

INFRASPEC

Automatische Inspektion von kritischer Infrastruktur

Programm / Ausschreibung	KIRAS, Kooperative F&E-Projekte, KIRAS Kooperative F&E-Projekte 2021	Status	abgeschlossen
Projektstart	01.12.2022	Projektende	31.05.2025
Zeitraum	2022 - 2025	Projektlaufzeit	30 Monate
Keywords	Roboter, Sicherheitsinspektion, Gefahrenanalyse, 3D Umgebungsmodell, Sensorfusion, Gefahrenstoffdetektion		

Projektbeschreibung

Kritische Infrastrukturen wie beispielsweise Kraftwerke oder öffentliche Transportmittel (Flughafen, U- Bahn etc.) bilden die Grundlage für die Versorgung der Bevölkerung mit lebensnotwendigen Diensten und Gütern wie Transport, Energie, Wasser und Daten. Ein Ausfall oder eine Beeinträchtigung kann zu erheblichen Störungen der öffentlichen Sicherheit führen. Zu diesen Bauwerken gehören ausgedehnte und komplexe Netzwerke von Versorgungsschächten (sog. Kollektorgängen), die Rohre und Leitungen führen. Flughafen Wien hat allein Versorgungsschächte über 7 km Länge, Wiener Netze 314 km prüfpflichtige Kollektorgänge. Diese bieten erhebliche Angriffsflächen und ein hohes Risiko für Störfälle, können aber auch Ziele für bewusste Manipulationen oder Handlungen mit krimineller Absicht sein. Die schwierigen Umgebungsbedingungen, wie kilometerlange Gänge mit geringen Abmessungen oder die eingeschränkte Zugänglichkeit, stellen für das zuständige Sicherheitspersonal (besonders geschulte Kräfte zur Überwachung der kritischen Infrastrukturbereiche wie Betriebsführer oder Werkmeister) besondere Herausforderungen bei den vorgeschriebenen, regelmäßigen Kontrollen der technischen Betriebszustände (Dichtheit, Wärmeverlust etc.) und der baulichen Substanz dar. Die Vulnerabilität von kritischen Rohr- und Kabelschächten ist auch im Hinblick auf die terroristische Bedrohung von zentraler Bedeutung, da Angriffe auf solche Infrastrukturen fatale Auswirkungen haben. So führen großflächige und lange andauernde Ausfälle der Strom- oder Wasserversorgung zwangsläufig zu enormen Kosten bis hin zu Todesfällen in der Bevölkerung.

Ziel dieses Projektes ist die Entwicklung eines Robotersystems für die Unterstützung von Sicherheitspersonal bei der Überprüfung dieser kritischen Infrastrukturen. Die automatische, unmittelbare und zuverlässige Detektion von Gefahren durch Veränderungen (unbekannte Gegenstände, Manipulationen, Beschädigungen der Bausubstanz, usw.) und durch Leckagen von Gefahrenstoffen (industrielle Gasen, Treibstoffe, Kältemittel, usw.) sind dabei die wesentlichen Projektaspekte. Die technologische Unterstützung der ferngesteuerten Detailuntersuchung im Alarmfall bildet den zweiten Projektschwerpunkt.

Das Hauptaugenmerk liegt auf der Gefahrendetektion und der Entwicklung von Analysemethoden, die auf einer 3D Umgebungserfassung in Kombination mit Gefahrenstoffmesswerten beruhen. Zusätzlich werden Lösungsansätze für die kollisionsfreie Bewegung eines Roboterarms in dieser herausfordernden Arbeitsumgebung entwickelt. Mit INFRASPEC werden dabei grundlegende Technologien zur roboterbasierten Sicherheitsinspektion und Gefahrendetektion von TRL 2 (Technology Readiness Level) auf TRL 4 gehoben.

Abstract

Critical infrastructures such as power plants or public transport (airport, subway, etc.) form the basis for supplying the population with essential services and goods. Failure or impairment can lead to significant disruptions to public safety and terroristic attacks on these infrastructures can have widespread and fatal effects.

Critical infrastructures are often accompanied by extensive and complex networks of supply corridors that lead pipes and lines. Vienna Airport for example has over 7 km of attached supply shafts while Wiener Netze, the main energy infrastructure provider for Vienna, maintains about 314 km of collector shafts. The difficult conditions, such as kilometer-long corridors with small dimensions and limited accessibility, pose significant challenges for the responsible security personnel (specially trained staff to monitor the critical infrastructure areas such as operations managers or foremen). Therefore, there is a high risk of incidents, as well as deliberate manipulation or actions with criminal intent. The regular technical and structural inspection of these supply corridors is a laborious and time-consuming task for security services as it is currently performed mainly manually. Reacting to dangerous situations or incidents such as defects, manipulations or unknown objects in the corridors is a major challenge for emergency services.

The aim of this project is to develop a semi-automatic robot system that can support security personnel. The automatic, immediate, and reliable detection of hazards (suspicious objects, manipulations, hazardous substances, etc.) is an essential aspect of the project. The technological support of the remote-controlled detailed investigation in case of an alarm or incident is the second focus of the project.

The main goal of the project is the hazard detection and the development of intelligent analysis methods based on real-time 3D environment modelling in combination with hazardous substance measurements. In addition, solution approaches for collision-free movement of robot arms in this special work environment are being developed. With "INFRASPEC", basic technologies for robot-based safety inspection and hazard detection are raised from TRL 2 (Technology Readiness Level) to TRL 4. The market environment for applications of robot-based safety inspection systems is characterized by strong growth, which underlines the great relevance of this research project.

Endberichtkurzfassung

Im Projekt INFRASPEC wurde ein Robotersystem zur automatischen Detektion von Gefahren und Schäden in kritischer Infrastruktur entwickelt. Es soll Wartungs- und Sicherheitspersonal bei der Überprüfung von Rohr- und Kabelschächten effektiv und effizient unterstützen. Diese Versorgungsschächte sind essenziell für Dienste wie Energie, Wasser, Kommunikation und Transport – Störungen oder Manipulationen können gravierende Folgen für die öffentliche Sicherheit haben.

Das Gesamtsystem besteht aus einer Roboterplattform mit Roboterarm, mehreren Sensoren zur 3D Erfassung der Umgebung und von Objekten im Nahbereich, einem Gassensor, Recheneinheiten zur automatischen Datenanalyse und Verschlüsselung sowie einer Visualisierung, in der das Lagebild und etwaige erkannte Schäden benutzerfreundlich dargestellt werden.

Für die Umgebungsmodellierung werden die Sensordaten des hochauflösenden Laserscanners bereinigt und schrittweise mit neuen Scandaten zusammengeführt, sodass ein vollständiges 3D-Modell der Umgebung entsteht. Auf dieser Basis werden Scanlücken berechnet – das sind jene Bereiche, für die noch keine Informationen vorliegen. Dies ermöglicht eine gezielte Steuerung der weiteren Datenerfassung. So können auch schwer einsehbare Bereiche wie Nischen oder Seitenabzweige systematisch erfasst werden.

Die Gefahrenanalyse basiert auf der Detektion von Gasen in der Umgebungsluft (z.B. gesundheitsgefährdende Gase) sowie in der automatischen Detektion von Veränderungen im 3D Modell zu einem früheren bekannten Zustand. Dadurch lassen sich neue Objekte, strukturelle Veränderungen oder potenzielle Manipulationen frühzeitig identifizieren und gezielt weiter untersuchen.

Für Detailuntersuchungen wurde ein Roboterarm entwickelt, der sich durch einfache Zielvorgaben in der Visualisierung steuern lässt. Die Bewegungsführung und Kollisionsvermeidung in der beengten Umgebung übernimmt dabei das System vollständig selbst - das Personal kann sich ganz auf die Wartungstätigkeit und Bewertung konzentrieren .

Die Visualisierung der Lagekarte und Analyseergebnisse erfolgt in einem Einsatzmanagementsystem. Benutzerfreundlichkeit, intuitive Handhabung und Klarheit der Darstellung stehen im Vordergrund. Der Nutzer kann Inhalte modular nach Bedarf ein- und ausblenden. Dies unterstützt fundierte Entscheidungen bei Inspektionen und im Störfallmanagement .

Um Datensicherheit, Nachvollziehbarkeit und vollständige Dokumentation zu gewährleisten, werden alle Informationen zwischen Roboterplattform und Basisstation auf niedriger Ebene (MACsec) verschlüsselt übertragen und in einer verschlüsselten Datenbank mitprotokolliert. Eine nachträgliche Manipulation ist somit ausgeschlossen – insbesondere bei sicherheitskritischer Infrastruktur ist dies ein zentraler Aspekt.

Das System und die Einsatzmöglichkeiten wurden anhand eines Szenarios in einer repräsentativen Umgebung demonstriert. Dabei zeigte sich, dass mithilfe des Robotersystems relevante Gefahren rasch erkannt, strukturelle Auffälligkeiten zuverlässig lokalisiert werden und es so eine wichtige Grundlage für schnelles Handeln schafft.

Die Projektergebnisse wurden der Fachwelt und Öffentlichkeit über Publikationen, Konferenzen, Vorträge und Medien zugänglich gemacht.

Projektkoordinator

- AIT Austrian Institute of Technology GmbH

Projektpartner

- Bundesministerium für Landesverteidigung
- WIENER NETZE GmbH
- Flughafen Wien Aktiengesellschaft
- Rosenbauer International AG
- Disaster Competence Network Austria - Kompetenznetzwerk für Katastrophenprävention
- CBRN Protection GmbH
- Bundesministerium für Inneres
- Universität Linz