

Object Detection Using 4D Radar for Comprehensive Spatial-Velocity Perception

Future transport will focus on sustainability and efficiency, with rail as a key pillar. The MONOCAB, a gyro-stabilized monorail, aims to revive rural rail lines through full automation enabled by advanced sensors and machine learning. This innovation ensures safe, autonomous operation and supports a demand-responsive, integrated, and sustainable transport network, reinforcing rail's role in future mobility.



Project Aim

A critical component of the MONOCAB's autonomous operation is its capability to detect, classify, and respond to external risks, anomalies, and hazards using advanced sensor systems and machine learning algorithms. Key sensors integral to a fully autonomous system include LiDAR, radar, and vision-based (camera) sensors.

This project leverages 4D radar sensing to detect and track objects by capturing their range, azimuth, elevation, and velocity. Unlike conventional sensors, 4D radar provides high-resolution spatial awareness along with precise motion estimation, enabling robust detection under diverse environmental conditions.

The objectives of this project are as follows:

- Calibrate 4D radar sensors to ensure accurate spatial and geometric alignment
- Develop object detection algorithms to identify and track targets from 4D radar point cloud data
- Perform comparative analysis of detected objects against the radar-provided ground truth detection list to evaluate algorithm accuracy

Supervisor

Prof. Ulrich Büker, ulrich.bueker@th-owl.de

Objekterkennung mit 4D-Radar für eine umfassende räumlich- geschwindigkeitsbasierte Wahrnehmung

Der zukünftige Verkehr wird sich auf Nachhaltigkeit und Effizienz konzentrieren, wobei die Schiene eine zentrale Säule bildet. Der MONOCAB, eine gyrostabilisierte Einschienenbahn, hat das Ziel, ländliche Bahnstrecken durch vollständige Automatisierung mithilfe fortschrittlicher Sensorik und maschinellen Lernens wiederzubeleben. Diese Innovation gewährleistet einen sicheren, autonomen Betrieb und unterstützt ein nachfrageorientiertes, integriertes und nachhaltiges Verkehrsnetz, das die Rolle der Schiene in der Mobilität der Zukunft stärkt.



Projektziel

Ein entscheidender Bestandteil des autonomen Betriebs des MONOCAB ist seine Fähigkeit, externe Risiken, Anomalien und Gefahren mithilfe fortschrittlicher Sensorsysteme und maschineller Lernalgorithmen zu erkennen, zu klassifizieren und darauf zu reagieren. Zu den Schlüsselsensoren, die für ein vollautonomes System unerlässlich sind, gehören LiDAR-, Radar- und kamerabasierte Sensorsysteme.

Dieses Projekt nutzt 4D-Radarerfassung, um Objekte zu erkennen und zu verfolgen, indem deren Entfernung, Azimut, Elevation und Geschwindigkeit erfasst werden. Im Gegensatz zu herkömmlichen Sensoren bietet 4D-Radar eine hochauflösende räumliche Wahrnehmung sowie eine präzise Bewegungsschätzung, was eine robuste Objekterkennung unter unterschiedlichsten Umweltbedingungen ermöglicht.

Die Ziele dieses Projekts sind wie folgt:

- Kalibrierung der 4D-Radarsensoren, um eine präzise räumliche und geometrische Ausrichtung sicherzustellen.
- Entwicklung von Objekterkennungsalgorithmen, um Ziele aus 4D-Radar-Punktwolkendaten zu identifizieren und zu verfolgen.
- Durchführung einer vergleichenden Analyse der erkannten Objekte im Vergleich zur vom Radar bereitgestellten Ground-Truth-Erkennungsliste, um die Genauigkeit der Algorithmen zu bewerten.

Betreuer

Prof. Ulrich Büker, ulrich.bueker@th-owl.de