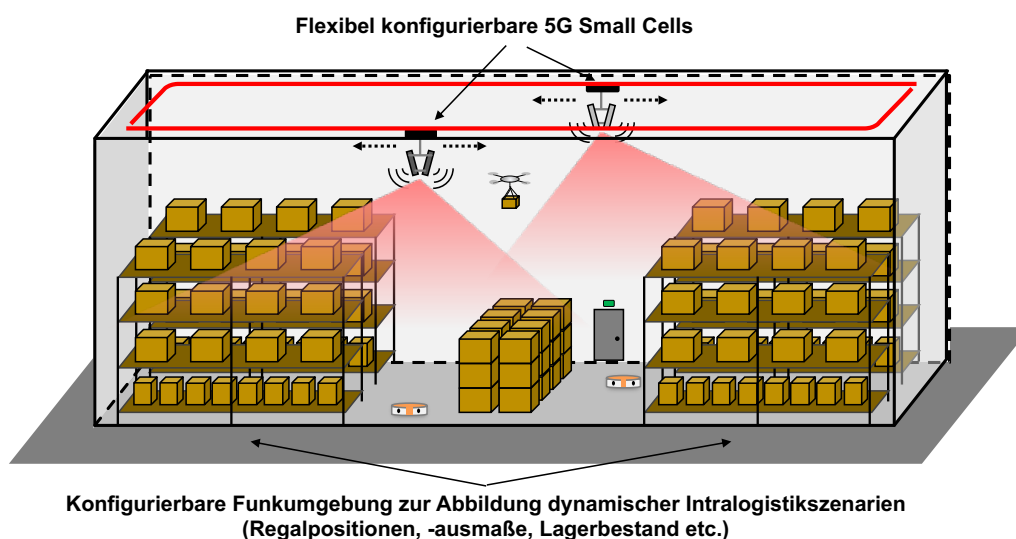


Masterarbeit

Automatisierte Netzplanung von Indoor Sub 6 GHz und 26 GHz 5G Campusnetzen

Seit nunmehr als drei Jahren ist es für Unternehmen möglich, Frequenznutzungslizenzen im Rahmen der 3,7-3,8GHz-Frequenzen, sowie seit 2021 im Bereich 26GHz, bei der Bundesnetzagentur beantragen [1]. Dies ermöglicht den Betrieb sogenannter privater 5G-Campusnetze, die als vielversprechender Treiber für die zuverlässige Digitalisierung und Automatisierung von industriellen und intralogistischen Unternehmen und Institutionen betrachtet werden [2]. Allerdings verlangt die Verwaltungsvorschrift der Bundesnetzagentur, Grenzwerte an den Grundstücksgrenzen einzuhalten, um die Störungsfreiheit gegenüber anderen Campusnetzen oder öffentlichen Netzen zu gewährleisten [1]. Dies stellt Unternehmen vor große Anforderungen, da die Netzplanung umfangreiches Expertenwissen über Mobilfunknetze voraussetzt.



Im Rahmen der Forschung am Lehrstuhl für Kommunikationsnetze (Projekt „Plan&Play“) ist über die letzten Jahre eine Methode zur automatisierten Netzplanung von Outdoor 5G-Campusnetzen entstanden [3]. Dieser soll im Rahmen des Campusnetzplaner Pro angeboten werden, welcher auf dem 5G Campusnetzplaner des Competence Center 5G.NRW basiert [4]. Damit soll es Unternehmen möglich sein, mit einfachen Schritten ein vollständiges Netzmodell zu berechnen, welches auf die spezifischen Anforderungen der geplanten Anwendungen zugeschnitten ist. Im Rahmen dieser Masterarbeit soll unter anderem eine Methode entwickelt werden, die bestehende, automatisierte Netzplanungsmethode auf Indoor-Netze zu übertragen, z.B. im Rahmen von dynamischen Intralogistikszenerien (vgl. Abbildung oben), und dabei Sub-6-GHz und 26 GHz Netzmodelle zu vergleichen.

Potenzielle Arbeitsziele der Arbeit:

1. Modellierung von 2-3 realistischen Anwendungsumgebungen aus der Intralogistik und/oder vergleichbaren Industrieumgebungen.
2. Bedarfsgerechte Anpassung der in [3] entwickelten Netzplanungs-Methodik für **Indoor** 5G Campusnetze.
3. Erweiterung um Planungsmethoden für mmWave-Frequenzen (26 GHz) [5] und Vergleich mit 3,7-3,8 GHz Netzmodellen zur Ableitung von Besonderheiten der

mmWave-Netzplanung auf Basis von RayTracing. Potenzielle Integration und Überführung von RIS-Konzepten in die Indoor-Netzplanung nach [6].

4. Integration eines existierenden Kapazitätsplanungs-Frameworks, welche um die Differenzierung verschiedener Eigenschaften der beiden Frequenzbereiche (FR1 & FR2) ergänzt wird sowie die Planung von Network Slices unterstützt [7].
5. Kombinierte Netzplanung von 3,7-3,8 GHz sowie 26 GHz Campusnetzen unter Einhaltung entsprechender Verwaltungsvorschriften der Bundesnetzagentur.

Voraussetzungen:

- Grundverständnis von Kommunikationsnetzen- und -protokollen, insbesondere Mobilfunknetze
- Wünschenswert: Programmierkenntnisse in C++ und Python

- [1] Bundesnetzagentur, „Regionale und Lokale Netze,“ bundesnetzagentur.de, <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/Telekommunikation/Frequenzen/OeffentlicheNetze/LokaleNetze/lokalenetze-node.html>
- [2] A. Aijaz, "Private 5G: The Future of Industrial Wireless," in IEEE Industrial Electronics Magazine, vol. 14, no. 4, pp. 136-145, Dec. 2020
- [3] C. Bektas, S. Böcker, B. Sliwa and C. Wietfeld, "Rapid Network Planning of Temporary Private 5G Networks with Unsupervised Machine Learning," 2021 IEEE 94th Vehicular Technology Conference (VTC2021-Fall), Sep. 2021
- [4] Competence Center 5G.NRW, „5G Campusnetzplaner,“ 5g.nrw, <https://5g.nrw/campusnetzplaner/>
- [5] N. Palizban, S. Szyszkowicz and H. Yanikomeroglu, "Automation of Millimeter Wave Network Planning for Outdoor Coverage in Dense Urban Areas Using Wall-Mounted Base Stations," in IEEE Wireless Communications Letters, vol. 6, no. 2, pp. 206-209, April 2017
- [6] K. Heimann, B. Sliwa, M. Patchou, C. Wietfeld, "Modeling and Simulation of Reconfigurable Intelligent Surfaces for Hybrid Aerial and Ground-Based Vehicular Communications", In Proceedings of the 24th International ACM Conference on Modeling, Analysis and Simulation of Wireless and Mobile Systems, Association for Computing Machinery, Alicante, Spain (Virtual Event), pp. 67–74, Nov. 2021.
- [7] C. Bektas, S. Böcker, C. Wietfeld, „The Cost of Uncertainty: Impact of Overprovisioning on the Dimensioning of Machine Learning-based Network Slicing“ [Submitted for Review]