MARCONI

Massive MIMO for Reliable 5G Vehicular Communications

Programm / Ausschreibung	IKT der Zukunft, IKT der Zukunft - 5. Ausschreibung (2016)	**Status**	abgeschlossen
Projektstart	01.09.2017	**Projektende**	31.12.2020
Zeitraum	2017 - 2020	**Projektlaufzeit**	40 Monate
Keywords	5G, massive MIMO, massive MIMO channel measurements and modelling, time-variant channel estimation, prediction and feedback, precoding in the delay-Doppler domain		

Projektbeschreibung

Ausgangssituation, Problematik und Motivation zur Durchführung des F&E-Projekts – Verbundene autonome Fahrzeuge können Sensorinformationen (Radar, optisch etc.), kinematische Daten und Manöverinformationen austauschen und somit gemeinsam kooperative Entscheidungen in schwierigen Verkehrssituation treffen; sie bilden ein Internet der Dinge (IoT, Internet-of-things). Diese Kooperation hilft, die Verkehrssicherheit zu verbessern und sich dem Ziel eines unfallfreien Straßenverkehrs zu nähern. Als Basis werden hoch zuverlässige drahtlose Fahrzeug-zu-Infrastruktur Verbindungen (vehicle-to-infrastructure, V2I) mit geringer Latenzzeit benötigt um die Verbindung mit einer edge-Cloud am Standort der Basisstation zu ermöglichen. V2I-Kommunikationskanäle haben herausfordernde Eigenschaften, sie sind stark zeitvariant und weisen aufgrund der hohen Mobilität von Fahrzeugen nicht-stationäre Schwundstatistiken auf. Daher ist das Design einer zuverlässigen drahtlosen V2I-Kommunikationsverbindung mit geringer Latenzzeit eine herausfordernde Aufgabe und neue Lösungen sind dringend erforderlich.
Ziele und Innovationsgehalt gegenüber dem Stand der Technik – In MARCONI nutzen wir das Grundkonzept von großen Mehrfachantennen-Systemen (massive multiple-input multiple-output, massive MIMO), bei denen die Basisstation (BS) mit 30 ... 100 Antennenelementen ausgestattet ist. Die Mobilstation (MS) verwendet eine einzelne Antenne. Damit ist es möglich die Sendeenergie der BS durch kohärente Überlagerung am Standort der MS zu maximieren. Durch den kugelhärtenden Effekt in großen MIMO-Systemen wird der Schwundprozess kompensiert und eine konstante Übertragungsqualität ermöglicht. In MARCONI werden wir Algorithmen erforschen, um diese Eigenschaften auch für hochzeitvariante und nicht-stationäre V2I-Szenarien zu ermöglichen. Um Abschattungen zu vermeiden, werden wir Algorithmen für verteilte große MIMO-Antennen erforschen.
Angestrebte Ergebnisse und Erkenntnisse – Wir messen die Funkwellenausbreitungseigenschaften zwischen mehreren mobilen Knoten und der massiven MIMO-Basisstation in Fahrzeugszenarien. Die Messdaten werden verwendet um ein nicht-stationäres geometriebasiertes Kanalmodell für die numerische Simulation von massiven MIMO-Transceiver-Algorithmen zu entwerfen. Zeitvariante Unterraum-basierte Kanalschätzalgorithmen für massive MIMO-Systeme, die Hypothesentests und komprimierte Detektionskonzepte verwenden, ermöglichen die Erfassung von qualitativ hochwertigen Kanalzustandsinformationen (channel state information, CSI). Diese Daten sind entscheidend für die Vorkodierung für zeitvariante Kanäle. Hier werden wir die langsame zeitliche Variation in der Verzögerungs-Doppler-Domäne ausnutzen, um

mit mobilen Knoten zuverlässige Kommunikationsverbindung mit geringer Latenzzeit zu garantieren. Für den schnellen Einsatz in aktuellen Netzwerktopologien werden wir die komprimierte Kanalzustandsinformationsrückmeldung für den Betrieb in Frequenz-Duplex-Systemen (FDD) untersuchen. Dadurch können die vorhandenen und teuren Spektrum Allokationen direkt weiterverwendet werden. Alle Algorithmen in MARCONI werden in Echtzeit auf unserem Software-definierten Radio-Testbed mit bis zu 96 Antennenelementen für Frequenzen bis 6 GHz getestet.

Abstract

Initial situation, problem to solve and motivation to carry out the R&D project – Connected autonomous vehicles are able to exchange sensor information (radar, optical, etc.), kinematic information and maneuver information to achieve cooperative joint decisions in difficult traffic situation forming an internet-of-things (IoT). This cooperation helps to improve traffic safety and approach the goal of zero accidents. Highly-reliable and low-latency 5G wireless vehicle-to-infrastructure (V2I) communication link shall enable the cooperation in a controlled manner connecting vehicles to a mobile-edge cloud computing center at the base-station location. V2I communication channels have challenging properties, they are strongly time-variant and exhibit non-stationary fading statistics due to the high mobility of vehicles. Hence, the design of a highly-reliable and low-latency wireless V2I communication link is a challenging task and new solutions are urgently needed.
Goals and level of innovation compared to the state-of-the-art – In MARCONI we will use the basic concept of massive multiple-input multiple-output (MIMO) systems where the base station is equipped with 30...100 antenna elements while the mobile station uses a single antenna. With this setup, it is possible to focus the transmit energy of the base station by coherent superposition at the location of the mobile station. Due to the sphere hardening effect in massive MIMO systems, the fading process can be practically removed enabling a constant transmission quality from the base station to the mobile station. In MARCONI, we will explore algorithms to enable these properties for the first time for highly time-variant and non-stationary V2I scenarios in both time-division duplex (TDD) and frequency division duplex (FDD) systems. To avoid shadowing we will devise algorithms for distributed massive MIMO antennas and implement the transceiver algorithms on a real-time software-defined radio testbed.
Expected results and findings – We will measure the radio wave propagation characteristics between multiple mobile nodes and the massive MIMO base station in vehicular scenarios. The measurement data is used to design a non-stationary geometry-based channel model for the numerical link level evaluation of massive MIMO transceiver algorithms for mobile nodes in vehicular scenarios. Time-variant subspace based channel estimation algorithms for massive MIMO systems utilizing hypothesis tests and compressed sensing concepts will enable the acquisition of high-quality channel state information. This data will be crucial for the massive MIMO precoding for time-variant channels. Here we will exploit the slow time-variation in the delay-Doppler domain to cope with mobile nodes providing a highly reliable and low-latency communication link. For rapid deployment in current network topologies we will investigate compressed channel state information feedback for operation in FDD systems. Thus, the already costly allocated frequency bands of the providers can be directly reused in the future. All algorithms in MARCONI will be tested in real-time on our software defined radio testbed with up to 96 antenna elements for frequencies up to 6 GHz.

Projektkoordinator

- AIT Austrian Institute of Technology GmbH

Projektpartner

- AVL List GmbH

- Nokia Solutions and Networks Österreich GmbH