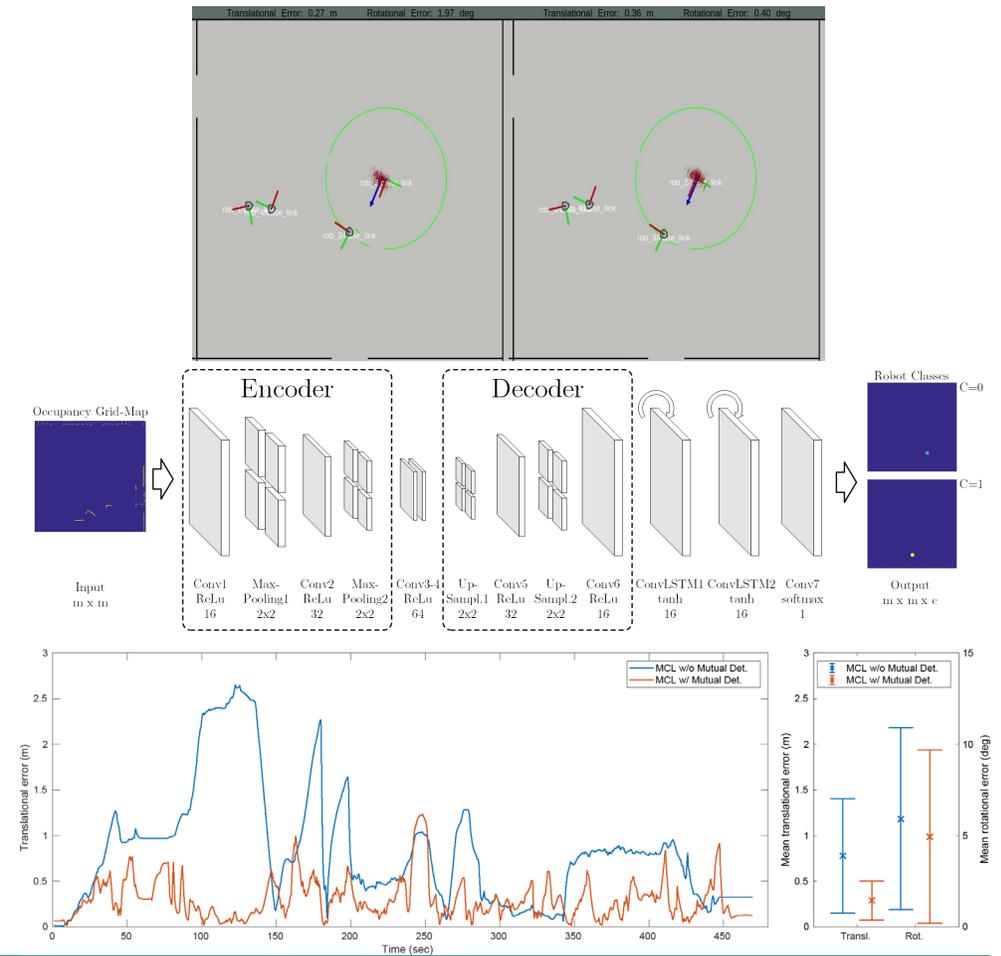
- Lokalisierungsstabilität bei geringen Sensorreichweiten in Kombination mit großflächigen und/oder dynamischen Umgebungen

Ansatz:

- Austausch von Lokalisierungsinformation über die Flotte
- Deep Learning-basierte Detektion und relative Positionsbestimmung (CNN, LSTM)
- Kommunikation der Lokalisierungsinformationen über das Netzwerk und probabilistische Fusion

Status:

- Ansatz insbesondere vielversprechend beim Einsatz für heterogene Flotten zur Stützung von Fahrzeugen mit Low-Cost-Hardware
- Veröffentlicht auf IROS 2019



Erfahrungs-/Lernbasierte Navigation

Gegenseitige Detektion und kooperative Lokalisierung

Experiment 2 (Paper 5C):
Mutual Robot Localization

Environment: Simulation (Gazebo), empty room (24x24m)

Model: Trained on simulation data only

Robots: 3 sources (Care-O-Bot), 1 target (Rob@Work)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Kontakt:

Dr.-Ing. Kai Pfeiffer

Phone: +49 (0) 711 970 1226

Mail: Kai.Pfeiffer@ipa.fraunhofer.de

