

# Dissertationspreis 2018

## für ausgezeichnete Dissertationen

---

**Dr.-Ing. Yuan Gao**

### **„LOW RF-Complexity Massive MIMO Systems: Antenna Selection and Hybrid Analog-Digital Beamforming“**

#### **Kurzfassung:**

Massive Multiple-Input Multiple-Output (MIMO) is a technology by scaling up the conventional MIMO with a large number of active antennas, which increases the spectral efficiency dramatically at the cost of high RF complexity. To balance the RF complexity and system performance, low RF-complexity massive MIMO systems are focused in this thesis. Specifically, antenna selection systems and hybrid analog-digital beamforming systems are studied. In the antenna selection system, the upper bounds on the channel capacity using asymptotic theory on order statistics are derived. The optimal antenna selection algorithms are also developed, which are based on Branch And Bound (BAB) search algorithm. In the hybrid beamforming system, Rotman lens is proposed to replace the conventional phase-shifter-based network. Two beam selection algorithms, i.e., sub-optimal greedy search and optimal BAB search, are also proposed. In addition, the Rotman lenses are designed, fabricated and measured. To prove the advantage of the low RF-complexity massive MIMO, two testbeds are built up for the two systems, respectively. The measurement results show the low RF-complexity massive MIMO systems have superior performance over the small-scale MIMO systems under the condition of the same number of RF transceivers. The results in this thesis show that the proposed low RF-complexity massive MIMO systems are feasible in technology and promising in performance, validating its potential usage for the 5G systems.

#### **Laudatio**

Die fünfte Mobilfunk-Generation (5G) ist im Wesentlichen durch eine erhebliche Steigerung der Datenrate, durch den massiven Ausbau des Internets der Dinge und der Minimierung von Latenzzeiten gekennzeichnet. Eine Schlüsseltechnologie zur Steigerung der Datenrate sind sogenannte „Massive Mehrantennensysteme“ (Massive Multiple Input Multiple Output, MMIMO), die typisch 100 Antennen und mehr in der Basisstation aufweisen. Die Realisierung solcher MMIMO-Systeme stellt nicht nur hohe Anforderungen an die Signalverarbeitung, sondern insbesondere auch an den gerätetechnischen Aufbau. Während sich die Antennen preislich und auch aufwandsmäßig noch in Grenzen halten, sind die massiv parallelen integrierten Hochfrequenzschaltungen und die Umsetzung ins Basisband kostenintensiv und eine erhebliche technische Herausforderung. Hier eine ausbalancierte Lösung zu finden ist ein hochaktueller Forschungsgegenstand mit weitreichendem Nutzen für die Realisierung von 5G

Genau hier setzt die Dissertation von Dr. Yuan Gao mit dem Titel „Low RF-Complexity Massive MIMO Systems: Antenna Selection and Hybrid Analog-Digital Beamforming“ an.

Zwei verschiedene Lösungsansätze zur Reduktion der Komplexität werden in der Dissertationsschrift ausführlich untersucht: zum einen ein Verfahren zur Antennenselektion um die Anzahl an integrierten Hochfrequenzschaltungen unmittelbar zu reduzieren und zum anderen ein Verfahren zur hybriden Analog-Digitalen Strahlformung um die Digitale Signalverarbeitung zu vereinfachen.

Um zu aussagekräftigen Erkenntnissen zu gelangen wurden

- effiziente Systemarchitekturen erarbeitet und analysiert
- die theoretischen Leistungsgrenzen zur Kanalkapazität mathematisch berechnet
- schnelle und optimale Algorithmen zur Antennen- und auch Strahlselektion entwickelt und deren Leistungsfähigkeit ausführlich untersucht.

Besonders beeindruckend und für eine solche schon theoretisch und simulativ hervorragende Forschungsarbeit ist jedoch die zusätzliche Realisierung beider Ansätze durch eigenständig aufgebaute Demonstratoren und entsprechend umfangreichen Messungen.

Dr. Gao's Ergebnisse sind von höchster Originalität und wurden u.a. in zwei renommierten IEEE-Fachzeitschriften veröffentlicht und mit einem *Best Paper Award* auf einer internationalen IEEE-Fachtagung prämiert.

Entsprechend konsequent ist die Fortsetzung seiner beruflichen Karriere bei dem weltgrößten Mobilfunkchiphersteller Qualcomm, bei dem er nach einem hochkompetitiven Auswahlverfahren seit November 2017 in einem großen Team den weltersten 5G-Mobilfunkchip in San Diego, USA, entwickelt

*Prof. Dr.-Ing. Thomas Kaiser*