

GigaBot

5G-basierter autonomer mobiler Roboter für Remote Work in der Fertigungsindustrie

Programm / Ausschreibung	Breitband Austria 2030, GigaApp, Breitband Austria 2030: GigaApp 2. Ausschreibung	Status	laufend
Projektstart	01.10.2024	Projektende	31.03.2026
Zeitraum	2024 - 2026	Projektlaufzeit	18 Monate
Keywords	5G; Robotik; AMR; 5G Use Case; Fertigungsindustrie		

Projektbeschreibung

Die Entwicklung von 5G Use Cases ist ein wesentlicher Treiber für Innovationen im Bereich von 5G-Technologien. Diese Use Cases sind Anwendungen, die ein hochmodernes 5G-Netzwerk erfordern, das nicht nur schnelle Datenübertragungsraten bietet, sondern auch geringe Latenzzeiten, Stabilität und Zuverlässigkeit. Aufgrund der hohen Anforderungen an das Netz, insbesondere in Bezug auf dynamische Netzwerkkonfigurationen und erweiterter Funktionen wie 5G-Positioning, ist eine enge Integration mit dem Netz erforderlich. Aus diesem Grund werden oft Campusnetze eingesetzt.

Das TEC Lab des Instituts für Fertigungstechnik und Photonische Technologien (IFT) der TU Wien verfügt über ein State-of-the-Art Campusnetz, das in Zusammenarbeit mit dem Mobilfunkbetreiber Drei entwickelt wurde. In der Vergangenheit wurden bereits 5G Use Cases entwickelt. Nun liegt der Schwerpunkt darin, das volle Potenzial des Netzes auszuschöpfen. Dabei stößt der aktuelle Entwicklungsansatz an seine Grenzen, da tief mit dem Netz integrierte Use Cases ausschließlich lokal entwickelt werden können. Dies ist teuer und aufwändig durch manuelle Integrationen und Testaufwand und widerspricht der gängigen Praxis in der Softwareindustrie.

Das 5G-Startup phine.tech entwickelt Software für 5G-Netze und verfügt über einen technischen Prototypen einer virtuellen 5G Umgebung, dem Virtual 5G Lab (V5GL), welches moderne Softwareentwicklung für 5G Use Cases ermöglicht und den Aufbau eines Hardwarelabors für diese Zwecke erspart. Somit trägt das V5GL maßgeblich zur Beschleunigung der Entwicklung von 5G Use Cases bei mit dem Ziel, die Entwicklungszeit von 5G Use Case zu halbieren. Die Kooperation mit dem IFT bietet dabei die ideale Voraussetzung, um einen realitätsnahen 5G Use Case der Fertigungstechnik im V5GL zu entwickeln.

Ein solcher realitätsnaher und innovativer 5G Use Case ist Remote Work in der Fertigungsindustrie. Dabei soll ein autonomer mobiler Roboter (AMR) von Remote Arbeitenden ferngesteuert werden können, um Maschinenstillstandzeiten zu minimieren und komplexe Aufgaben zu übernehmen. Das Projekt zielt darauf ab, dass der AMR nicht nur vorprogrammierte Aufgaben, sondern auch komplexe Aufgaben wie Fehlerbehebung und unvorhergesehene Inspektionen durchführen kann. Dies beinhaltet auch die Bedienung älterer Anlagen ohne Automatisierungsschnittstellen durch den AMR, um die Effizienz zu

steigern und die Arbeitsbelastung zu verringern. Anforderungen an das 5G Netz sind hierfür neben Latenzzeit, Stabilität und Zuverlässigkeit auch 5G-Positioning und 5G Sicherheitsaspekte wie Policy Management.

Zur Realisierung dieses Vorhabens wird ein AMR mit 5G-Anbindung verwendet, um eine Steuerung über ein eigens im Rahmen dieses Projekts entwickeltes Remote Control Center zu ermöglichen. Der gesamte Softwareentwicklungsprozess folgt dabei dem neuen Entwicklungsansatz, der durch das V5GL ermöglicht wird. Dies bedeutet, dass zunächst alle Komponenten in der Simulation entwickelt, automatisiert getestet und anschließend in die reale Umgebung integriert werden. Dafür wird das V5GL um Robotik Anforderungen erweitert und bietet zugleich einen Proof of Concept für die Entwicklung von 5G Robotik Use Cases in einer virtuellen 5G Umgebung.

Das Forschungsvorhaben verfolgt zwei Hauptziele. Zum einen umfasst dies die Entwicklung, Testung und Implementierung der Remote-Steuerung im Laboraufbau. Zum anderen soll die neuartige Entwicklungsmethodik mittels V5GL zu einem fixen Bestandteil des Laboraufbaus werden, damit zukünftige 5G Use Cases ebenso effizient entwickelt werden können. In diesem Leuchtturmprojekt soll anschaulich gezeigt werden, welche Vorteile 5G für industrielle Anwendungen bieten kann.

Abstract

The development of 5G use cases is a key driver of innovation in the field of 5G technologies. These use cases are applications that require a state-of-the-art 5G network that not only offers fast data transmission rates, but also low latency, stability and reliability. Due to the high demands on the network, especially in terms of dynamic network configurations and advanced features such as 5G positioning, close integration with the network is required. For this reason, campus networks are often used.

The TEC Lab of the Institute of Production Engineering and Photonic Technologies (IFT) at TU Wien has a state-of-the-art campus network that was developed in collaboration with the mobile network operator Drei. 5G use cases have already been developed in the past. Now the focus is on exploiting the full potential of the network. The current development approach is reaching its limits, as use cases that are deeply integrated with the network can only be developed locally. This is expensive and time-consuming due to manual integrations and testing and contradicts common practice in the software industry.

The 5G startup phine.tech develops software for 5G networks and has a technical prototype of a virtual 5G environment, the Virtual 5G Lab (V5GL), which enables modern software development for 5G use cases and eliminates the need to set up a hardware lab for this purpose. The V5GL thus makes a significant contribution to accelerating the development of 5G use cases with the aim of halving the development time of 5G use cases. The cooperation with the IFT offers the ideal conditions for developing a realistic 5G use case for production engineering in the V5GL.

One such realistic and innovative 5G use case is remote work in the manufacturing industry. An autonomous mobile robot (AMR) should be able to be remotely controlled by remote workers in order to minimize machine downtimes and take on complex tasks. The project aims to enable the AMR to perform not only pre-programmed tasks, but also complex tasks such as troubleshooting and unforeseen inspections. This also includes the operation of older machines without automated interfaces by the AMR in order to increase efficiency and reduce workload. In addition to latency, stability and reliability, requirements for the 5G network for this use case also include 5G positioning and 5G security aspects such as policy management.

To implement this project, an AMR with 5G connectivity is used to enable control via a Remote Control Center developed specifically for this project. The entire software development process follows the new development approach enabled by the V5GL. This means that all components are first developed in the simulation, tested automatically and then integrated into the real environment. For this purpose, the V5GL is extended to include robotics requirements and at the same time offers a proof of concept for the development of 5G robotics use cases in a virtual 5G test environment.

The research project pursues two main objectives. On the one hand, this includes the development, testing and implementation of the remote control in the laboratory setup. Secondly, the new development methodology enabled by the V5GL is to become an integral part of the laboratory setup so that future 5G use cases can be developed just as efficiently. This lighthouse project aims to demonstrate the benefits that 5G can offer for industrial applications.

Endberichtkurzfassung

Das Leuchtturmprojekt Gigabot (Konsortialführung: phine.tech GmbH, Partner: TU Wien IFT) wurde erfolgreich abgeschlossen und demonstrierte die Praxistauglichkeit einer cloud-nativen, 5G-basierten Teleoperationsarchitektur für Autonome Mobile Roboter (AMR) in der industriellen Fertigung. Das Projekt zeigte eindrucksvoll, wie zeitkritische Steuerungsdaten und bandbreitenintensive Sensorik (Live-Videostreams, 3D-Point-Clouds) über ein privates 5G-Standalone-Campusnetzwerk (Rel. 16) für Remote-Work-Szenarien – wie etwa die dezentrale Maschinenbeschickung – mit niedriger Latenz und zuverlässig nutzbar gemacht werden können.

Technische Highlights und Innovationen

Ein zentrales Ergebnis ist die Entwicklung des "Virtual 5G Labs" (V5GL), das als Network Digital Twin tief in die Robotik-Simulation (Gazebo) integriert wurde, sowie das hochinnovative "5G-ROS Gateway". Dieses übersetzt Applikationsanforderungen des Roboters (ROS 2 / DDS) über standardisierte CAMARA-Schnittstellen automatisiert in 5G-Netzpriorisierungen (Quality of Service). Gesteuert wird das Gesamtsystem über ein neu entwickeltes Remote Control Center (RCC), das Teleoperation in Echtzeit über intuitive Weboberflächen ermöglicht.

Ein weiteres Schlüsselement bildet die ganzheitliche Digital Twin-Architektur: Durch die nahtlose Echtzeit-Synchronisation zwischen dem virtuellen Abbild und der physischen Welt entstand eine extrem leistungsfähige Steuerungsumgebung. Dies erwies sich als enormer Vorteil für die Teleoperation, da das Bedienpersonal den realen Roboter visuell gestützt über den Digital Twin mit vollem Situationsbewusstsein und höchster Präzision durch die Fabrikhalle navigieren konnte.

Agile Projektmethodik und Systemintegration

Lieferverzögerungen bei der initialen Hardware-Plattform zu Projektbeginn validierten eindrucksvoll den gewählten "Simulation-first"-Ansatz: Die gesamte Software- und Netzwerkarchitektur konnte erfolgreich vorab virtuell entwickelt und getestet werden. Die anschließende physische Implementierung erforderte eine tiefgreifende Integration des neu entwickelten 5G- und ROS 2-Computation-Stacks in eine industriell stark gekapselte AMR-Plattform. Durch die Entwicklung von maßgeschneiderten Schnittstellen und Treibern für die Roboterkinematik gelang dem Konsortium die lückenlose End-to-End-Validierung im physischen Use-Case.

Verwertung und Ausblick

Die Projektergebnisse werden bereits aktiv verwertet: Das entwickelte Simulations-Plugin wurde als "RoboSim" Open-Source veröffentlicht, die Forschungsarbeiten zur 5G-Lokalisierung werden von phine.tech im FFG-Folgeprojekt LUMEIK-5G weitergeführt und die erprobte Systemarchitektur bildet die Basis für weitere kommerzielle Industrie-Skalierungen.

Projektkoordinator

- phine.tech GmbH

Projektpartner

- Technische Universität Wien