

Masterarbeit

Proaktives Beam Management zur Mobilitätsunterstützung im Open RAN basierten 6G mmWave Mobilfunk

Im Zuge der steigenden Anforderungen an mobile Kommunikationsinfrastruktur soll die Verwendung von Funkspektrum im Millimeterwellenlängenbereich (mmWave) die mobile Breitbandversorgung erheblich verbessern [1]. Die Verwendung der mmWave Frequenzen erfordert jedoch zugleich eine im Mobilfunk neuartige Antennentechnologie, die hohe Gewinne durch eine hohe Richtwirkung erzielt. Sogenannte Phased Array Antennen ermöglichen eine dynamische Konfiguration der Abstrahlcharakteristik, sodass eine Nachführung auf die jeweils zu versorgenden Endgeräte stattfinden kann.

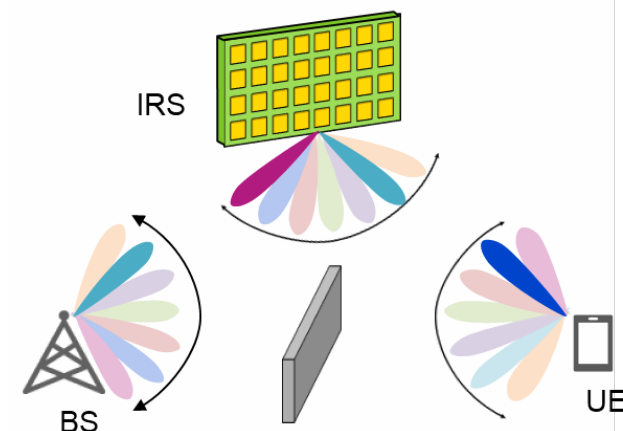


Abbildung 1: Nutzung von Reflexionspfaden bei Abschattung der Sichtverbindung

Ein zentrales Merkmal drahtloser Kommunikationsnetze ist die kontinuierliche Funkversorgung mobiler Teilnehmer. Dazu sind Reichweitenbewertung und adaptive Antennennachführung entscheidend. Reflexionen können dabei den Wirkungsbereich einer 5G mmWave-Basisstation erweitern (Abbildung 1). Der Technologieansatz Open Radio Access Network (Open RAN) verfolgt die Entkopplung von Hard- und Software und ermöglicht auf diese Weise eine modulare Weiterentwicklung von Funktionen wie der Ressourcenzuweisung [2, 3]. Aufgrund der gerichteten Übertragung im mmWave Bereich zählt die räumliche Nutzung bzw. die dynamische Antennenkonfiguration als Beam Management neben Zeit und Funkfrequenz zu einer weiteren Ressource. Zudem ist die Robustheit der Kommunikation im mmWave Bereich mittels Open RAN Systemen bisher nicht ausreichend unter herausfordernden Funkkanalbedingungen und Hochgeschwindigkeit evaluiert.

Vorarbeiten zeigen die grundsätzliche Leistungsfähigkeit präkommerzieller, geschlossener Systeme im Rahmen ausgiebiger Messreihen [4, 5] in realitätsnahen Industrieumgebungen. Solche Systeme erlauben jedoch keine Anpassung oder Weiterentwicklung der Beam Management Verfahren. Konzepte zur Effizienzsteigerung der benötigten Signalisierung auf Basis von Zusatzwissen, welches über einen digitalen Zwilling koordiniert wird, stellen heraus, dass eine Abwägung zwischen einer Reduktion des Signalisierungsaufwands und der Unterstützung von Mobilität zu erfolgen hat [6].

niklas.wagner@tu-dortmund.de
marco.danger@tu-dortmund.de
karsten.heimann@tu-dortmund.de

www.cni.tu-dortmund.de

Im Rahmen der Masterarbeit sollen Funkkanal- und Mobilitätseinflüsse auf die Zuverlässigkeit von mmWave-basierten Mobilfunkübertragungen unter Nutzung eines am Lehrstuhl verfügbaren Open RAN Systems untersucht werden. Dabei steht einerseits eine SDR-Lösung sowie ein Funkkanalemulator zur systematischen Untersuchung der Leistungsfähigkeit unter widrigen Kanalbedingungen zur Verfügung. Andererseits soll durch Integration einer FR2 Open RAN Radio Unit (O-RU) ein exemplarisches Beam Management Verfahren erarbeitet und erprobt werden, welches eine Mobilitätsunterstützung gewährleistet, indem eine angemessene Nachführung bzw. Umstellung der Antennencharakteristik erfolgt.

Mögliche Arbeitspunkte dieser Arbeit umfassen:

- Implementierung einer Bewertungsmethode für die Leistungsfähigkeit des Open RAN bzw. SDR basierten Mobilfunksystems unter definierten Funkkanalbedingungen
- Konzeptionierung und Implementierung einer Beam Management Lösung für das Open RAN System unter Nutzung einer FR 2 O-RU
- Validierung der Implementation im Laborumfeld
- Leistungsvergleich unterschiedlicher Beam Management Konfigurationen hinsichtlich Signalisierungs-overhead und Mobilitätsunterstützung

Voraussetzungen:

- Erforderlich: Selbstorganisation, eigenständiges Arbeiten
- Erforderlich: Programmierkenntnisse C/C++, Python/Matlab
- Erforderlich: Grundverständnis von Mobilfunk im Bereich mmWave und Open RAN
- Optional: Erfahrung mit OpenAirInterface

Referenzen:

- [1] International Telecommunication Union – Radiocommunication Sector. (2015, 9) Recommendation ITU-R M.2083-0 IMT Vision – framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond.
- [2] D. Overbeck, N. A. Wagner, R. Wiebusch, J. Püttchneider, T. Faulwasser, C. Wietfeld, "Data-Driven Proactive Uplink Slicing enabling Real-Time Control within an Open RAN Testbed", in *IEEE International Conference on Computer Communications (INFOCOM) - 11th International Workshop on Computer and Networking Experimental Research using Testbeds (CNERT 2024)*, Vancouver, Canada, May 2024.
- [3] 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.
- [4] M. Danger, S. Häger, K. Heimann, S. Böcker, C. Wietfeld, "Empowering 6G Industrial Indoor Networks: Hands-On Evaluation of IRS-Enabled Multi-User mmWave Connectivity", in *European Conference on Networks and Communications & 6G Summit (EuCNC/6G Summit): Operational & Experimental Insights*, Antwerp, Belgium, June 2024.
- [5] M. Danger, C. Arendt, H. Schippers, S. Böcker, N. Beckmann, R. Schmitt, C. Wietfeld, "6G Industrial Networks: Mobility-Centric Evaluation of Multi-cell mmWave Systems," in *IEEE 101st Vehicular Technology Conference (VTC-Spring)*, Oslo, Norway, June 2025.
- [6] K. Heimann, J. An, L. Hito, S. Saidi, C. Wietfeld, "Obstacle-Aware Proactive Beam Management Based on Real-Time Ray Tracing for mmWave Networks", in *IEEE 101st Vehicular Technology Conference (VTC-Spring)*, Oslo, Norway, June 2025.