

ML-basiertes Funkausbreitungsmodell für Wi-Fi in industriellen Indoor-Szenarien

**Begeisterung für Machine Learning, Wi-Fi und moderne 5G/6G-Netzwerke?
Dann werde Teil aktueller Forschung am Lehrstuhl ComNets!**

Warum diese Abschlussarbeit spannend ist

- Mitarbeit an aktuellen Forschungsthemen im Bereich Funkkanalmodellierung für Industrieszenarien
- Einblicke in moderne Wi-Fi- und 5G/6G-Netzwerke sowie KI-basierte Netzwerkplanung
- Mitarbeit an der Weiterentwicklung unseres „Award-Winning“ IndoorDRaGon-Konzepts
- Anwenden aktueller Machine Learning-Methoden und Deep Learning Frameworks wie PyTorch
- Möglichkeit einer wissenschaftlichen Veröffentlichung auf Basis der Arbeitsergebnisse
- Intensive Betreuung und enger Austausch mit dem Forschungsteam am Lehrstuhl ComNets

Motivation

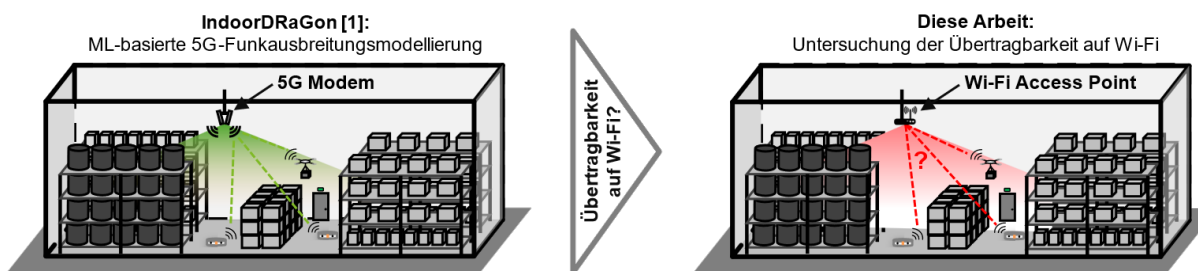


Fig. 1: Mit der Einführung von Wi-Fi 6 und Wi-Fi 7 gewinnt Wi-Fi zunehmend an Bedeutung für industrielle Anwendungen. Ein zuverlässiger Betrieb erfordert jedoch eine sorgfältige Netzwerkplanung, die auf einer präzisen und effizienten Funkausbreitungsmodellierung basiert. Ziel dieser Arbeit ist die Untersuchung, inwiefern das ML-basierte IndoorDRaGon-Funkausbreitungsmodell für 5G auf Wi-Fi übertragbar ist.

Im Zuge von Industrie 4.0 gewinnen drahtlose Kommunikationssysteme zunehmend an Bedeutung. Vernetzte Maschinen, mobile Roboter und intelligente Sensorsysteme stellen dabei hohe Anforderungen an eine zuverlässige und effiziente Funkkommunikation in industriellen Umgebungen. Insbesondere Wi-Fi hat sich als wichtiger Baustein industrieller Konnektivität etabliert. Gründe hierfür sind die breite Verfügbarkeit, vergleichsweise geringe Kosten sowie die gute Integration in bestehende Infrastrukturen. Mit aktuellen Weiterentwicklungen wie Wi-Fi 6 und Wi-Fi 7 werden zudem höhere Datenraten, verbesserte Effizienz und größere Netzkapazitäten ermöglicht, was Wi-Fi auch für anspruchsvolle industrielle Anwendungen zunehmend attraktiv macht.

Für den zuverlässigen Einsatz von Wi-Fi in industriellen Umgebungen ist jedoch eine sorgfältige Netzwerkplanung unerlässlich. Eine Schlüsselrolle spielt dabei die präzise und gleichzeitig effiziente Modellierung der Funkausbreitung. Klassische analytische Funkausbreitungsmodelle ermöglichen zwar eine schnelle Berechnung, stoßen jedoch in komplexen industriellen Indoor-Umgebungen jedoch häufig an ihre Grenzen. Gleichzeitig können präzisere deterministische Verfahren wie Raytracing die Umgebung deutlich detaillierter berücksichtigen, sind jedoch mit einem hohen Rechenaufwand verbunden. Machine Learning-basierte Ansätze bieten hier das Potenzial, den Trade-off zwischen Rechenaufwand und Genauigkeit zu adressieren, indem sie gleichzeitig eine effiziente und präzise Prädiktion der Funkausbreitung ermöglichen. Insbesondere für zukünftige industrielle Wi-Fi-Netzwerke

ergeben sich dadurch neue Möglichkeiten für eine flexible und effiziente Netzwerkplanung. Am Lehrstuhl ComNets wurde mit der Methode IndoorDRaGon bereits gezeigt, dass Machine Learning-basierte Ansätze ein großes Potenzial für die Modellierung von 5G-Funkausbreitung in Innenräumen bieten [1].

Vor dem Hintergrund zunehmender Multi-RAT (Radio Access Technology) - Netzwerke in industriellen Anwendungen wächst die Notwendigkeit, auch Wi-Fi in solche Planungsansätze zu integrieren. Die Entwicklung eines ML-basierten Wi-Fi-Funkausbreitungsmodells stellt daher ein aktuelles und relevantes Forschungsthema dar, das im Rahmen dieser Abschlussarbeit untersucht werden soll.

Zielsetzung der Arbeit:

Der Umfang der Arbeit wird entsprechend der Art der Abschlussarbeit (Bachelor oder Master) angepasst. Die Aspekte der Netzplanung sind im Rahmen einer Masterarbeit vorgesehen.

Diese Abschlussarbeit verbindet mehrere spannende Themenfelder, darunter Wi-Fi-Technologien, Machine Learning und Funkausbreitungsmodellierung. Sie bietet Einblicke in aktuelle Forschung am Lehrstuhl ComNets und trägt zur Entwicklung effizienter Methoden für die Multi-RAT-Netzwerkplanung in industriellen Umgebungen bei.

Die Arbeit kann sich auf einige der folgenden Aspekte konzentrieren, jedoch nicht zwingend auf alle.

- Einarbeitung in Wi-Fi-Technologien und industrielle Wi-Fi-Netzwerke (z. B. Wi-Fi 7)
 - Untersuchung relevanter Wi-Fi-Eigenschaften wie Kanalstruktur, Bandbreite, Co-Channel Interference, CSMA/CA, und typische KPIs (z. B. RSSI, SINR, Datenrate)
- Erstellung eines synthetischen Trainingsdatensatzes
 - Einarbeitung in Ray-Tracing-Software zur Generierung synthetischer Trainingsdaten
 - Ableitung realistischer industrieller Indoor-Szenarien und Auswahl geeigneter Wi-Fi-Frequenzen
 - Erstellung von Trainingsdatensätzen durch Simulationen. (Optional: Durchführung von Messkampagnen zur Generierung messbasierter Daten)
- Entwicklung eines „Wi-Fi-IndoorDRaGon“-Modells. Ziel ist die Übertragung und Anpassung der bestehenden IndoorDRaGon-Methode für 5G auf den Wi-Fi-Frequenzbereich
 - Generierung von Features basierend auf 5G IndoorDRaGon [1]
 - Training eines Machine Learning-Modells (z. B. Artificial Neural Network) zur Vorhersage der Funkausbreitung
 - Validierung des entwickelten Modells anhand verschiedener Indoor-Szenarien und Bewertung der Prädiktionsgenauigkeit
- Entwicklung eines einfachen Netzplanungs-Frameworks auf Basis des trainierten Modells
 - Untersuchung der optimalen Anzahl und Positionierung von Access Points in industriellen Indoor-Szenarien unter Verwendung von Clusteringverfahren
 - Berücksichtigung der Co-Channel Interference in der Netzplanung
- Potenzial- und Sensitivitätsanalysen
 - Analyse der Robustheit und Generalisierungsfähigkeit des entwickelten Modells
 - Vergleich Wi-Fi-IndoorDRaGon vs. 5G-IndoorDRaGon hinsichtlich relevanter KPIs (z. B. Datenrate)
 - Analyse verschiedener KPIs (z. B. Abdeckung, SINR, Datenrate) für unterschiedliche Netzkonfigurationen
 - ... sowie weitere Themen entsprechend deiner Interessen!

Ihr Profil

- Interesse an drahtloser Kommunikation, insbesondere an Wi-Fi und Funkausbreitungsmodellierung
- Grundkenntnisse in Machine Learning
- Gute Kenntnisse in Python und LaTeX sowie ausgeprägte Präsentationsfähigkeiten
- Erfolgreiche Teilnahme an ComNets-Modulen ist von Vorteil

Referenzen

- [1] M. Geis, H. Schippers, M. Danger, C. Krieger, S. Böcker, J. Freytag, I. Priyanta, M. Roidl, and C. Wietfeld, "IndoorDRaGon: Data-Driven 3D Radio Propagation Modeling for Highly Dynamic 6G Environments", in *European Wireless 2023*, Rome, Italy, October 2023. IEEE. [\[pdf\]](#)