

Roboter öffnen Türen – Neue Wege der Telepräsenz

Nikolas von Lonski¹

¹Actimage GmbH

Zusammenfassung

Die Einbindung eines Telepräsenzroboters (TPR) in bestehende KNX-Systeme eröffnet neue Möglichkeiten zur physischen Interaktion mit Gebäuden. Actimage GmbH entwickelte hierfür einen KNX-USB-Treiber, der auf Linux basiert und über RF-Technologie kommuniziert. Die Implementierung erfolgte vollständig in Rust, wodurch Software- und Netzwerkisolierung erheblich verbessert und kostspielige mechanische Komponenten vermieden werden.

1 Einleitung

Telepräsenzroboter (TPR) ermöglichen Nutzenden, aus der Ferne physisch präsent zu sein und sich autonom in Gebäuden zu bewegen. Bisher waren direkte physische Aktionen, wie das Öffnen von Türen oder das Einschalten von Lichtanlagen, nur durch mechanische Roboterarme oder komplexe Umbauten möglich. Actimage adressierte dieses Problem, indem ein TPR in das weit verbreitete KNX-Gebäudeautomationssystem integriert wurde.

2 Technisches Konzept

Ziel der Integration war eine einfache und kostengünstige Lösung, die sowohl Sicherheit als auch Bedienkomfort sicherstellt. Es sollten keine tiefgreifenden Eingriffe in bestehende KNX-Installationen erforderlich sein.

Der zentrale Baustein der Lösung ist ein speziell entwickelter KNX-USB-Treiber, der auf Linux läuft. Die Kommunikation mit dem KNX-System erfolgt kabellos über Funk im Radiofrequenzbereich (RF), wodurch eine physische

Trennung zum Firmen IP-Netzwerk sichergestellt wird. Abbildung 1 zeigt das Konzept im Überblick.

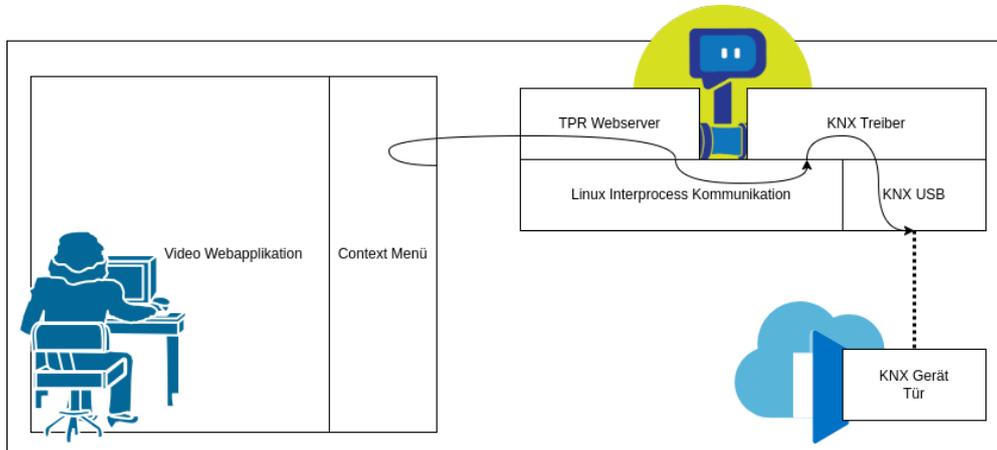


Abbildung 1: Konzept der Verbindung zwischen TPR und KNX

3 Technische Umsetzung

Der Treiber wurde in der Programmiersprache Rust implementiert, da diese eine hohe Speichersicherheit und Fehlervermeidung bietet. Durch Rust konnten typische Schwachstellen vermieden werden, was insbesondere für den industriellen Einsatz von hoher Bedeutung ist.

Die RF-basierte Kommunikation ermöglicht eine vollständige physische Trennung zwischen TPR und IP-Netzwerk. Dies sorgt für erhöhte Sicherheit, da selbst im Falle einer Kompromittierung des Roboters kein Zugriff auf das sensible Gebäudenetzwerk möglich ist.

Vergleich mit alternativen Technologien:

ZigBee: ZigBee wird überwiegend stationär eingesetzt. Bei mobilen Anwendungen können in ZigBee-Netzen beim Übergang zwischen Knotenpunkten Unterbrechungen oder Verzögerungen entstehen.

Infrarot (IR): Infrarot-basierte Lösungen bieten eine geringe Reichweite und sind stark sichtlinienabhängig. Diese Abhängigkeit erschwert den Einsatz in

komplexen, verwinkelten Gebäuden, wodurch IR für einen mobilen Roboter ungeeignet ist.

Kabelgebundene Lösungen: Obwohl kabelgebundene Lösungen stabile Verbindungen bieten, reduzieren sie drastisch die Mobilität des Roboters und erfordern komplexe Umbauten im Gebäude. Dies widerspricht den Zielen der einfachen und flexiblen Integration.

Nahfeldscanner: Technologien wie RFID und NFC bieten nur geringe Reichweite (wenige Zentimeter) und sind daher für großräumige, mobile Anwendungen ungeeignet. Eine unterbrechungsfreie Kommunikation ist nicht möglich.

4 Einsatzmöglichkeiten und Vorteile

Die entwickelte Lösung ermöglicht einfache physische Interaktionen des Telepräsenzroboters mit der Gebäudeinfrastruktur, wie beispielsweise:

- Öffnen von Türen und Toren
- Aktivieren von Lichtanlagen
- Steuerung weiterer KNX-fähiger Geräte

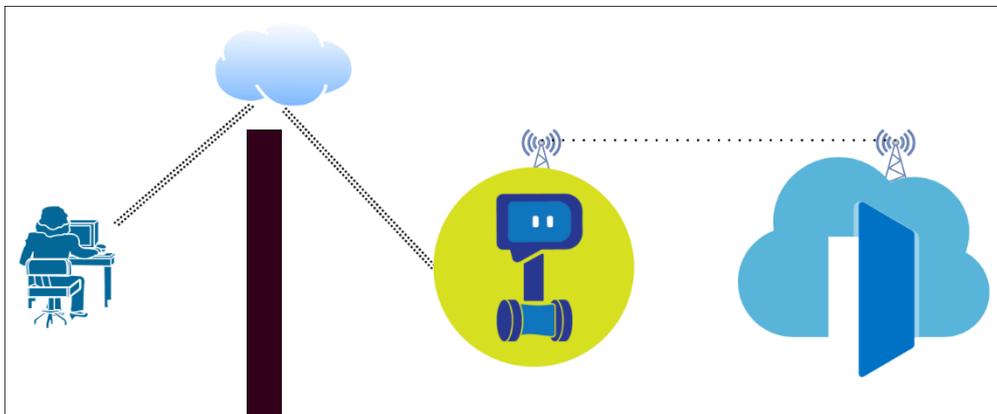


Abbildung 2: Schematische Darstellung des Einsatzfalls Türöffnung

Diese Funktionalitäten wären ohne die Integration nur durch teure mechanische Arme realisierbar oder gar nicht möglich. Somit reduziert diese

Lösung die Kosten erheblich und steigert gleichzeitig die Einsatzflexibilität des TPR.

Ein weiteres, komplexes Anwendungsszenario ist die Bedienung eines Fahrstuhls, um einem Telepräsenzroboter Zugang zu einem sicherheitsrelevanten Kontrollraum zu ermöglichen. Mithilfe der KNX-Integration kann der Roboter den Fahrstuhl eigenständig rufen und bedienen. Nach Aktivierung des KNX-gesteuerten Fahrstuhls fährt der Roboter autonom zur gewünschten Etage und kann anschließend durch KNX-gesteuerte Türen direkt in den Kontrollraum gelangen. Dieses Szenario unterstreicht den besonderen Mehrwert der entwickelten Lösung, da keine zusätzliche mechanische Hardware erforderlich ist und komplexe, sicherheitskritische Räume nun flexibel für TPR erschlossen werden können.

5 Praxistests und Validierung

In praktischen Tests wurde nachgewiesen, dass der Roboter zuverlässig Funktionen in der Gebäudeinfrastruktur aktivieren konnte. Die RF-Kommunikation erwies sich als stabil und robust gegenüber typischen Störungen in Industrieumgebungen.

Abbildung 3 und Abbildung 4 zeigen Szenen aus den Tests.

Ein Video von der Erprobung ist verfügbar unter <https://youtu.be/GkM66GymBuA?si=nDSwbvWAoMh0W86>.



Abbildung 3: Test des Einsatzfalls Aufzug



Abbildung 4: Test des Einsatzfalls Türöffnung

6 Zusammenfassung und Ausblick

Die erfolgreiche Integration eines TPR in das KNX-System mittels Rust und RF-Technologie bietet eine sichere, flexible und kosteneffiziente Lösung für die Gebäudeautomation. Zukünftige Entwicklungen könnten weitere Funktionen hinzufügen und die Kommunikation weiter optimieren, um noch anspruchsvollere Interaktionen zu ermöglichen.

Die Forschungs- und Entwicklungsarbeit wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Fachprogramm „Zukunft der Wertschöpfung“ und der Fördermaßnahme „Innovative Arbeitswelten im Mittelstand“ im Projekt PraeRI (Förderkennzeichen 02L21B000-4) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Verantwortung für den Inhalt der Veröffentlichung liegt beim Autor.

Autoren



von Lonski, Nikolas

Nikolas von Lonski ist als Software-Engineer bei der Actimage GmbH tätig und als leitender Entwickler verantwortlich für die Entwicklung innovativer Lösungen im Bereich embedded IoT. Im Forschungsprojekt PraeRI beschäftigte er sich intensiv mit der Integration von Telepräsenzrobotern in KNX-Systeme.