TRACKSCAN

Multi-Agenten-Monitoring der Infrastruktur von Straßenbahnnetzen

Programm / Ausschreibung	Mobilität der Zukunft, Mobilität der Zukunft, MdZ - 18. Ausschreibung (2021) PM, System Bahn	**Status**	abgeschlossen
Projektstart	01.07.2022	**Projektende**	31.12.2024
Zeitraum	2022 - 2024	**Projektlaufzeit**	30 Monate
Keywords	Straßenbahn Infrastruktur; Predictive Maintenance; Sensorik; Künstliche Intelligenz; Digitalisierung		

Projektbeschreibung

Moderne sensorgestützte Fahrerassistenzsysteme (ADAS) zur Kollisionsvermeidung haben auch auf Straßenbahnfahrzeugen Einzug gehalten. Das Konsortium mit AIT, Alstom und Mission Embedded hat in der Vergangenheit mit dem ODAS eines der leistungsfähigsten Assistenzsysteme für Straßenbahnen entwickelt, welches sich bereits verbreitet im Einsatz befindet.

Die zentrale Idee in TRACKSCAN ist es, die nunmehr bereits auf den Fahrzeugen vorhandene Sensorik zur 3D-Erfassung der Umgebung für die Lösung weiterer, über die reine Assistenzfunktion hinausgehende, Aufgabenstellungen zu erschließen. Jedes Fahrzeug wird im Rahmen seines Normalbetriebs zu einer mobilen Messeinheit (=Agent). In ihrer Gesamtheit kann die Fahrzeugflotte ein permanentes und räumlich-zeitlich dichtes Monitoring der Infrastruktur eines ganzen Straßenbahnnetzes gewährleisten. Nach einer sorgfältigen automatischen Anonymisierung erfolgen die weitere Prozessierung und Auswertung der von den Fahrzeugen gesammelten Informationen an einem Standort des Betreibers.

Das Anwendungsspektrum des Ansatzes reicht dabei von Aufgaben des Infrastrukturmonitoring:
- automatisierte Prüfung des Oberleitungsbereichs (Rissdreieckprüfung),
- Katalogisierung und Zustandmonitoring von Signalen, Haltestelleneinrichtungen, Handläufe, Masten, Schaltkästen u.v.m.,
- Erfassung des Zustandes von Vegetation im Bereich der Trasse

hin zu vielfältigen Anwendungen zur Digitalisierung:
- automatische Rekonstruktion von Streckenverlauf und -topologie
- automatisches Sourcing von Daten zur Erstellung von Fahrsimulatoren
- Aufbau digitaler Zwillinge und Vorbereitung für künftigen autonomen Bahnbetrieb.

Das primäre Ziel des Forschungsprojekts ist die weitergehende Untersuchung des technischen Konzepts TRACKSCAN, wobei die Ergebnisse in Form eines Proof-of-Concept in zwei ausgewählten Nutzungsszenarien mit Unterstützung eines Betreibers demonstriert werden sollen. Die entwickelten Methoden werden dabei mit Echtdaten aus Testfahrzeugen im regulären Passagierbetrieb und in realistischen Betriebsszenarien angewendet.
Wissenschaftlich-technologisch werden mehrere innovative Elemente erforscht und miteinander kombiniert. Künstliche

Intelligenz (K.I.) mit Schwerpunkt auf Bahnumgebungen (vgl. AIT „RailSem19“) ist die Schlüsseltechnologie für semantische Interpretation von Szenen und Klassifikation der interessierenden Objekte. Zur präzisen Georeferenzierung erfasster Objekte wird das „COMPAS“-Verfahren für robuste Zuglokalisierung weiterentwickelt. VSLAM-basiertes Mapping ermöglicht die Strecken- und Umgebungsrekonstruktion ganzer Netzwerke. Flottenmanagement und Interaktive Auswertetools stellen effiziente BenutzerInneninteraktion her und erlauben die Extraktion der relevanten Information durch Verknüpfung und Verwaltung in gesicherten Datenräumen.

Auf TRACKSCAN basierende Lösungen generieren vielfältigen Nutzen. Im Bereich Straßenbahninfrastruktur sind erhebliche Kosteneinsparungen durch dichtes Monitoring, Vermeidung von Inspektionsfahrten und automatisierte Dokumentation zu erwarten. Eine automatisierte Kartierung ermöglicht die kosten- und zeitsparende Erstellung von angepassten Fahrsimulatoren für die FahrerInnen-Ausbildung. Die Technologie wird auch eine wichtige Rolle bei der Einführung von fahrerlosen Schienenfahrzeugen, welche „auf Sicht“ fahren müssen, spielen. In weiterer Folge sind diese Lösungen von der Straßenbahn auch auf Regionalbahn- und Stadtbahnsysteme übertragbar. TRACKSCAN trägt zur Stärkung des klimaschonenden öffentlichen Verkehrs sowie zur Verbesserung der Betriebssicherhit bei.

Abstract

Modern sensor-based advanced driver assistance systems (ADAS) for collision avoidance have also found their way onto tramways. The consortium with AIT, Alstom and Mission Embedded developed ODAS, one of the most powerful assistance systems for trams, which is already in widespread use.

The central idea behind TRACKSCAN is to use the sensors already installed on the vehicles for capturing the environment in 3D to solve other tasks that go beyond the pure assistance function. Each vehicle becomes a mobile measuring unit (=agent) during its normal operation. In its entirety, the vehicle fleet can provide permanent and spatio-temporally dense monitoring of the infrastructure of an entire tram network. After a careful automatic removal of personal data, the further processing and evaluation of the information collected by the vehicles takes place at a location of the tramway operator.

The application spectrum of the approach ranges from infrastructure monitoring tasks:
- automated inspection of the overhead line area (= area endangered due to wire cracks),
- cataloguing and condition monitoring of signals, tram station equipment, handrails, masts, switch boxes, etc.
- recording of the state of vegetation nearby the tracks
to a wide range of applications for digitisation
- automatic reconstruction of track layout and topology
- automatic sourcing of data for the creation of driving simulators
- building digital twins and preparing for future autonomous railway operation.

The primary goal of the research project is to further investigate the technical concept TRACKSCAN, demonstrating the results in the form of a proof-of-concept in two selected usage scenarios backed by an operator. The developed methods will be applied with real data from test vehicles in regular passenger operations and in realistic operating scenarios.
In terms of science and technology, several innovative elements will be researched and combined. Artificial intelligence (A.I.) with a focus on railway environments (cf. AITs "RailSem19") is the key technology for semantic interpretation of scenes and classification of objects of interest. For precise georeferencing of captured objects, the "COMPAS" method for robust train

localisation is being further developed. VSLAM-based mapping enables the route and environment reconstruction of entire networks. Fleet management and interactive evaluation tools provide efficient user interaction and allow the extraction of relevant information through linking and management in secure data spaces.

TRACKSCAN-based solutions generate multiple benefits. In the field of tram infrastructure, significant cost savings can be expected through close monitoring, avoidance of inspection trips and automated documentation. Automated mapping enables cost- and time-savings during the creation of adapted driving simulators for driver training. The technology will also play an important role in the introduction of driverless rail vehicles that have to drive "on sight". Subsequently, these solutions will be transferable from trams to regional and light rail systems. TRACKSCAN contributes to strengthening climate-friendly public transport and improving operational safety.

Endberichtkurzfassung

Moderne sensorgestützte Fahrerassistenzsysteme (ADAS) zur Kollisionsvermeidung haben auch auf Straßenbahnfahrzeugen Einzug gehalten. Das Konsortium mit AIT, Alstom und Mission Embedded hat in der Vergangenheit mit dem ODAS eines der leistungsfähigsten Assistenzsysteme für Straßenbahnen entwickelt, welches sich bereits verbreitet im Einsatz befindet.
Die zentrale Idee in TRACKSCAN war es, die nunmehr bereits auf den Fahrzeugen vorhandene Sensorik zur 3D-Erfassung der Umgebung für die Lösung weiterer, über die reine Assistenzfunktion hinausgehende, Aufgabenstellungen zu erschließen. Jedes Fahrzeug wird im Rahmen seines Normalbetriebs zu einer mobilen Messeinheit (=Agent). In ihrer Gesamtheit kann die Fahrzeugflotte ein permanentes und räumlich-zeitlich dichtes Monitoring der Infrastruktur eines ganzen Straßenbahnnetzes gewährleisten.

Im Rahmen von TRACKSCAN wurde daher ein technisches Konzept entwickelt, das in zunächst in einer generischen Form alle möglichen Veränderungen an der Umgebung der Strecke, welche zwischen einzelnen Befahrungen auftreten, detektieren und dokumentieren kann. Dies alles kann während des regulären Betriebs der Straßenbahnfahrzeuge stattfinden, sodass keine zusätzlichen Fahrten durchgeführt werden müssen und die Fahrzeuge kein zusätzliches Equipment benötigen. Auf dieser Funktionalität eines Infrastrukturmonitorings können vielfältige Anwendungsfälle abgebildet werden, z.B.

automatisierte Prüfung des Oberleitungsbereichs (Rissdreieckprüfung),
Katalogisierung und Zustandsmonitoring von Signalen, Haltestelleneinrichtungen, Handläufe, Masten, Schaltkästen u.v.m.,
Erfassung des Zustandes von Vegetation im Bereich der Trasse
Erfassung und Dokumentation von baulichen Veränderungen entlang der Strecke, inkl. temporäre Baustellenbereiche.

In weiterer Folge sind vielfältige Anwendungen zur Digitalisierung denkbar:

automatische Rekonstruktion von Streckenverlauf und -topologie
automatisches Sourcing von Daten zur Erstellung von virtuellen Umgebungen für Fahrsimulatoren
Aufbau digitaler Zwillinge und Vorbereitung für künftigen autonomen Bahnbetrieb.

Hauptergebnis der Forschungsarbeiten in TRACKSCAN ist daher die Prototypische Umsetzung einer kompletten Datenverarbeitungspipeline, welche die originalen Sensordaten des Fahrerassistenzsystems als Input nutzt. Zentrales Element dabei ist das Konzept des Semantischen 3D Mapping der Fahrzeugumgebung und die Fähigkeit, solche 3D Maps automatisiert zu generieren und zu vergleichen. Wie der Name andeutet, werden dabei auf innovative Weise die Daten eines 3D Sensors (Stereokamera oder Lidar Sensor) mit einem kamerabasierten K.I. System für semantisches Szenenverständnis kombiniert. Somit kann den dreidimensionalen Strukturen der Map eine Bedeutung bzw. Kategorie zugeordnet werden. Damit ist es auch auf einzigartige Weise möglich, dynamische Szenenelemente, welche den Vergleichsprozess stören würden (Autos, Fußgänger, andere Trams…) aus dem Mapping Prozess auszufiltern. Selbstverständlich sind alle resultierenden Informationen präzise georeferenziert, und detektierte Unterschiede können in Geoinformations-, Flottenmanagement-, und Incident Mangagement Systemen eingebunden werden.

TRACKSCAN konnte eindrucksvoll den Nachweis erbringen, dass der Ansatz in realen Umgebungen auf echten Sensordaten funktioniert. Dazu beigetragen hat auch die freundliche Unterstützung der Verkehrsgesellschaft Frankfurt, welche den Versuchsbetrieb im Rahmen des Projektes unterstützt haben.

Auf TRACKSCAN basierende Lösungen generieren vielfältigen Nutzen. Im Bereich Straßenbahninfrastruktur sind erhebliche Kosteneinsparungen durch dichtes Monitoring, Vermeidung von Inspektionsfahrten und automatisierte Dokumentation zu erwarten. Eine automatisierte Kartierung ermöglicht die kosten- und zeitsparende Erstellung von angepassten Fahrsimulatoren für die FahrerInnen-Ausbildung. Die Technologie wird auch eine wichtige Rolle bei der Einführung von fahrerlosen Schienenfahrzeugen, welche „auf Sicht“ fahren müssen, spielen. In weiterer Folge sind diese Lösungen von der Straßenbahn auch auf Regionalbahn- und Stadtbahnsysteme übertragbar. TRACKSCAN trägt daher zur Stärkung des klimaschonenden öffentlichen Verkehrs sowie zur Verbesserung der Betriebssicherhit bei.

Projektkoordinator

- AIT Austrian Institute of Technology GmbH

Projektpartner

- ALSTOM Transport Austria GmbH
- Mission Embedded GmbH