Sachbericht zum Verwendungsnachweis
Teil I
2024

Verbundvorhaben

RIS4NGWB

Resilienz und Security im Next Generation Wireless Backhaul mit Rekonfigurierbaren Intelligenten Oberflächen

Gefördert durch das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI)

Konsortialführung: **TU Clausthal** **Institut für Elektrische Informationstechnik** **Herr Prof. Dr. Niels Neumann** **Adolf-Roemer-Str. 2a** **38678 Clausthal-Zellerfeld** **+49 5323-72 3530** **niels.neumann@tu-clausthal.de**	Förderkennzeichen: **01MO23001A-C**
Laufzeit des Vorhabens: von: **01.01.2023** bis: **31.12.2024**	
Berichtszeitraum: von**: 01.01.2023** bis: **31.12.2024**	Datum: **27.06.2025**

Projektpartner:

1. Technische Universität Clausthal
2. Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
3. Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. (Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS)

Teil I:

Kurzbericht

1. ursprüngliche Aufgabenstellung sowie wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Rekonfigurierbare Intelligente Oberflächen (RIS) zur Beeinflussung der räumlichen Ausbreitungseigenschaften werden in der Wissenschaft erst seit weniger als 5 Jahren (verstärkt ab 2019) betrachtet. Dennoch werden sie aufgrund ihrer Eigenschaften wie kostengünstige Komponenten, geringe Leistungsaufnahme als vielversprechender Kandidat angesehen, in 6G- oder sogar schon zukünftigen Releases des 5G-Standards (5G-Advanced) aufgenommen zu werden. Heute stehen RIS an der Schwelle, von der Grundlagenforschung in Anwendungsszenarien überführt zu werden. Hier knüpft dieses Projekt an. Bislang wurden im Wireless Backhaul selbst keinerlei Maßnahmen bezüglich Resilienz oder Sicherheit ergriffen. Klassische Maßnahmen auf Netzwerkseite sind Transport-Verschlüsselung und die Anbindung der Access Points mit verschiedenen Medien, z.B. zusätzlich per Glasfaser. Dies ist allerdings nicht in allen Szenarien (z.B. Campus-Netzen) ökonomisch sinnvoll. RIS werden bisher in erster Linie für die Übertragung zu Endgeräten untersucht, nicht aber für die Verbindungen zwischen Netzwerkkomponenten (Wireless Backhaul).

Die Partner TU Clausthal, Fraunhofer IIS und FAU Erlangen-Nürnberg planten, die unterschiedlichen Aspekte in 6 Arbeitspaketen zu bearbeiten. Zunächst sollte in AP1 gemeinsam aus den grundsätzlich möglichen Anwendungsszenarien eine Übersicht erstellt und ein Beispielszenario ausgewählt werden sowie Kennzahlen für die Bewertung der Szenarien und resultierende Anforderungen untersucht und festgelegt werden. Daraus sollte in AP2 gemeinsam eine Systemarchitektur entwickelt werden. Hauptsächlich von der TU Clausthal (die FAU Erlangen-Nürnberg und das Fraunhofer IIS sind zur Entwicklung der Schnittstellen beteiligt) sollte dann in AP3 der RIS-Demonstrator entworfen, realisiert und charakterisiert werden. Die nachrichtentechnische Modellierung / Algorithmenentwicklung in AP4 sollte parallel hauptsächlich durch die FAU Erlangen-Nürnberg (die TU Clausthal und das Fraunhofer IIS sind zur Entwicklung der Schnittstellen beteiligt) durchgeführt werden. Mit ersten Ergebnissen aus AP3 und AP4 sollte dann AP5 starten, in dem das Fraunhofer IIS an der SDN-Entwicklung und -Realisierung arbeiten sollte (wiederum sind die TU Clausthal und die FAU Erlangen-Nürnberg für die Schnittstellen beteiligt). In der letzten Phase des Projektes sollten alle Partner gemeinsam an AP6, der Systemevaluation und der Verwertung der Ergebnisse arbeiten.

2. Ablauf des Vorhabens

Das Vorhaben wurde im Zeit- und Kostenrahmen planmäßig durchgeführt:

AP1: Anwendungsszenarien und Anforderungen: planmäßig abgeschlossen

- aus den möglichen Anwendungsszenarien und den Anforderungen, u.a. physikalischer Natur und Randbedingungen wie verfügbare Hardware wurden mehrere Szenarien definiert, die weiterverfolgt werden sollen: ein Demo-Szenario in der Testhalle LINK von Fraunhofer IIS, ein realistisches Einsatz-Szenario für Backhaul und ein Szenario unter Einsatz von Drohnen

AP2: Systemarchitektur und Gesamtszenario: planmäßig abgeschlossen

- die in AP1 gefundenen Szenarien wurden unter Zuhilfenahme von Simulationen und analytischen Berechnungen näher untersucht, hieraus ist ein Meilensteinbericht entstanden, der die Basis für eine gemeinsame wissenschaftliche Veröffentlichung bildete

AP3: RIS-Demonstrator: planmäßig abgeschlossen

- 4 verschiedene RIS mit unterschiedlichen Eigenschaften wurden entworfen, hergestellt und getestet, daraus sind mehrere Veröffentlichungen entstanden
- Durchführung erster Messungen zur Validierung der Funktionalität und Leistungsfähigkeit

AP4: Resiliente und sichere Strategien für RIS-assisted Wireless Backhaul: planmäßig abgeschlossen

- Entwicklung von Algorithmen zur Erhöhung von Resilienz und Sicherheit im Backhaul-Netzwerk
- Einführung einer neuen Framestruktur zur Reduktion von Overheadkosten durch langfristiges Design von BS-Beamforming und RIS-Phasenschaltung unter Berücksichtigung von Kanalvariabilitäten
- Entwicklung eines resilienten Two-Time-Scale-Protokolls zur Aufrechterhaltung und Wiederherstellung der Funktionalität nach Systemausfällen

AP5: Virtualisierung von RIS und SDN-basierter Betrieb: planmäßig abgeschlossen

- Entwicklung einer SDN-Umgebung zur Steuerung und Virtualisierung von rekonfigurierbaren intelligenten Oberflächen (RIS) und weiteren Netzwerkkomponenten
- Integration und Anpassung von Schnittstellen zur dynamischen Steuerung und Überwachung des Backhaul-Netzwerks mit RIS
- Implementierung und Integration von Sicherheits- und Resilienz-Apps basierend auf den Ergebnissen aus AP4 in die SDN-Umgebung

AP6: Evaluierung des Gesamtkonzepts und Verwertung: planmäßig abgeschlossen

- Experimente gemäß der in AP1 beschriebenen Szenarien wurden in der LINK Testhalle durchgeführt. Dabei handelt es sich um die Szenarien "Sicherheit“ und „Resilienz" und das Szenario "3D", das den Einsatz von Drohnen darstellt.
- Präsentation der Ergebnisse auf Kongressen, Erarbeitung von Optimierungspotenzial und Planung weiterer Forschung.

3. die wesentlichen Ergebnisse sowie ggf. die Zusammenarbeit mit anderen Forschungseinrichtungen

- im Vorhaben wurde ein Komplettsystem aus SDN und RIS demonstriert, dabei ist funktionierende RIS-Hardware in 4 Versionen entstanden
- im Vorhaben konnte eine Patentanmeldung (Reflector and a method for reflecting electromagnetic waves) vorgenommen werden
- im Vorhaben wurden über 10 Publikationen in wissenschaftlichen Journals, Konferenzen, Workshops und bei Messen generiert
- das Vorhaben ist Ausgangspunkt für mehrere weitere Forschungsaktivitäten bei den Partnern, teils gemeinsam
- das Vorhaben konnte der Öffentlichkeit zu verschiedenen Anlässen (lange Nacht der Wissenschaft, Girls‘ Day, Zukunftstag, …) präsentiert werden