

Comparative Assessment of ROS2 and a Custom Middleware for Real-Time AI Inference on the MONOCAB

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

This project analyzes deployment strategies for AI-based perception modules within the MONOCAB platform. Two runtime frameworks—ROS2 and a lightweight publisher–subscriber middleware developed by Bielefeld University—will be used to execute an identical set of perception models on the same synchronized sensor streams. The evaluation will focus on real-time performance metrics, including end-to-end inference latency, computational load, and resource utilization. By assessing integration complexity and runtime robustness, the project aims to identify the most reliable and scalable architecture for real-time onboard AI execution in future MONOCAB operations.

The objectives of this project are as follows:

- **Deploy and integrate AI models:** deploy perception models (signal/sign recognition, scene understanding, object detection, intention prediction) in both ROS2 and custom middleware, ensuring proper connection to synchronized sensor streams and the MONOCAB controller.
- **Evaluate real-time performance and robustness:** Measure inference latency, computational load, resource utilization, and assess middleware stability, integration complexity, and scalability under realistic operating conditions.
- **Compare frameworks and identify optimal deployment:** Analyze results to determine the most efficient, reliable, and scalable architecture for real-time AI execution in the MONOCAB system.

Supervisor

M.Sc. Omar Gamal, omar.gamal@th-owl.de

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

Vergleichende Bewertung von ROS2 und einer benutzerdefinierten Middleware für Echtzeit-AI-Inference auf dem MONOCAB

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

Dieses Projekt untersucht Strategien zur Implementierung von KI-basierten Wahrnehmungsmodulen innerhalb der MONOCAB-Plattform. Zwei Laufzeitframeworks—ROS2 sowie eine von der Universität Bielefeld entwickelte leichte Publisher-Subscriber-Middleware—werden genutzt, um einen identischen Satz von Perzeptionsmodellen auf denselben synchronisierten Sensordaten auszuführen. Die Evaluierung konzentriert sich auf Echtzeit-Performanzmetriken wie End-to-End-Inference-Latenz, Rechenlast und Ressourcennutzung. Durch die Analyse der Integrationskomplexität und Laufzeitrobustheit soll die zuverlässigsten und skalierbarste Architektur für die Echtzeit-KI-Ausführung an Bord zukünftiger MONOCAB-Systeme identifiziert werden.

Die Ziele dieses Projekts sind wie folgt:

- **KI-Modelle deployen und integrieren:** Perzeptionsmodelle (Signal-/Schilderkennung, Szenenverständnis, Objekterkennung, Intentionserkennung) sowohl in ROS2 als auch in der benutzerdefinierten Middleware implementieren und eine korrekte Anbindung an synchronisierte Sensorstreams sowie den MONOCAB-Controller sicherstellen.
- **Echtzeit-Performance und Robustheit evaluieren:** Inference-Latenz, Rechenlast und Ressourcennutzung messen sowie Stabilität, Integrationsaufwand und Skalierbarkeit der Middleware unter realistischen Betriebsbedingungen beurteilen.
- **Frameworks vergleichen und optimale Deployment-Strategie identifizieren:** Ergebnisse analysieren, um die effizienteste, zuverlässigste und skalierbarste Architektur für die Echtzeit-KI-Ausführung im MONOCAB-System zu bestimmen.

Betreuer

M.Sc. Omar Gamal, omar.gamal@th-owl.de

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