

Development and Evaluation of Time-Sensitive Wireless Multi-Link Networks in Industrial Environments

Beschreibung

Die fortschreitende Digitalisierung und Vernetzung industrieller Systeme erfordert hochzuverlässige, deterministische und latenzarme Kommunikationslösungen. Das Time-Sensitive Networking (TSN) bietet eine vielversprechende Grundlage für die Echtzeitkommunikation, insbesondere in industriellen Anwendungen wie der Automatisierungstechnik, Fahrzeugvernetzung und der intelligenten Fertigung.

Mit der zunehmenden Integration mobiler Produktionsroboter und Transportfahrzeuge in Matrixproduktionssysteme steigt jedoch die Nachfrage nach drahtloser Vernetzung von dynamischen Regelsystemen. Daraus ergeben sich neue Anforderungen zur Integration von TSN in ein leistungsfähiges 6G Funknetz für eine flexible und latenz-deterministische Netzwerkinfrastruktur. Die Herausforderung liegt hierbei in der effizienten Kombination verschiedener Kommunikationsmedien zur Garantie von persistenter Dienstgüte, die mithilfe einer nahtlosen und zuverlässigen Multi-Link-Architektur unterstützt werden soll. Unterschiedliche Übertragungseigenschaften, Latenzen und Synchronisationsmechanismen sind hierbei essenziell, um eine deterministische Kommunikation über heterogene Netzwerke hinweg zu gewährleisten. Ziel der Arbeit ist die Integration des TSN bzw. Profinet Protokolls in die bestehende Multi-Link Architektur durch Erweiterung des SEAMLESS Protokolls.

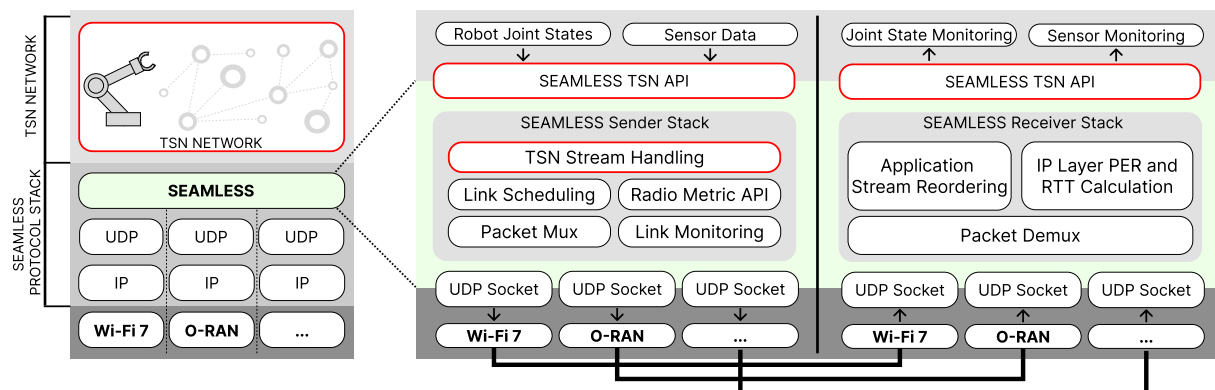


Fig. 1: Time-Sensitive Networking enabling robust Robotics Control in flexible Industrial Production Environments embedded in the SEAMLESS Multi-Link Architecture to enable E2E Tunneling with heterogeneous Network Capabilities

Anforderungen

- Interesse an 5G/6G Kommunikation, speziell Multi-Link, Time-Sensitive Networking und Industrie 6.0
- Gute C++, LaTeX und Präsentationsfähigkeiten sowie die Bereitschaft, sich in Rust einzuarbeiten
- Gute Englisch Kenntnisse

Referenzen

- [1] T. Gebauer, M. Patchou, C. Wietfeld, "SEAMLESS: Radio Metric Aware Multi-Link Transmission for Resilient Rescue Robotics", In 2023 IEEE SSRR, Fukushima, Japan, November 2023. (Best Paper Award). [\[Link\]](#)
- [2] N. A. Wagner, J. Eßer, I. F. Priyanta, F. Kurtz, M. Roidl, C. Wietfeld, "Real-Time Predictive Scheduling for Networked Robot Control Using Digital Twins and OpenRAN," in IEEE Globecom Workshops (GC Wkshps): Workshop on Digital Twins over NextG Wireless Networks, Cape Town, South Africa, December 2024. [\[Link\]](#)
- [3] D. Welte, F. H. P. Fitzek, et al. "TSN over 5G: Overcoming Challenges and Realizing Integration," 2024 IEEE 20th International Conference on Factory Communication Systems (WFCS), Toulouse, France, 2024 [\[Link\]](#)
- [4] P. Kehl, J. Ansari, M.H. Jafari, P. Becker, J. Sachs, N. König, A. Göppert, R.H. Schmitt, "Prototype of 5G Integrated with TSN for Edge-Controlled Mobile Robotics", *Electronics* 2022, 11, 1666 [\[Link\]](#)