

INSTITUTE OF TELECOMMUNICATIONS TU WIEN

DOCUMENTATION
JANUARY 1 – DECEMBER 31, 2016

INHALT / CONTENTS

	Seite / Page
Kontaktperson / Contacts	3
Mitarbeiter des Instituts / Staff members	5
Sponsoren und Projektpartner / Sponsors and Cooperation Partners	9
Aktuelle Forschungsgebiete: Übersicht / Current Research Areas: Synopsis	11
Ernennungen und Preise / Nominations and Awards	22
Veranstaltungen / Events	22
Lehrveranstaltungen / Course Program	23
Gastvorträge von Institutsmitgliedern / Guest Talk by Members of the Institute	27
Forschungsprojekte / Research Projects	28
Dissertationen / Doctoral Dissertations	31
Diplomarbeiten / Diploma Thesis	31
Bücher und Buchbeiträge / Books and Book Chapters	32
Zeitschriftenartikel / Publications in Scientific Journal	33
Konferenzbeiträge / Conference Contributions	34
Vorträge und Posterpräsentationen / Talks and Poster Presentations	35
Wissenschaftliche Berichte / Scientific reports	42

Technische Universität Wien

Institute of Telecommunications

Gusshausstrasse 25/E389

1040 Wien, Austria

Tel.: (43 1) 58801 – ext.

Fax: (+43 1) 58801 – 38999

Email: sekretariat@nt.tuwien.ac.at

<http://www.tc.tuwien.ac.at>

KONTAKTPERSON / CONTACTS

	Nebenstelle / Extension
Vorstand Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.Ing. T. Zseby	38910
Sekretariat / Secretariat Fr. Engelmaier	38954
Fr. Hummer	38901
Buchhaltung / Accounting Fr. Halzl	38915
Fr. Schwab	38937
IT-Services Ing. B. Wistawel	38924
Embedded Systems Support Ing. B.Sc. W. Gartner	38905
Hausangelegenheiten, Brandschutz & Arbeitssicherheit Ing. W. Schüttengruber	38964
○ Mobilkommunikation / Mobile Communications Prof. Rupp	38967
○ Flexible Funksysteme / Flexible Wireless Systems Christian Doppler Laboratory for Wireless Technologies for Sustainable Mobility Prof. Mecklenbräuker	38980
○ Multimedia-Systeme / Multimedia Systems Prof. Görtz	38925
○ Communication Networks Prof. Zseby	38910
○ Signalverarbeitung / Signal Processing Prof. Hlawatsch	38963
○ Theorie der Telekommunikation / Communication Theory Prof. Matz	38916

SIGNAL PROCESSING

ADAPTIVE FILTERS
EQUALIZATION
PREDISTORTION
TECHNIQUES

STATISTICAL SIGNAL
PROCESSING
SIGNAL PROCESSING
FOR AGENT NETWORKS
DISTRIBUTED
SIGNAL PROCESSING

INVERSE PROBLEMS IN
MODULATION AND CODING

SIGNAL PROCESSING FOR
COMMUNICATIONS
SIGNAL PROCESSING FOR
SENSOR NETWORKS
BIOMEDICAL SIGNAL
PROCESSING

MULTIMEDIA SYSTEMS

CELLULAR SYSTEMS
MIMO TRANSMISSION
WIRELESS MULTIMEDIA

CROSS-LAYER DESIGN
FLEXIBLE SCHEDULING
MULTIMEDIA SOURCE
CODING
JOINT SOURCE-
CHANNEL CODING

ROBUST AND RELIABLE
COMMUNICATIONS

CHANNEL
CHARACTERIZATION AND
MODELING
RADIO RESOURCE
MANAGEMENT

ADAPTIVE MODULATION AND
CODING
THEORY
MIMO SYSTEMS
MULTICARRIER SYSTEMS
ITERATIVE RECEIVERS
INFORMATION THEORY
COOPERATIVE
COMMUNICATIONS
WIRELESS CHANNELS

COMMUNICATION THEORY

ENTROPY IN IP NETWORKS

PERFORMANCE LIMITS
TRANSCIVER DESIGN

SPREAD SPECTRUM
AND CDMA

COMMUNICATION NETWORKS

NETWORK SECURITY
SECURITY IN CYBER-
PHYSICAL SYSTEMS

FLEXIBLE RADIO AND RF SYSTEMS

CELLULAR SYSTEMS
PERFORMANCE
MEASUREMENT

VEHICULAR ADHOC
NETWORKING
WIRELESS SENSOR NETWORKS
ULTRA-WIDEBAND
COMPONENTS AND SYSTEMS

VARIABLE-RATE
CHANNEL CODING
MODULATION AND
CODING FOR COOPERATIVE
COMMUNICATIONS



RUPP

ZSEBY

HLAWATSCH

GOISER

MECKLENBRÄUKER

GÖRTZ

MATZ

MITARBEITER DES INSTITUTS / STAFF MEMBERS

Stand: 16.05.2017

Professoren:

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Norbert Görtz

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Christoph Mecklenbräuer

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Markus Rupp

Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Tanja Zseby (Institutsvorstand)

Dozenten:

Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Alois Goiser

Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Franz Hlawatsch

Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Gerald Matz

Beamte des wissenschaftlichen Dienstes:

OR Dipl.-Ing. Dr.techn. Walter Ehrlich-Schupita

Senior Scientist:

Mag.rer.soc.oec. Dipl.-Ing. Dr.techn. Joachim Fabini

Dipl.-Ing. Dr.techn. Robert Langwieser

Universitätsassistenten:

Dipl.-Ing. BSc. Robert Annessi

Dipl.-Ing. Gerald Artner

Msc. PhD Gita Babazadeh

Dipl.-Ing. Stefan Birgmeier

Dipl.-Ing. Thomas Blazek

Dipl.-Ing. BSc. Stefan Farthofer

Dr.techn. MSc. Felix Iglesias Vazquez

Dipl.- Ing. Gabor Hannak

Msc. Osman Musa

Dipl.-Ing. Rene Repp

MSc. Shrief Rizkalla

Dipl.-Ing. Dr.techn. Stefan Schwarz

Dipl.-Ing. BSc Gernot Vormayr

Dipl.-Ing. Erich Zöchmann

Projektassistenten:

Dipl.-Ing. Fjolla Ademaj
Dr. Peter Berger
Dipl.-Ing. Taulant Berisha
BSc MSc Manfred Buchacher
Mag.rer.soc.oec. Dipl.-Ing. Dr.techn. Sebastian Caban
Msc. Daniel Cavaco Ferreira
Dipl.-Ing. Dr. techn. Sanda Drakulic
Msc. Peter Eder-Neuhauser
Msc. Mehdi Fereydooni
Msc. PhD Samira Homayouni
Dipl.-Ing. Dr.techn. Günther Koliander
Dipl.-Ing. BSc. Thomas Kropfreiter
Dipl.-Ing. Martin Lerch
Msc. Ljiljana Marijanovic
Dipl.-Ing. BSc. Michael Meidlinger
Dipl.-Ing. B.Eng. Martin Klaus Müller
Dipl.-Ing. BSc. Ronald Nissel
Dipl.-Ing. BSc. Georg Pichler
BSc Stefan Pratschner
Msc Blanca Ramos Elbal
DI Dr. techn. Driton Statovci
Dipl.-Ing. Dr.techn. Philipp Svoboda
Dr. techn. Martin Wolkerstorfer
Dipl.-Ing. Evangelia Xypolytuo

Kollegiaten:

Dipl.-Ing. Christian Krieg

Projektmitarbeiter:

BSc Thomas Dittrich
BSc Agnes Fastenbauer
BSc Markus Gasser
BSc Daniel Maierhofer
BSc Mariam Mussbah
BSc Lukas Nagel
BSc Richard Prüller

Václav Raida
BSc Michael Rindler
BSc Bashar Tahir

Bedienstete des nicht wissenschaftlichen Dienstes:

Andrea Engelmaier
Ing. BSc Wolfgang Gartner
Brigitte Halzl
Natalie Hummer
Matthias Nitzschke
Eva Schwab
ARat Ing. Walter Schüttengruber
Amtsdir. Ing. Bernhard Wistawel

Zugeteilt dem Institut:

O.Univ.Prof.i.R. Dipl.-Ing. Dr.techn. Dr.h.c. Ernst Bonek
Ass.Prof.i.R. Dipl.-Ing. Dr.techn. Gerhard Doblinger
Univ.Prof.i.R. Dipl.-Ing. Dr.techn. Walter Leeb
Univ.Do. Dipl.-Ing. Dr.techn. Heinrich Garn
Privatdoz. Dipl.-Ing. Dr.techn. Admela Jukan
Em.O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Gottfried Magerl
Em.O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Wolfgang Mecklenbräuker
Univ.Do. Dipl.-Ing. Dr.techn. Andreas Molisch
Privatdoz. Dr. Fabio Ricciato
Univ.Do. Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Johannes Riegl
Ao.Univ.Prof.i.R. Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Arpad Ludwig Scholtz
Em.O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Harmen R. Van As
Univ.Prof.i.R. Dipl.-Ing. Dr.techn. Johann Weinrichter
Univ.Do. Dipl.-Ing. Dr.techn. Peter Winzer
Privatdoz. Dipl.-Ing. Dr.techn. Thomas Zemen

Lehrbeauftragte:

Univ.Lektor Dipl.-Ing. Dr.techn. Markus Kommenda
Univ.Lektor Dipl.-Ing. Kurt Lamedschwandner
Univ.Lektor Dipl.-Ing. Dr.techn. Georg Neubauer
Univ.Lektor Dipl.-Ing. Dr.techn. Georg Tauböck
Dipl.-Ing. Dr.techn. Andreas Ullrich
Dipl.-Ing. Dr.techn. Bernhard Wess

Studienassistenten:

BSc. Davor Frkat

BSc. David Kaufmann

Michael Lutonsky

Weitere Mitarbeiter:

Dipl.-Ing. Thomas Ergoth

Im letzten Jahr sind folgende Mitarbeiter ausgeschieden:

PhD Golsa Ghiaasi Hafezi

Univ.Lektor Dipl.-Ing. Dr.techn. Alexander Jung

Dipl.-Ing. BSc. Martin Mayer

Msc. Cise Midoglu

Dipl.-Ing. Illia Safiulin

MSc Mona Shemshaki

Dipl.-Ing. Dr.techn. Martin Taranetz

Bakk.rer.soc.oec. Leonhard Wimmer

SPONSOREN UND PROJEKTPARTNER / SPONSORS AND COOPERATION PARTNERS

Aalto University, Finland

AIT Austria Institute of Technology GmbH

Alcatel Lucent Austria AG

ARRI Cine & Video Geräte Ges.m.b.H.

ASFINAG

Austrian Science Fund (FWF)

A1 Telekom Austria AG, Austria

BMW Forschung und Technik GmbH

Brno University of Technology, Czech Republic

Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden

Centre for Maritime Research and Experimentation (CMRE), La Spezia, Italy

Continental, Germany

COST-Action IC1004

COST-Action IC1101

COST-Action CA15104 IRACON

Christian Doppler Forschungsgesellschaft

Cisco, USA

Department of Electrical and Computer Engineering, University of Connecticut, Storrs, CT, USA

Department of Electronic Systems, Aalborg University, Aalborg, Denmark

Department of Electrical and Computer Engineering, Stony Brook University / NY, USA

Department of Electrical Engineering, Technion – Israel Institute of Technology

Department of Distributed and Multimedia Systems, Faculty of Computer Science, University of Vienna

École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Switzerland

École Supérieure d'Electricité (Supélec), Frankreich

ETH Zürich, Schweiz

Eurecom Institute, Frankreich

FFG – Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft GmbH

Forschungszentrum Telekommunikation Wien, FTW

Frequentis AG

General Motors, Haifa, Israel

Graz University of Technology

Infineon Technologies Austria AG, Austria

Institute of Electronics, TU Graz

Johannes Kepler University, Linz, Austria
Kapsch Carrier Com
Kapsch TrafficCom AG, Austria
Karlsruhe Institute of Technology, Germany
Kathrein Werke, Germany
Mobile Communications Systems (Prof. Gerhard Fettweis), Technische Universität Dresden, Deutschland
National Instruments
New Jersey Institute of Technology, USA
Nokia Solutions and Network, Ulm, Deutschland
Numerical Harmonic Analysis Group (NuHAG), Universität Wien
NXP Semiconductors Austria GmbH
Österreichische Bundesbahnen (ÖBB)
Österreichische Energieagentur (AEA)
Österreichische Forschungsgemeinschaft (ÖFG)
PIDSO – Propagation Ideas & Solutions
Slovak University of Technology, Slovakia
University of Bristol, Großbritannien
University of California at San Diego, USA
University of Edinburgh, Großbritannien
University of Southern California, USA
University of Southampton, Großbritannien
Universidad da Coruna, Spain
Universitat Politècnica de València, Spain
Vencore Labs, Inc., USA
Volkswagen AG, Wolfsburg, Germany
Wiener Wissenschafts-, Forschungs- und Technologiefonds (WWTF)
Wireless Communications and Networking Group (Prof. Robert Heath), University of Texas at Austin, USA
Vodafone, UK

AKTUELLE FORSCHUNGSGEBIETE: ÜBERSICHT / CURRENT RESEARCH AREAS: SYNOPSIS

Mobilkommunikation

Der Fokus der Forschung auf diesem Gebiet liegt für uns im Bereich der mobilen zellularen Netze. Hier werden die folgenden fünf Schwerpunkte behandelt: Messung und Simulation von Funkübertragungsstrecken der fünften Generation (5G) speziell im Bereich sogenannter Millimeterwellen, Entwicklung und Verbesserung von Sende/Empfangs Signalverarbeitungsalgorithmen, Simulation und Optimierung dichter heterogener Mobilfunknetze, Analyse und Modellierung des paketvermittelten Verkehrs und schichtübergreifende Optimierung von Diensten in Mobilfunknetzen.

Ein signifikanter Teil der Forschung im Bereich Mobilkommunikation findet im Zuge des Christian Doppler (CD-)Labors für Zuverlässige Drahtlose Konnektivität für eine Gesellschaft in Bewegung statt. Gemeinsam mit unseren Unternehmenspartnern A1 Telekom Austria AG, Kathrein Werke KG und Nokia Solutions and Networks, haben wir es uns in diesem CD-Labor zum Ziel gesetzt einen wichtigen Beitrag zur Entwicklung von Mobilfunktechnologien der 5. Generation und darüber hinaus zu leisten, wobei unser Fokus auf Szenarien mit sich (potentiell schnell) bewegenden (menschlichen und maschinellen) Benutzern liegt (Autos, Züge aber auch Fußgänger und Radfahrer). Hierbei liegen unsere Schwerpunkte auf drei Forschungsmodulen, die wir jeweils gemeinsam mit einem Unternehmenspartner behandeln: 1) In Modul 1 widmen wir uns gemeinsam mit Nokia Solutions and Networks, einem Weltmarktführer im Bereich Kommunikationsnetze, der Verbesserung der Physikalischen Schicht für schnell bewegte Benutzer. Kernthemen dieses Moduls sind neuartige Vielträger Modulationsverfahren und massive Mehrfachantennensysteme. Unsere Forschung zielt dabei vor allem auf die Optimierung der Ressourceneffizienz und Robustheit dieser Technologien im Bereich hoher Mobilität ab. 2) In Modul 2 untersuchen wir gemeinsam mit A1 Telekom Austria AG, dem führenden österreichischen Mobilfunkanbieter, innovativen Technologien die das Potential haben den Mobilfunk entscheidend voran zu bringen. Speziell liegt unser Fokus in diesem Modul auf der drahtlosen Kommunikation im Millimeterwellen Bereich (ungefähr 30 – 300 GHz) und auf der Erweiterung des zellularen Mobilfunks durch selbstständige/netzgesteuerte Ad-Hoc Kommunikation zwischen Geräten. Mobilfunk im Millimeterwellen Bereich bietet zahllose Herausforderungen, hat jedoch auch äußerst großes Potential, da dort viel ungenützte Bandbreite zur Verfügung steht die signifikante Steigerungen der Netzkapazität von Mobilfunknetzen verspricht. Unser Interesse gilt zunächst der messtechnischen Charakterisierung von Funkübertragungsstrecken bei 60 GHz und im weiteren Zuge der Entwicklung effizienter Sende-Empfänger. Das Thema Ad-Hoc Kommunikation ist für uns speziell im Bereich der Kommunikation zwischen Fahrzeugen im öffentlichen Verkehr von Interesse, wie zum Beispiel, zur Realisierung von Stau/Unfall-Frühwarnsystemen (Road Safety) und zur Bereitstellung von Internet für Logistik und Multimedia Applikationen in Autos Zügen, U-Bahnen, Straßenbahnen, etc. Die Kombination aus Mobilfunk und Ad-Hoc Kommunikation verspricht dabei eine deutliche Steigerung der Zuverlässigkeit und Effizienz der Datenübertragung. 3) In Modul 3 behandeln wir gemeinsam mit Kathrein Werke KG, einem Weltmarktführer im Bereich Kommunikationstechnologien, das Themengebiet Netzverdichtung durch heterogene Netzstrukturen und verteilte Antennensysteme. Die Verdichtung der Netzstrukturen wird allgemein als wichtigster Faktor zur Realisierung der zukünftig benötigten Netzkapazitäten gesehen. Mit zunehmender Anzahl an Basisstationen in Mobilfunknetzen (small cells) und verteilten Antennensystemen rückt auch die Koordination verschiedener Netzknoten zur Verminderung der Interferenz in den Fokus der Forschung. Einen wichtigen Aspekt hierbei stellt die akkurate Modellierung der Interferenz in solchen heterogenen Netzen dar, um basierend darauf effizient große Mobilfunknetze mathematisch abbilden und optimieren zu können. Hierfür setzen wir Methoden der sogenannten stochastischen Geometrie ein. Um dichte Netzstrukturen untersuchen und angepasste Methoden dafür entwickeln zu können, werden unsere vorhandenen Up- und Downlink LTE/LTE-Advanced Link- und System- Level Simulatoren

ständig entsprechend erweitert. Diese Simulatoren stehen frei zur akademischen Nutzung auf der Instituts-Webseite zum Download bereit und zählen zu den erfolgreichsten Simulatoren dieser Art weltweit (>50.000 Downloads). Die Simulatoren werden auch auf kommerzieller Basis vertrieben und von zahlreichen 3GPP Firmen eingesetzt. Derzeit befinden sich auch neue 5G Link- und System-Level Simulatoren in unserer Gruppe in Entwicklung, die eine zentrale Rolle in unsere Forschung in allen drei CD-Labor Modulen spielen werden.

In geförderten Forschungsprojekten mit dem Industriepartner, A1 Telekom Austria AG haben wir an der Entwicklung und Verfeinerung von Analysemethoden und Modelle für Verkehrsströme in Netzen der fünften Generation gearbeitet. Im BRIDGE Projekt Mc.HypaMiner werden die Performancedaten von verteilten Messungen ausgewertet und zusammengeführt mit netzinternen Datenquellen. Das aktuelle Forschungsthema orientiert sich an der Frage wie man ein reaktives Netzwerk mit nicht intrusiven Methoden zuverlässig vermessen kann. Dies ist eine große Herausforderung da Messungen auf unabhängigen und nicht überwachten Endgeräten stattfinden sollen. Das Ziel ist es basierend auf diesen Informationen Modelle zu erstellen, um das Netz und die Daten detailgetreu zu simulieren und analytisch in Echtzeit zu optimieren.

Die Omnipräsenz von Internetdiensten spiegelt sich auch in der neuen Mobilität der Benutzer. In diesem Kontext hat es auch weiterhin eine Zusammenarbeit mit der ÖBB gegeben, mit dem Ziel noch mehr Kunden ein perfektes mobiles Serviceerlebnis in Zügen zukommen zu lassen.

Im Zuge der Entwicklung von immer neuen Diensten haben sich die Anforderungen an die Qualität von Netzwerken geändert. Im diesem Jahr konnte die bestehende Kooperation mit A1 weitergeführt werden und um neue Themen erweitert werden. Ziel der Forschungstätigkeiten ist es die Leistungsfähigkeit von Internetzugängen im Allgemeinen in einem globalen operatorweiten Kontext erfassbar zu machen. Das spezielle Augenmerk liegt hierbei auf mobilen Zugängen der Technologien UMTS und LTE, sowie stationären Zugängen in der Technologie ADSL. Die Herausforderung ist die aktuelle gesellschaftliche Entwicklung welche zu einem verstärkten Einsatz von Verschlüsselungen auf der Netztransportebene führt. Diese Verschlüsselung macht es dem Operator unmöglich bestehende Lösungen zur Sicherung der Servicequalität weiter zu verwenden. Mit Hilfe der in der Forschungsgruppe aufgebauten Kompetenzen sollen Lösungen gefunden werden, den Verkehr auch in Zukunft zuverlässig optimieren zu können.

Die Spezialausbildung in der Mobilkommunikation, zu der verschiedene Bereiche des Instituts beitragen, zieht Studenten der ganzen Welt an. Internationale Kontakte werden schon während des Master Studiums geknüpft: in Zusammenarbeit mit der ETH Zürich und der TU München bieten wir ein gemeinsames internationales Mobilfunkseminar an und in Zusammenarbeit mit den Technischen Universitäten Bratislava und Brno halten wir ein Seminar in Bratislava, Brno und Wien gemeinsam ab.

Mobile Communications

In the broad field of mobile communications our group focuses on four major topics within the scope of next generation mobile cellular networks: link layer measurements and simulations of fourth and fifth generation mobile communications (4G/5G), simulation and optimization of heterogeneous cellular networks, traffic analysis and simulation at the IP layer and cross layer optimizations.

A significant part of our research in the field of mobile communications is financed by the Christian Doppler (CD-)Laboratory for Dependable Wireless Connectivity for the Society in Motion. Together with our corporate partners A1 Telekom Austria AG, Kathrein Werke KG and Nokia Solutions and Networks, we set our objective within this CD-Lab on significantly contributing to the development of fifth generation (and beyond) mobile communications technologies, with focus on scenarios with (potentially fast) moving (human and machine-type) users (cars, trains, but also pedestrians and cyclists). Our work is partitioned into the following three research modules: 1) In

research module 1, we investigate together with Nokia Solutions and Networks, a world market leader for communication networks, possible strategies for enhancing the physical layer of mobile network technologies, especially for high-mobility users. Core topics of this research module are novel multicarrier modulation schemes and massive multiple-input multiple-output technologies. We are targeting an enhancement of the resource efficiency as well as the robustness of such technologies for high-mobility scenarios. 2) In research module 2 we examine together with our partners from A1 Telekom Austria AG, the leading Austrian mobile network operator, innovative technologies that have the potential to substantially advance mobile communications. Specifically, our focus is on wireless communications in the millimeter wave domain (approximately 30 to 300 GHz) and on the extension of cellular mobile networks by autonomous or network controlled ad-hoc communication between devices. Mobile communications in the millimeter wave domain faces countless challenges, but it also has significant potential since a vast amount of untapped spectrum is available in that regime, promising corresponding enhancements in mobile network capacities. Our interest is initially focusing on the measurement based evaluation of wireless communications at 60 GHz and, based on these results, on developing efficient transceiver architectures and algorithms. Wireless ad-hoc communications is for us of special interest in the context of vehicular communications and wireless communications in public transport. In these areas, wireless communication is for instance required for intelligent transport systems and road safety applications, but also for providing online multimedia applications in cars, trains, trams and metros. A smart combination of cellular mobile communications and ad-hoc networks promises significant dependability and efficiency gains of such wireless connections. 3) In research module 3, we investigate together with Kathrein Werke KG, a global market leader for communication technologies, the subject area of network densification through heterogeneous network architectures and distributed antenna systems. Such network densification is generally considered as central enabler for providing the network capacities required in future mobile networks. With an increasing number of base stations in mobile networks (small cells) as well as distributed antenna systems, a coordinated operation of different network nodes becomes increasingly important, to control and mitigate the interference between such nodes. An important aspect to enable efficient and realistic mathematical representation of dense heterogeneous networks, is accurate modeling of interference amongst network nodes, for which we utilize so called stochastic geometry methods. To enable computer based investigation of dense heterogeneous networks and to facilitate the evaluation of coordination methods developed for such networks, we rely on our existing up- and downlink link- and system-level standard-compliant LTE/LTE-A simulators. These simulators are publicly available for academic users to download on our webpage. The free simulators are highly popular within the scientific community (>50.000 downloads) and are also commercially available. The latter are in usage by a large number of 3GPP companies. We are currently also developing and implementing link- and system-level simulators for 5G networks, which will be the basis for the research work conducted in all three research modules.

In an FFG funded research cooperation with our industry partner A1 Telekom Austria AG we are developing and refining analytical methods and models for traffic flows in 5G networks. In this BRIDGE project Mc.HypaMiner performance benchmarks will be migrated from central coordinated measurements to crowdsourced distributed events at the end terminal of the users. The current research challenge is the integration of non-intrusive benchmark measurements for reactive networks. The ultimate goal is a distributed setup to analyse, measure and simulate operational mobile networks.

Internet usage for nomadic customers is becoming a central element for planning in mobile networks. In this context, we continued the cooperation with the Austrian Federal Railways (OEBB). We fill focus to enable possible improvements for mobile coverage in high-speed trains.

The development of new services has changed the requirements for the quality monitoring of networks. In this year, we continued our cooperation action with A1 in this area. The aim of the research is to focus the development of Internet access in an operator-wide context. The special

attention are the mobile access technologies, UMTS and LTE, and the first time in this cooperation the ADSL technology. The challenge is the current social development, which leads to an increased use of encryption on the network transport level. This encryption renders it impossible for the operator to ensure the quality of service by existing solutions. With the help of in house research group skills sets out to find the traffic to optimize reliability in the future.

The dedicated course plan in mobile communications attracts students from all over the world. International socializing is an activity already in the master program: together with ETH Zurich and TU Munich we offer an International Seminar on Mobile Communications. Furthermore, in cooperation with the Technical Universities of Bratislava and Brno, we conduct a seminar series in Bratislava, Brno, and Vienna, as part of the Mobile Communications Seminar lecture.

Flexible Funksysteme

Die heutigen Funktechnologien der vierten Generation erlauben bereits eine effiziente Übertragung und Verbreitung von digitalen Inhalten: Das Internet ist mobil geworden und erlaubt heute die Generierung, Übertragung, Verteilung, Speicherung und Manipulation von Information. Die nächste technische Herausforderung besteht in der Erweiterung des (mobilen) Internets zur *Produktion*, zum *Transport*, zur *Verteilung*, *Lagerung* und *Manipulation* von materiellen Objekten („Internet der Dinge“). Funktechnologien müssen hierzu äußerst *verlässlich* („dependable“) arbeiten. Dies erfordert wesentliche Verbesserungen hinsichtlich Verfügbarkeit und Übertragungslatenz, garantierten Datendurchsatz, sowie Energieeffizienz und Kostenstruktur. Wir befassen uns daher mit experimentellen 5G Funktechnologien (Zentimeter- und Millimeterwellen) und verlässlichen Übertragungsverfahren, deren Verhalten bei hoher Netzlast, sowie möglichen energieeffizienten Lösungen.

Die Verwendung von MIMO Übertragungsverfahren mittels Antennengruppen ist der kommerzielle Stand der Technik im Mobilfunk. Strahlformung und MIMO Übertragungsverfahren sind die Basis für 5G-Technologien. Deutliche Verbesserungen gegenüber UMTS wurden bereits in 4G erreicht hinsichtlich spektraler Effizienz durch dynamische Ressourcenallokation unter Berücksichtigung der aktuellen Verkehrslast, MIMO Verfahren mit Vorkodierung und Antennenmultiplex.

Im Zusammenhang mit dem jüngsten Aufschwung an peer-to-peer und ad-hoc Netzen erlebt auch die direkte Funkkommunikation zwischen mobilen Teilnehmern eine Renaissance, insbesondere hinsichtlich der sicherheitsrelevanten Kommunikation von Fahrzeugen untereinander (mittels ETSI ITS G5 und IEEE 802.11p) für zukünftige aktive Sicherheitssysteme. Kooperative Systeme sind im Straßenverkehr ein wichtiges Forschungsfeld geworden. Darüber hinaus eröffnet die funkbasierte Vernetzung von Sensoren und Messgeräten eine Vielzahl neuer Anwendungsfelder im Telematikbereich: *Intelligent Transport*, *Smart Metering*, *Intelligent Production*, *u.v.m.*

Hauptaugenmerk intensiver Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Bereich der Verkehrstelematik liegt momentan bei Erhöhung der Verkehrssicherheit und der Effizienz. Aufgrund des limitierten Frequenzspektrums ist es notwendig, dass lizenzierte Frequenzbänder spektral effizienter genutzt werden, um bei gleichbleibender Dienstgüte das gesamte Spektrum möglichst gut auszus schöpfen. Wesentliche Effizienzsteigerungen erwarten wir uns durch den Einsatz dynamischer Ressourcen-Zuteilungsverfahren, die die aktuelle Lastsituation, Kanalprädiktion sowie Übertragungsverzögerungen berücksichtigen. Hier sehen wir einen nahtlosen Übergang von 3GPP Long Term Evolution Advanced (LTE-A) zu heterogenen 5G Funknetzen mit Hilfe von software-defined radio (SDR) Konzepten.

Großes Potential an Einsparung von Ressourcen, die ein Kommunikationssystem in Anspruch nimmt, wird durch den Einsatz nichtlinearer Detektionsverfahren erreicht. Die Nichtlinearität wird an die Störzusammensetzung angepasst, so dass die Störung diskriminiert und die Information

weitgehend unberührt gelassen wird. Solche Kommunikationssysteme werden als störungstolerante Kommunikationssysteme bezeichnet.

Eine Familie von Funksystemen zeichnet sich durch extreme Breitbandigkeit bei gleichzeitig niedriger spektraler Leistungsdichte aus. Diese ultrabreitbandigen Übertragungsverfahren werden die Kommunikation zwischen elektronischen Sensoren und Aktuatoren über kurze Reichweiten in Gebäuden revolutionieren und stören existierende schmalbandige Systeme nur wenig. Hier steht weniger die spektrale Effizienz, als vielmehr die Leistungseffizienz der Übertragungsverfahren im Vordergrund und sie ermöglichen drahtlose Sensorik und robuste eingebettete Systeme, die weder eine Batterie noch eine externe Antenne erfordern. Wir erforschen puls-basierte UWB-Übertragung für leistungseffiziente Funkschnittstellen im Nahbereich mittels integrierter Antennen am integrierten Schaltkreis zur Lokalisierung und Datenübertragung. Dies ermöglicht eine verlässliche Assoziation von Daten mit materiellen Objekten: Ein Schlüssel für das Internet der Dinge.

Flexible Wireless Systems

Present 4G wireless systems enable efficient transmission and distribution of digital content: The Internet has arrived in the mobile domain and allows the generation, transmission, distribution, storage, and manipulation of information. The next technical challenge is the extension of the mobile Internet to production, transportation, distribution, storage, and manipulation of objects ("internet of things"). Wireless technologies need to become dependable. This requires major improvements in availability (coverage) and transmission latency, packet delivery guarantees, guaranteed data rates, as well as energy efficiency and cost structure. Therefore, we investigate experimental 5G transmission techniques (centimeter and millimeter waves) and protocols, their behavior at high network load energy efficient solutions.

The use of MIMO transmission using antenna array technology has become the commercial state of the art in mobile communications. Beamforming and MIMO-transmission will be the core of 5G technologies. Major improvements compared to UMTS have been achieved in 4G networks in terms of spectral efficiency by dynamic resource allocation which takes into account the current system load, advanced precoding techniques, and spatial multiplexing.

Direct radio communication between mobile entities enjoys a renaissance in connection with the recent interest in peer-to-peer and ad-hoc networks. This is especially true for safety-related vehicle-to-vehicle communication (ETSI ITS G5 and IEEE 802.11p) to enable advanced active safety. Traffic telematics applications are currently under intense research and development for making transportation safer, more efficient, and cleaner. Co-operative systems have become an important field of research in the area of telematics. Wireless networking of sensors and instrumentation enables new application fields: Intelligent Transport, Smart Metering, Intelligent Production, etc. We investigate dynamic resource allocation schemes which employ channel prediction, take into account the current system load, as well as transmission latency. Here, we see a seamless transition from 3GPP Long Term Evolution Advanced (LTE-A) towards 5G heterogeneous wireless networks based on software-defined radio (SDR) concepts.

Nonlinear detection techniques offer resource efficient solutions in communication systems. The nonlinearity is adapted to the interference scenario, such that the interference is discriminated whereas the information of interest is detected largely unperturbed. Such communication systems are interference resilient.

One family of wireless systems features extreme bandwidths and low power spectral densities. These ultra-wideband (UWB) transmission techniques will revolutionize the communication among electronic sensors and actuators over short ranges in buildings. They cause little interference to existing small bandwidth systems. Here, the spectral efficiency is of less importance than the power efficiency of the transmission scheme in short-range links. Key applications will be low-power sensor networks and robust embedded systems which require neither batteries, nor external

antennas. We are exploring UWB impulse-radio techniques experimentally with integrated on-chip antennas for power-efficient short-range wireless communication, sensing, and localization. Thus, UWB technology provides a dependable association of data with objects: A key to the Internet of Things.

Multimedia Systems

Research in this field is about **multimedia signal processing for big data** and **coding for multimedia transmission**. On the signal-processing side, the work particularly involves advanced methods for big data such as compressed sensing, iterative recovery algorithms and sparse model selection -- a variety of machine learning -- with applications, e.g., in image processing and communications. For multimedia transmission, topics include multiuser information theory and flexible and powerful channel codes that can be decoded efficiently.

Compressed Sensing (CS):

Compressed sensing is about (re-)sampling (digital) signals at a sampling rate far below the classical sampling theorem; perfect (or at least very high quality) recovery is still possible, with suitable structure (such as „sparsity“) in the signal. In practical applications (such as MRI scanners) the vector dimension of the signals can be very large (100000 and more), so extremely efficient recovery algorithms are crucial as well as good dictionaries to perform the sampling process, which is in fact a multiplication with a measurement matrix (the dictionary). Work items include fast recovery of very high-dimensional signals with different types of „structure“ (including „sparsity“ and „density“) by iterative algorithms, in particular the application of approximate message passing (AMP) to problems in image processing but also in communications. An example is the detection of radio-frequency identification tags: the classical problem of „collisions“ is re-interpreted as a compressed sensing measurement, and the application of AMP allows to detect a sparse selection of RFID tags from a huge list that in fact forms the compressed sensing measurement matrix.

Machine Learning:

While CS exploits sparsity to actively compress the observed signals, one can also use the raw data directly for extracting the inherent (sparse) structure to obtain a sparse model for the observed data. This can be cast as an (unsupervised) machine learning problem based on unlabeled data. Work is focused on two specific machine learning methods:

Dictionary Learning: the idea is to represent the observed signals as sparse linear combinations of a single underlying dictionary. Thus, a sort of analog sparse source coding is performed, with the dictionary representing the source code. The problem is that the underlying dictionary is unknown and has to be determined based on the data. We investigate fundamental limits on how accurately this is possible.

Sparse Graphical Models: A popular way of representing complex systems with a large number of components (nodes) and complicated interactions between them are graphical models. If we assume that the observed data are realizations of a random vector with a fixed probability distribution, the problem of graphical model selection is to determine the underlying graphical model. In particular, we are interested in the conditional independence graph (CIG) of a random process.

Coding:

Error-correction channel coding has a key role in digital communication systems. Due to delay constraints of the applications, codes with small-to-medium block size are of particular interest. A special problem, which is very important in practice, is the realisation of a flexible “adjustable” code rate, as time-variant fading channels necessarily require adaptive modulation and coding. We investigate Low-Density Parity-Check (LDPC) codes specifically constructed for those situations.

A key problem of code design is to avoid short cycles in the code graph in order to allow for better decoding results. On the one hand we investigate code designs that avoid short cycles by construction, on the other hand we have introduced a transformation-based representation of quasi-cyclic LDPC codes that allows for a simple cycle analysis that can be used in numerical code design. We also consider extensions of those techniques to design codes with adjustable code rate.

Beyond the conceptual side of research in algorithms, we also work on implementing channel encoders and decoder by programmable hardware (FPGA, Field-Programmable Gate Arrays). The goal is a highly efficient realisation of practically relevant LDPC channel encoders and decoders in order to investigate their performance at very low bit-error rates and to compare measurements with analytical results.

Christian Doppler Lab „Funktechnologien für nachhaltige Mobilität“

Das Christian Doppler Laboratorium für Funktechnologien für nachhaltige Mobilität beschäftigt sich mit grundlegenden Forschungsfragen der drahtlosen Kommunikation für den Transport von Menschen, Gütern und Nachrichten. Im Zentrum des Interesses stehen Fragen zur Konnektivität, Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit für vehikulare, zellulare und kurzreichweitige Kommunikation. Durch eine enge Kopplung von experimenteller Arbeit und Entwurf vermeiden wir, grob vereinfachende Annahmen über die Statistik des Übertragungskanals treffen zu müssen. Wir beurteilen unsere Entwürfe auf Testumgebungen, die drahtlose Kommunikationskanäle einschließen. Auf diese Weise validieren wir die entworfenen Algorithmen in Feldversuchen. Schlüsselindikatoren für diese drahtlosen Technologien sind die Zuverlässigkeit, die Fähigkeit, strikte Termine einzuhalten und die Flächendeckung, die wir erreichen wollen mittels mehrerer Sende- und Empfangsantennen. Unser Forschungsplan besteht aus den folgenden fünf Modulen:

Vehicular Connectivity (Modul 1 mit Kapsch TrafficCom AG), Smart Tags for Sensor Nets (Modul 2 mit Infineon Technologies Austria AG), Mobile Communication Evolution (Modul 3 mit A1 Telekom Austria AG und Kathrein Austria GmbH), sowie Nearfield Power Efficiency (Modul 4 mit NXP Semiconductors Austria GmbH). Modul 5 „Integrated Vehicle Chassis Antennas“ (mit BMW Forschung und Technik GmbH und PIDSO Propagation Ideas and Solutions GmbH) wurde Ende 2015 abgeschlossen.

In Modul 1 werden zuverlässige echtzeitfähige Funktechnologien in zeitvarianten Kommunikationsszenarien für sicherheitsrelevante Anwendungen untersucht. In Modul 2 erforschen wir Übertragungsverfahren für Tags mit niedrigem Leistungsbedarf und wir wollen die Übertragungsrobustheit und Skalierbarkeit im industriellen Umfeld steigern. Weiters messen und optimieren wir in Modul 3 den Datendurchsatz für Mehrantennenübertragungsverfahren bei beschränkter Verzögerungszeit am Funkkanal, sowie kooperative Übertragungsverfahren mehrerer Basisstationen. Weiters evaluieren wir den potentiellen Nutzen durch Koordinierung der Gleichkanalstörungen für die fünfte Generation des Mobilfunks mit orthogonaler Frequenz- Mehrfachzugriffsverfahren (OFDMA). Effiziente Energie- und Datenübertragung für kontaktlose Identifikation ist die zentrale Herausforderung in Modul 4. Die Forschungsarbeiten im früheren Modul 5 zu den elektromagnetischen Eigenschaften von Kohlefaserverbundwerkstoffen, wie sie für ultraleichte Fahrzeugkarosserien für Elektromobilität eingesetzt werden, werden außerhalb des CD Labors fortgesetzt. Darauf aufbauend werden Antennengruppen für intelligente Verkehrssysteme in Elektromobilen entworfen, optimiert und charakterisiert.

Christian Doppler Lab „Wireless Technologies for Sustainable Mobility“

The Christian Doppler Laboratory for Wireless Technologies for Sustainable Mobility focuses on fundamental questions related to vehicular, cellular and short-range communication: connectivity, reliability, and availability. By a tight coupling of experimental work and design, we avoid simplistic

assumptions on the communication channel statistics. We evaluate our designs on testbeds comprising real-world wireless communication environments. Thereby, we validate the devised algorithms in-situ. Key performance indicators for such wireless technologies are the reliability, the capability to meet strict deadlines, and coverage which we aim to achieve through multiple antenna transmission and reception. Our research plan consists of the following five modules: Vehicular Connectivity (Module 1 with Kapsch TrafficCom AG), Smart Tags for Sensor Nets (Module 2 with Infineon Technologies Austria AG), Mobile Communications Evolution (Module 3 with A1 Telekom Austria AG and Kathrein Austria GmbH), and Nearfield Power Efficiency (Module 4 with NXP Semiconductors Austria GmbH). Module 5 “Integrated Vehicle-Chassis Antennas” (with BMW Research and Technology GmbH and Propagation Ideas and Solutions - PIDSO GmbH) finished end of 2015.

The research in Module 1 focuses on reliable real-time wireless technologies in time-variant communication scenarios for safety-related applications. In Module 2, we investigate advanced transmission techniques for low energy consumption tags and aim at increasing the robustness of transmission in industrial environments. In Module 3, we measure and optimize multiuser throughput of multi-antenna transmission under delay constraints on the wireless channel and the novel inter-base station co-operative signaling. Further, we evaluate the potential gain from interference management for orthogonal frequency division multiple access (OFDMA). Efficient energy and data transmission for contactless identification is the central challenge in Modul 4 (started early 2012). The research activities in the former Module 5 are continued outside of the CD Lab: Electromagnetic characteristics of carbon fiber re-inforced composite materials as used for ultralight vehicular chassis for electromobility. Based in these results, multiple antennas for intelligent transport systems in electrical vehicles are designed, optimized, and characterized.

Signalverarbeitung

Die statistische Signalverarbeitung in drahtlosen Sensornetzen bildet einen wesentlichen Schwerpunkt unserer Arbeiten. Ein Beispiel ist die Detektion von Fahrzeugen und die Schätzung ihrer Positionen und Geschwindigkeiten. Wir bevorzugen einen verteilten (dezentralen, kooperativen) Ansatz, der ohne eine zentrale Verarbeitungseinheit oder Kommunikation zwischen weit entfernten Sensoreinheiten auskommt. Aktuelle Forschungsergebnisse sind verteilte “message passing” Methoden zur kooperativen gleichzeitigen Sensor-Selbstlokalisierung und Objektverfolgung sowie zur kooperativen gleichzeitigen Sensor-Selbstlokalisierung und Synchronisierung. Weiters entwickelten wir eine verteilte, kooperative Methode, die die Schätzung zeitvarianter globaler und lokaler Parameter mit einer Optimierung des Verhaltens mobiler Agenten verbindet. Für asynchrone drahtlose Sensornetze schlugen wir ein verteiltes sequenzielles Schätzverfahren vor, mit dem zu beliebigen Zeitpunkten erfasste Messwerte verarbeitet werden können. Schließlich entwickelten wir eine verteilte Methode zur Verfolgung eines Objekts, das im Beobachtungsgebiet wiederholt erscheinen und verschwinden kann.

Eine aktuelle Forschungsrichtung ist die Verfolgung mehrerer Objekte basierend auf den Messwerten mehrerer Sensoren und unter Verwendung von “belief propagation message passing” und der Theorie endlicher Zufallsmengen. Wir entwickelten eine Methode für den praktisch relevanten Fall, dass die Anzahl der Objekte und die Zuordnung der Messwerte zu den Objekten unbekannt sind. Diese Methode erfordert selbst bei einer großen Anzahl von Objekten und Sensoren einen geringen Rechenaufwand.

Unsere Forschungsarbeiten im Bereich der Informationstheorie führten zu einer Verallgemeinerung der Entropie bzw. differenziellen Entropie auf die Klasse der ganzzahlig-dimensionalen singulären Zufallsvariablen. Solche Zufallsvariablen treten in verschiedenen Problemen der Telekommunikation auf. Mittels der vorgeschlagenen verallgemeinerten Entropie können grundlegende Ergebnisse für Entropie und differenzielle Entropie auf ganzzahlig-dimensionale singuläre Zufallsvariablen erweitert werden. Wir entwickelten auch zwei Anwendungen in der Quellencodierung,

nämlich untere und obere Schranken für die minimale mittlere Codewortlänge von quantisierten ganzzahlig-dimensionalen singulären Quellen sowie eine untere Schranke für die Rate-Distortion-Funktion von ganzzahlig-dimensionalen singulären Quellen.

Methoden der Signalverarbeitung sind eine wesentliche Komponente mehrerer weiterer Forschungsgebiete. Ergänzende Beschreibungen von Forschungsaktivitäten im Bereich der Signalverarbeitung finden sich in den Abschnitten Mobilkommunikation, Theorie der Telekommunikation, Flexible Funksysteme und Multimediasysteme.

Signal Processing

A major focus of our work is on statistical signal processing in wireless sensor networks. An example is the task of detecting vehicles and estimating their locations and velocities. We emphasize a fully distributed (decentralized, cooperative) approach that does not require a central processing unit or communication between distant sensor units. Our recent results include a distributed message passing method for cooperative simultaneous sensor self-localization and object tracking and a distributed message passing method for cooperative simultaneous sensor self-localization and synchronization. We also introduced a distributed, cooperative method that combines joint estimation of time-varying global and local states with an optimization of the behavior of mobile agents. For asynchronous wireless sensor networks, we proposed a distributed sequential estimation scheme that is able to process sensor measurements obtained at arbitrary time instants. Finally, we developed a distributed object tracking method for an object that may repeatedly appear and disappear in the surveillance area.

Another direction of our research is the use of belief propagation message passing and random finite set techniques for multi-object tracking based on multiple sensors. We developed a multi-object tracking method for the practically relevant case where the number of objects and the association between measurements and objects are unknown. The method has a low computational complexity even for a large number of objects and sensors.

Our work in the area of information theory resulted in an extension of entropy and differential entropy to integer-dimensional singular random variables, which arise in various problems of telecommunications. Using our generalized entropy definition, we were able to extend basic results for entropy and differential entropy to integer-dimensional singular random variables. We also developed two applications to source coding, namely, lower and upper bounds on the minimal expected codeword length of quantized integer-dimensional singular sources and a lower bound on the rate-distortion function of integer-dimensional singular sources.

Signal processing methods are an essential part of several other research areas. For complementary signal processing research, see the sections Mobile Communications, Communication Theory, Flexible Wireless Systems, and Multimedia Systems.

Theorie der Telekommunikation

Schwerpunkt unserer Arbeiten sind drahtlose Kommunikations- und Sensornetze sowie Methoden der Signalverarbeitung für Big Data.

Wir forschten zum Entwurf von Empfängern unter Berücksichtigung der verwendeten digitalen Hardware. Dabei untersuchten wir in Zusammenarbeit mit der *Universidad Politecnica de Valencia* (Spanien) Verfahren zur Kompression der Empfangssignale in digitalen Fernsehsystemen. Unsere Methode beruht auf (hinsichtlich Transinformation optimaler) ungleichförmiger Quantisierung der *log-likelihood ratios* und führte zu einer Reduktion der notwendigen Speichergröße um bis zu 60%. Weiters erforschten wir gemeinsam mit der *École Polytechnique Fédérale de Lausanne* (EPFL, Schweiz) effiziente Methoden zur Dekodierung von *low-density parity check* (LDPC) Codes. Dabei entwickelten

wir quantisierte *message-passing* Algorithmen, welche den Informationsfluss im Code-Graphen maximieren und sich besonders gut in Hardware realisieren lassen. Tatsächlich führte eine Synthese des Decoders für 10GigabitEthernet in 28nm CMOS-Technologie zum weltweit schnellsten Durchsatz von 0.6 Terabit pro Sekunde bei einer Chipfläche von ca. 20mm².

Moderne Übertragungssysteme (z.B. der Mobilfunkstandard *LTE Advanced*) verwenden immer häufiger Rückkanäle zur Verbesserung der Verbindungsqualität. Für derartige Kommunikationssysteme mit Feedback untersuchten wir die maximal erzielbaren Übertragungsraten für den Fall, dass das Feedbacksignal komprimiert ist (wie es in der Praxis immer der Fall ist). Es gelang uns zu zeigen, dass lineare Codierung hier im Gegensatz zu verrauschtem Feedback nichtverschwindende Übertragungsraten erzielt. Eine Erweiterung dieser Ergebnisse auf Mehrbenutzersysteme führte zur Entwicklung von Superposition-Codes, welche eine Adaption an die Qualität der Feedbacksignale ermöglichen und dadurch die Übertragungsrate maximieren. Das dabei auftretende Problem der besten Ressourcenverteilung konnten wir mithilfe von Algorithmen zur konvex-konkaven Optimierung lösen.

In Kooperation mit der *CentraleSupélec* (Frankreich) führten wir mehrere grundlegende informationstheoretische Arbeiten durch, welche in Sensornetzanwendungen aber auch im Bereich maschinelles Lernen für Big Data relevant sind. Zum einen untersuchten wir das Problem der verteilten Codierung mit dem Ziel, mehrere Quellen optimal zu komprimieren während die wechselseitige Information zwischen den Quellen möglichst gut erhalten bleibt. Dieses Problem hat praktische Anwendungen für das *Biclustering* von großen Datensätzen. Außerdem betrachteten wir das verwandte abstrakte Problem, maximal informative binäre Funktionen zu bestimmen, welche bei 1-Bit-Kompression von zwei binären Quellen den gegenseitigen Informationsgehalt so gut wie möglich erhalten.

Auf dem jungen Gebiet der Graphsignalverarbeitung begannen wir, gemeinsam mit Partnern von der *Aalto University* (Finland) Verfahren zu entwickeln, die es erlauben, fehlende Datenpunkte in abgetasteten Graphsignalen zu rekonstruieren. Als Gütekriterium für die Glattheit des Signals verwendeten wir dabei die durch den zugrundeliegenden Graphen induzierte Totalvariation. Dies führte zu nichtdifferenzierbaren Minimierungsproblemen, welche wir mittels moderner Methoden der konvexen Optimierung lösten. Die resultierenden Algorithmen zeichnen sich durch hohe Recheneffizienz und schnelle Konvergenz aus. Um eine praktische Anwendung auf Big-Data-Datensätze zu ermöglichen, entwickelten wir zudem verteilte Implementierungen dieser Algorithmen, welche nur geringen Datenaustausch zwischen den Rechnerknoten erfordern. Anhand eines Datensatzes mit Amazon-Produkten und -Bewertungen konnten wir die hervorragende Leistungsfähigkeit unserer Methode demonstrieren. Weiters erforschten wir mathematische Grundlagen der Abtastung und Rekonstruktion von Daten in unterschiedlichen Signalkräumen in Zusammenarbeit mit der *Numerical Harmonic Analysis Group* der Universität Wien.

Communication Theory

The focus of our research is on wireless communication and sensor networks and on signal processing for Big Data.

We performed research on the design of receivers that account for constraints in the underlying digital hardware. Together with *Universidad Politécnica de Valencia* (Spain) we investigated methods for the compression of receive signals in digital television systems. Our method builds on non-uniform quantization of log-likelihood ratios such that mutual information is maximized and led to a reduction in memory requirements by up to 60%. In cooperation with *École Polytechnique Fédérale de Lausanne* (EPFL, Switzerland) we explored efficient decoder architectures for low-density parity check (LDPC) codes. More specifically, we devised quantized message passing algorithms that maximize the information flow in the code graph and particularly well suited for hardware realiza-

tion. The synthesis of a decoder for 10GigabitEthernet in 28nm CMOS technology lead to a record-breaking throughput of 0.6 Terabit per second at 20mm² chip area.

Modern communication systems (e.g., the mobile radio standard *LTE Advanced*) more and more rely on feedback channels to improve link quality. For this type of transmission with feedback we analyzed the maximum achievable information rates for the case where the feedback is quantized (as is always the case in practice due to rate limitations). We managed to show that contrary to noisy feedback linear encoding achieves non-vanishing rates. An extension of these results to multi-user systems led to the development of superposition codes, which enable an adaptation to the quality of the feedback signal and thereby maximize the transmission rate. We could solve the associated problem of determining the best resource allocation via algorithms for convex-concave optimization.

In cooperation with *CentraleSupélec* (France) we carried out fundamental information theoretic work, which is relevant in sensor network applications and in machine learning for big data. On the one hand we examined distributed coding problems with the aim of maximally compressing multiple sources while preserving the mutual information between the sources as good as possible. This problem has a practical application in bi-clustering for large datasets. We further considered the abstract problem of finding maximally informative binary functions, which maximally preserve the mutual information between two sources under 1-bit compression.

In the young field of graph signal processing we started together with partners from *Aalto University* (Finland) to develop methods for the reconstruction of missing data points in sampled graphed signals. As a metric for the smoothness of the graph signal we used the total variation induced by the underlying graph. This led to non-smooth minimization problems, which we solved using modern methods of convex optimization. The resulting algorithms are computationally efficient and feature fast convergence. To enable practical applications to massive datasets, we further developed distributed implementations of these algorithms, which require little communication overhead between the computing nodes. We could verify the excellent performance of our scheme using a real-world dataset of Amazon products and ratings. In cooperation with the *Numerical Harmonic Analysis Group* at the *University of Vienna* we further investigated the mathematical foundations of sampling and reconstruction of data in distinct signal spaces.

Communication Networks Group

The main research areas of the communication networks (CN) group at the Institute of Telecommunications (TC) are network security and secure communication in Cyber-Physical Systems (CPSs). The group is especially active in the field of reactive security measures, with focus on network supervision and anomaly detection methods. For Cyber-Physical Systems protection the group works on secure communication solutions for smart grid environments and Cyber-Physical production systems.

Network Security

The protection of communication networks against new and unexpected attacks remains a challenging task. Attacks become more sophisticated. New vulnerabilities emerge every day. Proactive solutions often fail if new attack strategies are used or undetected vulnerabilities are exploited. Therefore, network supervision methods are essential to establish situational awareness in communication networks. They help to detect anomalies in communication patterns and provide the first step for the detection of new attack types.

The communication networks group works on network supervision and network protection methods, anomaly detection techniques and mitigation strategies.

Secure Communication in Cyber-Physical Systems

Cyber-physical systems (CPS) interconnect real world physical systems with computational

components in cyberspace. Cyber-physical systems provide the basis for many critical infrastructures (such as smart power grids) and are therefore tempting targets for all kinds of attackers. As a consequence, communication networks for cyber-physical systems have high security demands. Interfering with supervision and control functions in cyberspace can influence real world physical systems, which can lead to the damage of physical devices, malfunction of critical processes and endangerment of human lives.

The Communication Networks group works on methods to protect and supervise communication networks for Cyber-Physical Systems. The group focuses on secure communication methods for smart grid environments and Cyber-Physical production systems. The group works on IPv4 and IPv6 based communication in smart grids for smart metering and wide area monitoring systems (WAMS).

The group is also active in IETF standardization and participates in two PhD Colleges: URBEM (Urban Energy and Mobility Systems) and CPPS (Cyber-Physical production systems).

ERNENNUNGEN UND PREISE / NOMINATIONS AND AWARDS

Faculty award: best Diploma Thesis: "Doubly-Selective Channel Estimation for LTE-A Uplink", 2016, Stefan Pratschner

Best Paper Award: Christian Krieg, Clifford Wolf, Axel Jantsch: "Malicious LUT: A Stealthy FPGA Trojan Injected and Triggered by the Design Flow", Proceedings of the 35th International Conference on Computer-Aided Design, Austin, Texas, November 7-10. ACM, 2016, 43:1-43:8

Best paper award: second prize for best paper award at Loughborough Antennas and Propagation Conference (LAPC 2016), Paper: "Analyzing and Improving Inductive Coupling Frame-based HF RFID Cards", Authors: Shrief Rizkalla, Ralph Prestros, Christoph Mecklenbräuker

Propagation Award der EurAAP, 2016 Prof. Ernst Bonek and Prof. Juan R. Mosig

VERANSTALTUNGEN / EVENTS

Eröffnungsfeier des CD-Labors für Zuverlässige Drahtlose Konnektivität, 27.04.2016, TU Wien

Jahresworkshop des CD-Labors für Zuverlässige Drahtlose Konnektivität, 15.11.2016, TU Wien

Löt-Bastelworkshop Mini-Disco-Licht – Töchtertag, 28.04.2016, Organizer: Daniel Maierhofer

Löt-Bastelworkshop Radio - Bring Your Kids Day, 15.11.2016, Organizer: Daniel Maierhofer

Löt-Bastelworkshop Voice-Changer - Bundesfachschaftentagung (BuFa'Ta), 08.12.2016, Organizer: Daniel Maierhofer

Informationstechnisches Kolloquium: Internet der Dinge - Quo Vadis, 10. Mai 2016, Organizers: Christoph Mecklenbräuker, Helmut Malleck, Thomas Zemen, Veranstalter: OVE, TU Wien, AIT

LEHRVERANSTALTUNGEN / COURSE PROGRAM

Im Studienjahr 2016

1. PFLICHTLEHRVERANSTALTUNGEN / MANDATORY COURSES

			WS	SS
Zseby	Communication Networks 1	VO	3.0	----
Fabini, Vormayer	Communications Networks 2	VU	----	3.0
Görtz, Goiser, Hlawatsch, Mecklenbräuker, Matz, Zseby, Svoboda	Datenkommunikation	VO	----	2.0
Hlawatsch, Repp	Digital Communications 1	VU	----	3.0
Hlawatsch, Musa	Digital Communications 2	VU	3.0	----
Goiser	Lab Wireless Communications	LU	----	2.0
Görtz, Hannak Birgmeier	Signale und Systeme 2	VU	----	3.0
Rupp, Müller, Ademaj	Signal Processing 1	VU	3.0	----
Matz, Farthofer	Signal Processing 2	VU	3.0	----
Goiser, Meidlinger Pichler	Telekommunikation	VU	----	3.5
Mecklenbräuker, Artner	Wellenausbreitung	VU	3.0	----
Mecklenbräuker, Rupp, Blazek, Nissel	Wireless Communications 1	VU	----	4.0
Görtz, Babazadeh	Wireless Communications 2	VO	----	2.0

2. WAHLEHRVERANSTALTUNGEN / OPTIONAL COURSES

			WS	SS
Rupp, Svoboda	Advanced Wireless Communications 1	VO	2.0	----
Goiser	Advanced Wireless Communications 2	VO	2.0	----
Mecklenbräuker, Zemen	Advanced Wireless Communications 3	VO	2.0	----
Scholtz, Mecklenbräuker Ehrlich-Schupita, Langwieser	Antennenentwurf und – aufbau	PR	----	2.0
Matz	Ausgewählte Kapitel der Übertragungst. und Informationsverarbeitung	SE	1.5	1.5
Görtz, Rupp, Goiser, Hlawatsch, Mecklenbräuker, Scholtz, Matz, Zseby	Bachelorarbeit mit Seminar	PR	10.0	10.0
Langwieser	Baugruppen von Funkgeräten	SE	----	3.0
Zseby	Communication Networks Seminar	SE	----	2.0
Leder, Langwieser	Computer Aided RF Circuit Design	PR	3.0	----
Rupp	DSP Seminar	SE	1.0	----
Görtz, Matz	Digital Communications Seminar	SE	3.0	----
Matz	Drahtlose Mehrträgersysteme	VO	2.0	----
Professoren und Assistenten	EDV-Orientierte Projektarbeit	AG	4.0	4.0
Goiser	Einführung in die Telekommunikation	VU	----	3.0

Garn, Ehrlich-Schupita,, Lamedschwandner, Neubauer	Fachvertiefung - Elektromagnetische Felder und Wellen	VU	----	4.0
Wess	Fachvertiefung – Signale und Systeme	VU	4.0	----
Kommenda, Görtz	Fachvertiefung – Telekommunikation	VU	----	4.0
Scholtz, Mecklenbräuker,	Funkweitverkehrstechnik	VO	1.5	----
Matz	Graphische Modelle in der Signalverarb. und Übertragungstechnik	VO	----	2.0
Hlawatsch	Information theory for communications engineers	VO	2.0	----
Rupp, Schwarz	Internationales Seminar Mobile Kommunikation	SE	----	3.0
Matz, Mecklenbräuker	Konvexe Optimierung für die Signalverarb. und Übertragungstechnik	VO	----	2.0
Gartner	Labor Grundlagen der FPGA Programmierung mit VHDL	LU	----	2.0
Ehrlich-Schupita	Messgeräte der Hochfrequenztechnik	UE	----	1.5
Matz, Mecklenbräuker	MIMO Communications	VO	2.0	----
Zseby, Iglesias	Network Security	VO	----	2.0
Zseby, Annessi	Network Security – Advanced Topics	VU	2.0	----
Hlawatsch	Parameter Estimation Methods	VO	----	2.0
Görtz	Practical Courses (Transitional Rules B-Thesis)	PA	2.0	2.0

Langwieser	Praktische Realisierung von Hochfrequenzschaltungen	PR	----	3.0
Görtz	Projektarbeit (Übergangsregelung B.-Arbeit)	PA	2.0	2.0
Görtz	Quellencodierung (Source Coding)	VO	2.0	----
Ullrich	Radartechnik	VO	----	1.5
Hlawatsch, Rupp, Doblinger, Schwarz	Research Projects in Advanced Signal Processing	SE	3.0	3.0
Goiser	Robuste und verlässliche Kommunikationssysteme	VU	2.0	---
Zseby	Seminar Kommunikationsnetze	SE	----	1.5
Görtz, Hannak Musa, Babazadeh, Birgmeiner, Tauböck, Jung	Signal Processing Seminar	SE		2.0
Hlawatsch	Signal Processing Seminar	SE		3.0
Matz, Görtz	Seminar Übertragungstechnik	SE	3.0	----
Rupp, Görtz Mecklenbräuker, Svoboda	Seminar Wireless Communications	SE	3.0	3.0
Matz	Signal Detection	VO	----	2.0
Mecklenbräuker	Telekommunikationsforum	KO	2.0	2.0
Mecklenbräuker Langwieser, Scholtz	Zentimeter und Millimeterwellen	PR	----	2.0

GASTVORTRÄGE VON INSTITUTSMITGLIEDERN / GUEST TALKS BY MEMBERS OF THE INSTITUTE

Norbert Görtz, "Signal Processing for Big Data", T-Labs, Berlin, 24 March 2016, Germany

Norbert Görtz, "Compressed Sensing for Radio Frequency Identification", Seminar, Brno University of Technology, Czech Republic, 14 April 2016

Norbert Görtz, "Compressed-Sensing Recovery by Bayesian Approximate Message Passing with Partially Unknown Signal Prior", Colloquium of the DFG–Priority Program “Compressed Sensing in Information Processing” 4/5 July 2016, Aachen, Germany

Norbert Görtz, "Compressed-Sensing Recovery by Approximate MMSE-Estimation with Partially Unknown Signal Prior" ITG-Fachgruppensitzung "Angewandte Informationstheorie", Ruhr-Universität Bochum, Germany, 26 October 2016

Norbert Görtz, "Compressed-Sensing Recovery by Bayesian Approximate Message Passing with Incomplete Prior Knowledge", International Seminar, TU München, Germany, June 2016

Martin Lerch: "*Fully Controllable LTE Measurements at Very High Velocities*", Athens Information Technology, Athens, Greece, 25. Juni 2016

Christoph Mecklenbräuker, P. Gerstoft: "Sparse Bayesian Learning for Wavefields from Sensor Array Data", Information Theory and Applications Workshop (ITA 2016), University of California San Diego (UCSD), San Diego (CA), USA (eingeladen), Feb. 2016

Christoph Mecklenbräuker, P. Gerstoft: Mult Snapshot Sparse Bayesian Learning for DOA Estimation, Vortrag: Internationales Hauptseminar, Eidgenössische Technische Hochschule (ETH), Zürich, Schweiz, 3. Juni 2016

Markus Rupp, Invited seminar talk at Seminar TU Brno: How to achieve Research Excellence, February 12, 2016

Markus Rupp, Invited seminar talk at A Coruna University, Future Cellular Networks for a Society in Motion, Spain, Sept. 2016

Tanja Zseby: "Covert Communication in Cyber Attacks: How attackers evade detection"; CMG-AE IT-Securitytagung, Wien, 10-18-2016.

Tanja Zseby: "Anomaly Detection for Network Security"; Network Traffic Analysis and Anomaly Detection, Telecommunications Graduate Initiative (TGI) Course, Waterford, Ireland, 01-28-2016 - 02-02-2016.

FORSCHUNGS. PROJEKTE / RESEARCH PROJECTS

SIGNALVERARBEITUNG / SIGNAL PROCESSING

Random Finite Set Methods for Network-Based Bayesian Estimation (FWF Grant P 27370-N30)

Contact: F. Hlawatsch

Partner:

Duration: 01.2015 – 12.2017

MOBILKOMMUNIKATION / MOBILE COMMUNICATIONS

COST – Aktion IC15104 „Inclusive Radio Communication Networks for 5 G and beyond (IRACON), Im Rahmen des Forschungsprogramms “Horizons 2020“

Contact: C. Mecklenbräuker

Duration: 2016 – 12.2019

LTEA_FDMIMO

Contact: S. Schwarz

Partner: General Motors

Duration: 07.2015 – 12.2016

MAR16-3DUL

Contact: M. Rupp

Partner: A1 Telekom

Duration: 11.2015 – 12.2016

MAR16-LLDCOMP

Contact: M. Rupp

Partner: A1 Telekom

Duration: 12.2015 – 12.2016

MAR16-SLDS

Contact: M. Rupp

Partner: A1 Telekom

Duration: 01.2016 – 12.2016

MAR17-PERF

Contact: M. Rupp

Partner: A1 Telekom

Duration: 11.2016 – 12.2016

MAR17-RAIL

Contact: M. Rupp

Partner: A1 Telekom

Duration: 12.2016 – 12.2017

Mc.HypaMiner (FFG Bridge, Methodical Solution for Cooperative Hybrid Performance Analytics in Mobile Networks)

Contact: P. Svoboda

Partner: A1 Telekom Austria AG

Duration: 09.2015 – 12.2017

AWICE (EU H2020, Advanced Wireless Technologies for Clever Engineering)

Contact: P. Svoboda

Partner: TU Brno

Duration: 06.2015 – 05.2016

MobComWeather (FFG Industrie der Zukunft)

Contact: P. Svoboda

Partner: AIT Research, UBIMET AG

Duration: 10.2015 – 09.2016

LTE Advanced Simulation Project and Environment,

Contact: S. Schwarz

Partner: General Motors

Duration: 07.2015 – 12.2016

CD-Labor für Zuverlässige Drahtlose Konnektivität für eine Gesellschaft in Bewegung,

Contact: S. Schwarz *Partner:* Nokia Solutions and Networks, A1 Telekom Austria AG,
Kathrein Werke KG

Duration: 01.2016

THEORIE DER TELEKOMMUNIKATION / COMMUNICATION THEORY

TINCOIN – The Information Bottleneck Principle in Multiterminal Communication and Inference (WWTF Grant ICT12-54)

Contact: G. Matz *Partner:* New Yersey Institute of Technology, Ecole Polytechnique
Fédérale de Lausanne, Universitat Politècnica de València

Duration: 01.2013 – 12.2016

Co3-iGraB - Communication and Complexity Constrained Inference over Graphs for Big Data (WWTF Grant ICT15-119)

Contact: G. Matz *Partner:* Technion, Aalto University, University of Edinburgh

Duration: 12.2015 – 11.2019

FLEXIBLE FUNKSYSTEME / FLEXIBLE WIRELESS SYSTEMS

Christian Doppler Labor für Funktechnologien für nachhaltige Mobilität

Christian Doppler Laboratory for Wireless technologies for sustainable mobility

Contact: C. Mecklenbräuker *Partner:* Kapsch TrafficCom AG, Infineon Technologies Austria
AG, A1 Telekom Austria AG, Kathrein, NXP

Duration: 07.2009 – 09.2016

Arbeitsgemeinschaft Hochfrequenztechnik

Contact: Robert Langwieser, C. Mecklenbräuker

Duration:

Copper Optical Network Evolution (CONE)

Contact: C. Mecklenbräuker *Partner:* A1 Telekom Austria AG *Duration:* 09.2015 – 03.2016

Copper Optical Network Evolution (CONE)

Contact: C. Mecklenbräuker *Partner:* Alcatel Lucent Austria AG, A1 Telekom Austria AG, FFG
Förderprogramm: BRIDGE

Duration: 09.2016 – 08.2018

Fixed Access Research (FAR2016)

Contact: C. Mecklenbräuker *Partner:* A1 Telekom AG

Duration: 04.2016 – 12.2016

Extension of the GBAN FTW activities (GBAN EXT)

Contact: C. Mecklenbräuker *Partner:* Alcatel Lucent Austria AG, A1 Telekom Austria AG,

FFG Förderprogramm: BRIDGE

Duration: 09.2016 – 08.2018

Migration to Gfast and unbundling issues (GFAST)

Contact: C. Mecklenbräuker *Partner:* A1 Telekom Austria AG

Duration: 09.2015 – 02.2016

Measurement of Telephony Quality Improvements due to Repeaters in Cityjet and Railjet (REPEATER)

Contact: C. Mecklenbräuker, P. Svoboda *Partner:* ÖBB Technische Service GmbH

Duration: 12.2015 – 12.2016

OptiAnt

Contact: R. Langwieser

Partner: ARRI Cine & Video Geräte Ges.m.b.H

Duration: 04.2015 – 07.2016

Verfügbare Funktechnologien für eine Datenübertragung im Tunnel bei höheren Geschwindigkeiten

Contact: C. Mecklenbräuker *Partner:* Siemens AG Österreich *Duration:* 09.2016 – 12.2016

COMMUNICATIONS NETWORKS

QKD-Telco: Practical Quantum Key Distribution over Telecom Infrastructures (FFG, FIT-IT IKT 2011)

Contact: T. Zseby

Partner: AIT Austrian Institute of Technology GmbH,
Sitexs-Databusiness IT-Solutions GmbH

Duration: 10.2012 – 03.2016

RASSA: Reference Architecture for Secure Smart Grids in Austria

Contact: T. Zseby

Partner: AIT Austrian Institute of Technology GmbH,
Technologieplattform Smart Grids Austria, SBA Research GmbH,
Energieinstitut Johannes Kepler Universität Linz, FH Salzburg,
Energie AG Oberösterreich Data GmbH, Siemens AG Österreich,
Sprecher Automation GmbH, TINETZ Stromnetz Tirol AG,
KNG-Kärnten, Alcatel-Lucent, Bundesministerium für
Landesverteidigung und Sport (BMLV)

Duration: 06.2015 – 09.2017

SIMULTAN: Simultane Planungsumgebung für Gebäudecluster in resilienten, ressourcen- und höchst energieeffizienten Stadtteilen

Contact: T. Zseby

Partner: Institut für Hochbau und Technologie (TU Wien), Schöberl & Pöll GmbH, VASKO+Partner, Ziviltechniker für Bauwesen und Verfahrenstechnik GesmbH, Wiener Stadtwerke Holding AG, Department für Raumplanung (TU Wien), Institut für Informationssysteme (TU Wien), Institut für Energietechnik und Thermodynamik (TU Wien), Institut für Energiesysteme und Elektrische Antriebe (TU Wien)

Duration: 10.2014 – 09.2017

FUSE: Future Self-Organizing Energy Networks

Contact: T. Zseby

Partner: Institute of Energy Systems and Electrical Drives
(TU Wien)

Duration: 12.2015 – 11.2019

BigDAMA – Big Data Analytics for Network Traffic Monitoring and Analysis (wurde 2015 genehmigt, ist aber erst 2016 gestartet)

Contact: T. Zseby

Partner: AIT Austrian Institute of Technology GmbH,
Politecnico di Torino

Duration: 03.2016 – 02.2019

synERGY (FFG, IKT der Zukunft) (wurde 2016 genehmigt, ist aber erst 01.01.2017 gestartet)
Contact: T. Zseby *Duration:* 01.2017 – 06.2019

DISSERTATIONEN / DOCTORAL DISSERTATIONS

- R. Dallinger: "Stability of Coupled Adaptive Filters";
Betreuer/in(nen), Begutachter/in(nen): M. Rupp, V. Nascimento; E389, 2016; Rigorosum: 08.01.2016;
- M. Wählisch: "Measuring and Implementing Internet Backbone Security: Current Challenges, Upcoming Deployment, and Future Trends";
Betreuer/in(nen), Begutachter/in(nen): J. Schiller, T. Zseby; Institute of Computer Science, FU Berlin, 2016; Rigorosum: 20.01.2016;
- J. Reitterer: "Large-scale Autostereoscopic Outdoor Display Based on Microelectromechanical Laser Scanners";
Betreuer/in(nen), Begutachter/in(nen): U. Schmid, P. Winzer; E366, 2016; Rigorosum: 26.02.2016;
- J. Gonter: "Resource Allocation in Wireless Communications under Time Constraints";
Betreuer/in(nen), Begutachter/in(nen): N. Görtz, H. Hellwagner; E389, 2016; Rigorosum: 06.06.2016;
- P. Kukieattikool: "Extensions and Applications of High-Rate Staircase Codes";
Betreuer/in(nen), Begutachter/in(nen): N. Görtz, A. Springer; E389, 2016; Rigorosum: 25.07.2016.;
- M. Mayer: Radio Frequency Identification with Compressed Sensing
Betreuer/in(nen), Begutachter/in(nen): N. Goertz, M.E.Davies (Univ. of Edinburgh); E366, 2016; Rigorosum: 2.9.2016
- A. Kriz: "Messunsicherheitsberechnung in der Hochfrequenz- und EMV-Technik mittels Monte Carlo Methode";
Betreuer/in(nen), Begutachter/in(nen): G. Magerl, B. Deutschmann; E354, 2016; Rigorosum: 29.09.2016;
- Z. Xu: "User Cooperation in Wireless Time-Variant Channels";
Betreuer/in(nen), Begutachter/in(nen): T. Zemen, M. Pesavento; E389, 2016; Rigorosum: 14.10.2016;
- N. Brosch: "Spatio-temporal Video Analysis for Semi-automatic 2D-to-3D Conversion";
Betreuer/in(nen), Begutachter/in(nen): M. Gelautz, M. Rupp; Institut für Softwaretechnik und Interaktive Systeme, 2016; Rigorosum: 25.10.2016.
- M. Shemshaki: "Antenna Selection Diversity for IEEE 802.11p";
Betreuer/in(nen), Begutachter/in(nen): M. Mecklenbräucker, J. Gozalvez; E389, 2016; Rigorosum: 05.12.2016

DIPLOM- und MASTER-ARBEITEN / DIPLOMA and MASTER THESES

- M. Ashury: "Investigation of RF Characteristics Of PropSim C2 Channel Emulator for WLAN Standard 802.11p";

- Betreuer/in(nen): M. Mecklenbräucker, A. Paier; E389, 2016;
Abschlussprüfung: 10.03.2016;
- R. Repp: "Random Finite Sets: Theory and an Image Processing Application";
Betreuer/in(nen): F. Hlawatsch, G. Koliander; E389, 2016;
Abschlussprüfung: 10.03.2016.
- D. Löschenbrand: "Antenna Characterization in the Near-Field";
Betreuer/in(nen): C. Mecklenbräucker, R. Langwieser; E389, 2016;
Abschlussprüfung: 16.06.2016;
- S. Pratschner: "Doubly-Selective Channel Estimation for LTE-A Uplink";
Betreuer/in(nen): M. Rupp, S. Schwarz; E389, 2016; Abschlussprüfung:
16.06.2016.
- I. Safiulin: "Beamforming for LTE MBMS/MBSFN";
Betreuer/in(nen): M. Rupp, S. Schwarz; E389, 2016; Abschlussprüfung:
16.06.2016.
- V. Mujan: „Environmental Sustainability Analysis of Information and
Communication Technologies (ICTs) for Smart Grids“;
Betreuer/in(nen): T. Zseby, S. Aleksic, 2015
- M. Aguado: "Evaluating the Third Spatial Dimension in Wireless Communications";
Betreuer/in(nen): F. Ademaj, M. Taranetz, M. Rupp; Institute of
Telecommunications, 2016; Abschlussprüfung: 29.06.2016.
- E. Tairi: "Implementation of 2x1 Alamouti Space-Time Coded OFDM System";
Betreuer/in(nen): C. Mecklenbräucker; E389, 2016; Abschlussprüfung:
17.11.2016.

BÜCHER UND BUCHBEITRÄGE / BOOKS AND BOOK CHAPTERS

- M. Bala Krishna, S. Schwarz: "Advances in 4G Communication Networks: A 5G Perspective"; in:
"Advances in Mobile Computing and Communications: Perspectives and Emerging Trends in 5G
Networks", M. Bala Krishna, J. Lloret Mauri (Hrg.); Taylor and Francis/CRC Press, Boca Raton,
2016, ISBN: 9781498701136, S. 1 - 28.
- M. Lerch: "Link Level Measurements"; in: "The Vienna LTE-Advanced Simulators", Springer-
Verlag, Singapore, 2016, ISBN: 978-981-10-0616-6, S. 203 - 221.
- M. Müller, I. Safiulin: "Advanced System Level Applications"; in: "The Vienna LTE-Advanced
Simulators", Springer-Verlag, Singapore, 2016, ISBN: 978-981-10-0617-3, S. 335 - 354.
- R. Nissel: "Symbol Detection in High Speed Channels"; in: "The Vienna LTE-Advanced
Simulators: Up and Downlink, Link and System Level Simulation", Springer-Verlag, Singapore,
2016, ISBN: 978-981-10-0617-3, S. 39 - 60.
- M. Rupp, S. Schwarz, M. Taranetz (Hrg.): "The Vienna LTE-Advanced Simulators"; Springer-
Verlag, Singapore, 2016, ISBN: 978-981-10-0616-6; 383 S.
- S. Schwarz: "Limited Feedback for 4G and Beyond"; in: "Advances in Mobile Computing and
Communications: Perspectives and Emerging Trends in 5G Networks", M. Bala Krishna, J. Lloret
Mauri (Hrg.); Taylor and Francis/CRC Press, Boca Raton, 2016, ISBN: 9781498701136, S. 61 - 122.

B. Ullmann, G. Artner, I. Hahn, P. Hans, H. Krebs, P. Eder-Neuhauser, R. Zemmann (Hrg.): "Proceedings VSS 2016 - Vienna young Scientists Symposium"; Book of Abstracts, Dipl.Ing. Heinz A. Krebs, 2352 Gumpoldskirchen, 2016, ISBN: 978-3-9504017-2-1; 128 S.

ZEITSCHRIFTENARTIKEL / PUBLICATIONS IN SCIENTIFIC JOURNALS

F. Ademaj, M. Taranetz, M. Rupp: "3GPP 3D MIMO Channel Model: A Holistic Implementation Guideline for Open Source Simulation Tools"; EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking (eingeladen), 2016 (2016), 55; 14 S.

A. Alonso, C. Mecklenbräuker: "Dependability of Decentralized Congestion Control for varying VANET density"; IEEE Transactions on Vehicular Technology, 65 (2016), 11; S. 9153 - 9167.

G. Artner, R. Langwieser, C. Mecklenbräuker: "Concealed CFRP Vehicle Chassis Antenna Cavity"; IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, PP (2016), 99; S. 1 - 4.

C. Backfrieder, G. Ostermayer, C. Mecklenbräuker: "Increased Traffic Flow through Node-Based Bottleneck Prediction and V2X Communication"; IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, PP (2016), 99; S. 1 - 15.

J. Blumenstein, A. Prokes, A. Chandra, T. Mikusalek, R. Marsalek, T. Zemen, C. Mecklenbräuker: "In-Vehicle Channel Measurement, Characterization and Spatial Consistency Comparison of 3-11 GHz and 55-65 GHz Frequency Bands"; IEEE Transactions on Vehicular Technology, PP (2016), 99; S. 1 - 13.

B. Cakmak, D. Urup, F. Meyer, T. Pedersen, B. Fleury, F. Hlawatsch: "Cooperative Localization for Mobile Networks: A Distributed Belief Propagation - Mean Field Message Passing Algorithm"; IEEE Signal Processing Letters, 23 (2016), 6; S. 828 - 832.

P. Eder-Neuhauser, T. Zseby, J. Fabini: "Resilience and Security: A Qualitative Survey of Urban Smart Grid Architectures"; IEEE Access, 4 (2016), S. 839 - 848.

J. Fabini, T. Zseby: "The Right Time: Reducing Effective End-to-End Delay in Time-Slotted Packet-Switched Networks"; IEEE-ACM Transactions on Networking, 24 (2016), 4; S. 2251 - 2263.

P. Gerstoft, C. Mecklenbräuker, A. Xenaki, S. Nannuru: "Multisnapshot Sparse Bayesian Learning for DOA"; IEEE Signal Processing Letters, 23 (2016), 10; S. 1469 - 1473.

N. Gvozdenovic, R. Prestros, C. Mecklenbräuker: "Far-Field Testing Method of Spurious Emission Produced by HF RFID"; International Journal of Antennas and Propagation, 2016 (2016), Article ID 4715898.

F. Hausberg, M. Plöchl, M. Rupp, P. Pfeffer, S. Hecker: "Combination of map-based and adaptive feedforward control algorithms for active engine mounts"; Journal of Vibration and Control, 2016 (2016), S. 1 - 16.

F. Iglesias Vazquez, R. Annessi, T. Zseby: "DAT detectors: uncovering TCP/IP covert channels by descriptive analytics"; Security And Communication Networks, 9 (2016), 15; S. 3011 - 3029.

F. Iglesias Vazquez, T. Zseby: "Time-activity footprints in IP traffic"; Computer Networks, 107 (2016), 1; S. 64 - 75.

A. Jung, Y. Eldar, N. Görtz: "On the Minimax Risk of Dictionary Learning"; IEEE Transactions on Information Theory, 62 (2016), 3; S. 1501 - 1515.

G. Kail, S. Chepuri, G. Leus: "Robust Censoring Using Metropolis-Hastings Sampling"; IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing, 10 (2016), 2; S. 270 - 283.

G. Koliander, G. Pichler, E. Riegler, F. Hlawatsch: "Entropy and Source Coding for Integer-Dimensional Singular Random Variables"; IEEE Transactions on Information Theory, 62 (2016), 11; S. 6124 - 6154.

- P. Kukieattikool, N. Görtz: "Staircase Codes for High-Rate Wireless Transmission on Burst-Error Channels"; IEEE Wireless Communications Letters, 5 (2016), 2; S. 128 - 131.
- P. Kukieattikool, N. Görtz: "Variable-rate staircase codes with RS component codes for optical wireless transmission"; Transactions on Emerging Telecommunications Technologies, (2016).
- G. Lasser, L.W. Mayer, Z. Popovic, C. Mecklenbräuker: "Low-Profile Switched-Beam Antenna Backed by an Artificial Magnetic Conductor for Efficient Close-to-Metal Operation"; IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 64 (2016), 4; S. 1307 - 1316.
- M. Mayer, G. Hannak, N. Görtz: "Exploiting joint sparsity in compressed sensing-based RFID"; EURASIP Journal on Embedded Systems, 2016:8 (2016), S. 1 - 15.
- F. Meyer, O. Hlinka, H. Wymeersch, E. Riegler, F. Hlawatsch: "Distributed Localization and Tracking of Mobile Networks Including Noncooperative Objects"; IEEE Transactions on Signal and Information Processing over Networks, 2 (2016), 1; S. 57 - 71.
- M. Müller, M. Taranetz, M. Rupp: "Analyzing Wireless Indoor Communications by Blockage Models"; IEEE Access, PP (2016), 99.
- M. Rupp: "Asymptotic equivalent analysis of the LMS algorithm under linearly filtered processes"; EURASIP Journal on Advances in Signal Processing, 2016:18 (2016), 18; S. 1 - 16.
- S. Schwarz: "Probabilistic Analysis of Semidefinite Relaxation for Leakage-Based Multicasting"; IEEE Signal Processing Letters, 23 (2016), 5; S. 742 - 746.
- S. Schwarz, M. Rupp: "Society in Motion: Challenges for LTE and Beyond Mobile Communications"; IEEE Communications Magazine, 54 (2016), 5; S. 76 - 83.
- O. Sluciak, M. Rupp: "Consensus algorithms with state-dependent weights"; IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 64 (2016), 8; S. 1972 - 1985.
- O. Sluciak, H. Straková, M. Rupp, W. Gansterer: "Distributed Gram-Schmidt orthogonalization with simultaneous elements refinement"; EURASIP Journal on Advances in Signal Processing, 2016:25 (2016), 25; S. 1 - 13.
- M. Taranetz, R. W. Heath, M. Rupp: "Analysis of Urban Two-Tier Heterogeneous Mobile Networks with Small Cell Partitioning"; IEEE Transactions on Wireless Communications, 15 (2016), 10; S. 7044 - 7057.
- M. Taranetz, M. Müller: "A survey on modeling interference and blockage in urban heterogeneous cellular networks"; EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, 2016:252 (2016).
- E. Zöchmann, S. Schwarz, S. Pratschner, L. Nagel, M. Lerch, M. Rupp: "Exploring the physical layer frontiers of cellular uplink"; EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, 1 (2016), 118; S. 1 - 18.
- T. Zseby, F. Iglesias Vazquez, V. Bernhardt, D. Frkat, R. Annessi: "A Network Steganography Lab on Detecting TCP/IP Covert Channels"; IEEE Transactions on Education, 59 (2016), 3; S. 224 - 232.

KONFERENZBEITRÄGE / CONFERENCE CONTRIBUTIONS

- P. Gerstoft, C. Mecklenbräuker: "Wideband Sparse Bayesian Learning for DOA Estimation from Multiple Snapshots"; in: "9th IEEE Sensor Array and Multichannel Signal Processing Workshop (IEEE SAM 2016)", IEEE Xplore, 2016, S. 1 - 5.
- S. Homayouni, V. Raida, P. Svoboda: "CMPT: A methodology of comparing performance measurement tools"; in: "2016 8th International Congress on Ultra Modern Telecommunications

and Control Systems and Workshops (ICUMT)", IEEE Communications Society, 2016, S. 152 - 157.

D. Löschenbrand, C. Mecklenbräuker: "Fast Antenna Characterization via a Sparse Spherical Multipole Expansion"; in: "2016 4th International Workshop on Compressed Sensing Theory and its Applications to Radar, Sonar and Remote Sensing (CoSeRa)", IEEE Xplore, 2016, S. 212 - 216.

M. Meisel, S. Wilker, J. Fabini, R. Annessi, T. Zseby, M. Müllner, W. Kastner, M. Litzlbauer, W. Gawlik, C. Neureiter: "Methodical Reference Architecture Development Progress"; in: "energieinformatik 2016", OVE-Schriftenreihe Nr. 84; F. Kupzog (Hrg.); herausgegeben von: AIT Austrian Institute of Technology GmbH; Österreichischer Verband für Elektrotechnik, Klagenfurt, 2016, (eingeladen), ISBN: 978-3-85133-090-8, S. 40 - 43.

F. Xaver, C. Mecklenbräuker, P. Gerstoft, G. Matz: "Weiss-Weinstein Bounds for Various Priors"; in: "9th IEEE Sensor Array and Multichannel Signal Processing Workshop (IEEE SAM 2016)", IEEE Xplore, 2016, (eingeladen), S. 1 - 5.

VORTRÄGE UND POSTERPRÄSENTATIONEN

F. Ademaj, M. Taranetz, M. Rupp: "Evaluating the Spatial Resolution of 2D Antenna Arrays for Massive MIMO Transmissions"; Vortrag: The 24th European Signal Processing Conference (EUSIPCO 2016), Hungary, Budapest; 29.08.2016 - 02.09.2016; in: "The 24th European Signal Processing Conference (EUSIPCO 2016)", IEEE, 978-0-9928-6265-7/16 (2016), S. 1995 - 1999.

G. Alberti, H. Bölcskei, D. Camillo, G. Koliander, E. Riegler: "Lossless linear analog compression"; Vortrag: IEEE International Symposium on Information Theory (ISIT), Barcelona; 10.07.2016 - 15.07.2016; in: "Proceedings 2016 IEEE International Symposium on Information Theory (ISIT)", (2016), S. 2789 - 2793.

R. Annessi, M. Schmiedecker: "NaviGaTor: Finding Faster Paths to Anonymity"; Vortrag: 1st IEEE European Symposium on Security and Privacy, Saarbrücken; 21.03.2016 - 24.03.2016; in: "IEEE European Symposium on Security and Privacy (Euro S&P)", (2016), 13 S.

G. Artner, R. Langwieser: "Performance of an Automotive Antenna Module on a Carbon-Fiber Composite Car Roof"; Poster: European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP) 2016, Davos, Switzerland; 10.04.2016 - 15.04.2016; in: "European Conference on Antennas and Propagations (EuCAP) 2016", (2016), 4 S.

G. Artner, R. Langwieser: "Lightweight Antenna Materials For The Internet Of Things"; Vortrag: Vienna Young Scientists Symposium - VSS 2016, Technische Universität Wien; 09.06.2016 - 10.06.2016; in: "VSS - VIENNA young SCIENTISTS SYMPOSIUM, June 9-10 2016", Book-of-Abstracts.com, Heinz A. Krebs, Gumpoldskirchen, Austria (2016), ISBN: 978-3-9504017-2-1; S. 80 - 81.

G. Artner, R. Langwieser, R. Zemann, C. Mecklenbräuker: "Carbon Fiber Reinforced Polymer Integrated Antenna Module"; Vortrag: 2016 IEEE-APS Topical Conference on Antennas and Propagation in Wireless Communications (APWC), Cairns; 19.09.2016 - 23.09.2016; in: "Proceedings of the 2016 IEEE-APS Topical Conference on Antennas and Propagation in Wireless Communications (APWC)", (2016), S. 59 - 62.

G. Artner, R. Langwieser, C. Mecklenbräuker: "Carbon Fiber Reinforced Polymer Antenna Module Integrated Into the Vehicle Chassis"; Vortrag: Arbeitsgemeinschaft Hochfrequenztechnik der ÖFG, 4th Workshop, Villach; 17.10.2016 - 18.10.2016.

G. Artner, R. Langwieser, C. Mecklenbräuker: "A MID Dipole Antenna in LDS Technology";

Vortrag: 24th Telecommunications Forum TELFOR 2016, Belgrade, Serbia; 22.11.2016 - 23.11.2016; in: "24th Telecommunications Forum TELFOR 2016", (2016), ISBN: 978-1-5090-4085-8; 4 S.

G. Babazadeh Eslamlou, A. Jung, N. Görtz, M. Fereydooni: "Graph Signal Recovery From Incomplete And Noisy Information Using Approximate Message Passing"; Vortrag: IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP 2016), Shanghai, China; 20.03.2016 - 25.03.2016; in: "41st IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP 2016)", IEEE, shanghai, China (2016), ISBN: 978-1-4799-9988-0; S. 6170 - 6174.

T. Berisha, P. Svoboda, S. Ojak, C. Mecklenbräuer: "Cellular Network Quality Improvements for High Speed Train Passengers by on-board Amplify-and-Forward Relays"; Vortrag: 13th International Symposium on Wireless Communication Systems (ISWCS 2016), Poland; 20.09.2016 - 23.09.2016; in: "13th International Symposium on Wireless Communication Systems", IEEE Xplore, Poznan, Poland (2016), ISBN: 978-1-5090-2061-4; S. 325 - 329.

T. Berisha, P. Svoboda, S. Ojak, C. Mecklenbräuer: "Key Performance Indicator Measurements for 3G/4G Cellular Networks on-board of High Speed Trains with- and without Amplify-and-Forward Moving Relay Nodes"; Vortrag: TU Warsaw, Warsaw, Poland (eingeladen); 24.11.2016 - 25.11.2016.

T. Blazek: "Gilbert-Type Vehicle-to-Vehicle Performance Modelling"; Poster: Vienna Young Scientists Symposium - VSS 2016, Technische Universität Wien; 09.06.2016 - 10.06.2016; in: "VSS - VIENNA young SCIENTISTS SYMPOSIUM, June 9-10 2016", H. Krebs (Hrg.); Book-of-Abstracts.com, Heinz A. Krebs, Gumpoldskirchen, Austria (2016), ISBN: 978-3-9504017-2-1; S. 68 - 69.

A. Burg, A. Balatsoukas-Stimming, M. Meidlinger, G. Matz: "Information optimized quantized message passing to enable ultra-high-speed (Tbps) LDPC decoding"; Vortrag: Information Theory and Applications Workshop (ITA 2016), San Diego (CA), USA; 31.01.2016 - 05.02.2016.

P. Casas, A. D'Alconzo, T. Zseby, M. Mellia: "Big-DAMA: Big Data Analytics for Network Traffic Monitoring and Analysis"; Vortrag: LANCOMM '16, Florianópolis, Brazil; 22.08.2016; in: "LANCOMM '16", (2016), ISBN: 978-1-4503-4426-5; S. 1 - 3.

A. Djouama, E. Zöchmann, S. Pratschner, M. Rupp, F. Ettoumi: "Predicting CSI for Link Adaptation Employing Support Vector Regression for Channel Extrapolation"; Poster: Workshop on Smart Antennas, München; 09.03.2016 - 11.03.2016; in: "WSA 2016", VDE Verlag GmbH, Berlin (2016), ISBN: 978-3-8007-4177-9; S. 380 - 386.

P. Eder-Neuhauser: "Aktuelle Gefahrenlage: Überblick über die letzten Angriffe und Gefahrenpotential für Ihr EVU"; Hauptvortrag: WARNUNG - Unbefugter Zugriff auf Ihr System!, Twin Conference Center, Twin Tower (eingeladen); 06.12.2016.

P. Eder-Neuhauser, T. Zseby, J. Fabini: "Simulations On Resilience And Malware Containment In Smart Grid Communication Architectures"; Poster: Vienna Young Scientists Symposium - VSS 2016, Technische Universität Wien; 09.06.2016 - 10.06.2016; in: "VSS - VIENNA young SCIENTISTS SYMPOSIUM, June 9-10 2016", P. Eder-Neuhauser (Hrg.); Book-of-Abstracts.com, Heinz A. Krebs, Gumpoldskirchen, Austria (2016), ISBN: 978-3-9504017-2-1; S. 88 - 89.

P. Eder-Neuhauser: "Kritische IT-Infrastrukturen durch Vernetzung: Wie real ist die Angst vor dem großen Blackout"; Hauptvortrag: EPCON 2016, Mauerbach (eingeladen); 27.04.2016.

P. Eder-Neuhauser: "Gefahren für kritische Infrastrukturen durch Vernetzung"; Hauptvortrag: ENISA European Cyber Security Month - Security Potpourri, FH Technikum Wien - Höchstättplatz (eingeladen); 25.10.2016.

J. Fabini, T. Zseby: "Delay Measurement Challenges in Mobile Access Networks"; Vortrag: Workshop on Active Internet Measurements, San Diego, USA (eingeladen); 10.02.2016 - 12.02.2016.

J. Fabini, Al Morton, N. Elkins, M. Ackermann, V. Hegde: "IPv6 Updates for IPPM's Active Metric Framework: draft-ietf-ippm-2330-ipv6-00"; Vortrag: IETF 96, Berlin; 17.07.2016 - 22.07.2016.

S. Farthofer, G. Matz: "Linear Superposition Coding for the Gaussian Broadcast Channel with Quantized Feedback"; Vortrag: International Symposium on Information Theory and Its Applications (ISITA), Monterey, CA, USA; 30.10.2016 - 02.11.2016; in: "2016 International Symposium on Information Theory and Its Applications (ISITA 2016)", (2016).

S. Farthofer, G. Matz: "Linear Superposition Coding for the Asymmetric Gaussian MAC with Quantized Feedback"; Poster: Asilomar Conference on Signals, Systems, and Computers, Pacific Grove, CA, USA; 06.11.2016 - 09.11.2016; in: "50th Asilomar Conference on Signals, Systems, and Computers", (2016).

M. Fereydooni, M. Sabaei, M. Dehghan, G. Babazadeh Eslamlou, M. Rupp: "Coverage Distribution of Heterogeneous Cellular Networks Under Unsaturated Load"; Vortrag: International Workshop on Link- and System Level Simulations, Wien; 01.07.2016; in: "International Workshop on Link- and System Level Simulations", IEEE, Wien, (2016), ISBN: 978-1-5090-4949-3; S. 1 - 5.

Flo Güldenpfennig, O. Hödl, P. Reichl, C. Löw, A. Gartus, M. Pelowski: "TASK: Introducing The Interactive Audience Sensor Kit"; Poster: TEI '16: Tenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction, Eindhoven, Niederlande; 17.02.2016 - 21.02.2016; in: "Proceedings of TEI", ACM Press, (2016), S. 448 - 454.

G. Hannak, M. Mayer, G. Matz, N. Görtz: "Bayesian QAM demodulation and activity detection for multiuser communication systems"; Vortrag: 2016 IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC), Kuala Lumpur, Malaysien; 23.05.2016 - 27.05.2016; in: "Proceedings of 2016 IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC)", (2016), S. 596 - 601.

G. Hannak, P. Berger, G. Matz, A. Jung: "Efficient Graph Signal Recovery Over Big Networks"; Vortrag: Asilomar Conference on Signals, Systems, and Computers, Pacific Grove, CA, USA; 06.11.2016 - 09.11.2016; in: "2016 50th Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers", (2016), S. ??.

F. Iglesias Vazquez: "Methodology for Data Analysis and Machine Learning Application"; Vortrag: Network Traffic Analysis and Anomaly Detection, Telecommunications Graduate Initiative (TGI) Course, Waterford, Ireland (eingeladen); 28.01.2016 - 02.02.2016.

A. Jung, P. Berger, G. Hannak, G. Matz: "Scalable graph signal recovery for big data over networks"; Poster: SPAWC 2016 - The 17th International Workshop on Signal Processing Advances in Wireless Communications, Edinburgh; 03.07.2016 - 06.07.2016; in: "Proc. of IEEE SPAWC 2016", (2016), S. 1 - 6.

C. Krieg, C. Wolf, A. Jantsch: "Malicious LUT: A Stealthy FPGA Trojan Injected and Triggered by the Design Flow"; Vortrag: 35th International Conference on Computer-Aided Design, Austin, Texas, USA; 07.11.2016 - 10.11.2016; in: "Proceedings of the 35th International Conference on Computer-Aided Design (ICCAD)", Proceedings of the 35th International Conference on Computer-Aided Design, ICCAD '16 (2016), ISBN: 978-1-4503-4466-1; S. 43:1 - 43:8.

T. Kropfreiter, F. Meyer, F. Hlawatsch: "Sequential Monte Carlo Implementation of the Track-Oriented Marginal Multi-Bernoulli/Poisson Filter"; Vortrag: International Conference on Information Fusion, Heidelberg, Germany; 05.07.2016 - 08.07.2016; in: "FUSION-2016", (2016), S. 972 - 979.

- E. Leitinger, F. Meyer, P. Meissner, _K. Witrissal_, F. Hlawatsch: "Belief Propagation Based Joint Probabilistic Data Association for Multipath-Assisted Indoor Navigation and Tracking"; Poster: International Conference on Localization and GNSS, Barcelona, Spain; 28.06.2016 - 30.06.2016; in: "ICL-GNSS-2016", (2016), 6 S.
- M. Lerch, J. Rodríguez-Piñero, J. A. García Naya, L. Castedo: "Methods to Perform High Velocity LTE Experiments at Low Velocities"; Poster: IEEE 83rd Vehicular Technology Conference (VTC2016-Spring), Nanjing, China; 15.05.2016 - 18.05.2016; in: "IEEE 83rd Vehicular Technology Conference (VTC2016-Spring)", IEEE 83rd Vehicular Technology Conference (VTC2016-Spring), (2016), ISBN: 978-1-5090-1698-3.
- M. Lerch, S. Caban, E. Zöchmann, M. Rupp: "Quantifying the Repeatability of Wireless Channels by Quantized Channel State Information"; Vortrag: IEEE Sensor Array and Multichannel Signal Processing Workshop (SAM 2016), Rio de Janeiro, Brazil; 10.07.2016 - 13.07.2016; in: "IEEE Sensor Array and Multichannel Signal Processing Workshop (SAM 2016)", (2016).
- H. Lu, H. Chuan, M. Taranetz, S. Schwarz, S. Shihai: "Quadrature Down-Conversion Based Analog Self-Interference Cancellation for Continuous Wave Radars"; als Vortrag angenommen für: IEEE Globecom Workshops (GC Wkshps 2016), Washington, USA; 04.12.2016 - 08.12.2016; in: "IEEE Globecom Workshops (GC Wkshps 2016)", (2016).
- B. Maloku, B. Krasniqi, F. Ademaj: "Optimizing the energy efficiency for future 5G networks"; Vortrag: International Conference on Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP), Bratislava; 23.05.2016 - 25.05.2016; in: "2016 International Conference on Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP)", IEEE, Bratislava (2016), S. 1 - 5.
- L. Marijanovic, S. Schwarz, M. Rupp: "MMSE equalization for FBMC transmission over doubly-selective channels"; Vortrag: 13th International Symposium on Wireless Communication Systems (ISWCS 2016), Poland; 20.09.2016 - 23.09.2016; in: "Proceedings of the Thirteenth International Symposium on Wireless Communication Systems", (2016), S. 170 - 174.
- L. Marijanovic: "MMSE Subcarrier Equalization for FBMC Systems"; Vortrag: TU Brno, Brno, Czech Republic (eingeladen); 11.02.2016.
- M. Mayer, B. Ramos Elbal, W. Gartner, R. Langwieser, J. Kaitovic: "A Flexible Setup to Determine RFID Tag Requirements for Multiple-Response Scenarios"; Vortrag: 2016 IEEE International Conference on RFID (RFID), Orlando, Florida, USA; 02.05.2016 - 05.05.2016; in: "Proceedings of 10th IEEE International Conference on RFID (IEEE RFID)", (2016), ISBN: 978-1-4673-8806-1; S. 1 - 4.
- C. Mecklenbräuker, P. Gerstoft: "Sparse Bayesian Learning for Wavefields from Sensor Array Data"; Vortrag: Information Theory and Applications Workshop (ITA 2016), San Diego (CA), USA (eingeladen); 31.01.2016 - 05.02.2016.
- M. Meisel, S. Wilker, J. Fabini, R. Annessi, T. Zseby, M. Müllner, W. Kastner, M. Litzlbauer, W. Gawlik, C. Neureiter: "Methodical Reference Architecture Development Progress"; Poster: D-A-CH Energieinformatik Konferenz, Klagenfurt (eingeladen); 29.09.2016 - 30.09.2016.
- F. Meyer, P. Braca, P. Willett, F. Hlawatsch: "Tracking an Unknown Number of Targets Using Multiple Sensors: A Belief Propagation Method"; Vortrag: International Conference on Information Fusion, Heidelberg, Germany; 05.07.2016 - 08.07.2016; in: "FUSION-2016", (2016), S. 719 - 726.
- F. Meyer, P. Braca, F. Hlawatsch, M. Micheli, K. LePage: "Scalable Adaptive Multitarget Tracking Using Multiple Sensors"; Poster: IEEE Globecom Workshops (GC Wkshps 2016), Washington D.C., USA; 04.12.2016 - 08.12.2016; in: "GLOBECOM-2016", (2016), 6 S.
- C. Midoglu: "Smartphone-Based Crowdsourcing for Mobile Network Benchmarking"; Vortrag: Vienna Young Scientists Symposium - VSS 2016, Technische Universität Wien; 09.06.2016 -

10.06.2016; in: "VSS - VIENNA young SCIENTISTS SYMPOSIUM, June 9-10 2016", Book-of-Abstracts.com, Heinz A. Krebs, Gumpoldskirchen, Austria (2016), ISBN: 978-3-9504017-2-1; S. 74 - 75.

C. Midoglu, P. Svoboda: "Opportunities and Challenges of Using Crowdsourced Measurements for Mobile Network Benchmarking A Case Study on RTR Open Data"; Vortrag: SAI Computing Conference (SAI), 2016, London; 13.07.2016 - 15.07.2016; in: "Proceedings of the 2016 SAI Computing Conference (SAI)", IEEE (Hrg.); IEEE, CFP16SAA-USB (2016), ISBN: 978-1-4673-8460-5; S. 996 - 1005.

C. Midoglu, L. Wimmer, P. Svoboda: "Server Link Load Modeling and Request Scheduling for Crowdsourcing-Based Benchmarking Systems"; Vortrag: The 12th International Wireless Communications & Mobile Computing Conference (IWCMC 2016), Paphos; 05.09.2016 - 09.09.2016; in: "The 12th International Wireless Communications and Mobile Computing Conference Proceedings", IEEE, 978-1-5090-0304-4 (2016), ISBN: 978-1-5090-0304-4; S. 988 - 994.

M. Müller, M. Taranetz, M. Rupp: "Effects of Wall-Angle Distributions in Indoor Wireless Communications"; Poster: SPAWC 2016 - The 17th International Workshop on Signal Processing Advances in Wireless Communications, Edinburgh; 03.07.2016 - 06.07.2016; in: "Proceedings of SPAWC 2016 - The 17th International Workshop on Signal Processing Advances in Wireless Communications", (2016).

M. Müller, M. Taranetz, V. Stoyanov, M. Rupp: "Abstracting Indoor Signal Propagations: Stochastic vs. Regular"; Vortrag: 58th International Symposium ELMAR, Zadar, Kroatien; 12.09.2016 - 14.09.2016; in: "Proceedings - 58th International Symposium ELMAR 2016", (2016).

M. Müller, M. Taranetz, M. Rupp: "Modeling of Wireless Communication in Indoor Scenarios"; Vortrag: TU Brno, TU Brno, Tschechien (eingeladen); 10.02.2016.

R. Nissel, M. Rupp: "On Pilot-Symbol Aided Channel Estimation in FBMC-OQAM"; Poster: IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP 2016), Shanghai, China; 20.03.2016 - 25.03.2016; in: "IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP 2016)", (2016), S. 3681 - 3685.

R. Nissel, M. Rupp: "Bit Error Probability for Pilot-Symbol Aided Channel Estimation in FBMC-OQAM"; Vortrag: IEEE International Conference on Communications (ICC 2016), Kuala Lumpur, Malaysia; 23.05.2016 - 27.05.2016; in: "IEEE International Conference on Communications (ICC 2016)", (2016).

R. Nissel, M. Rupp: "Dynamic Spectrum Allocation in Cognitive Radio: Throughput Calculations"; Vortrag: IEEE International Black Sea Conference on Communications and Networking (BlackSeaCom 2016), Varna, Bulgaria; 06.06.2016 - 09.06.2016; in: "IEEE International Black Sea Conference on Communications and Networking", (2016).

R. Nissel, S. Caban, M. Rupp: "Experimental Evaluation of FBMC-OQAM Channel Estimation Based on Multiple Auxiliary Symbols"; Vortrag: IEEE Sensor Array and Multichannel Signal Processing Workshop (SAM 2016), Rio de Janeiro, Brazil; 10.07.2016 - 13.07.2016; in: "IEEE Sensor Array and Multichannel Signal Processing Workshop (SAM 2016)", (2016).

R. Nissel, M. Rupp: "Enabling Low-Complexity MIMO in FBMC-OQAM"; Vortrag: IEEE Globecom Workshops (GC Wkshps 2016), Washington D.C., USA; 04.12.2016 - 08.12.2016; in: "IEEE Globecom Workshops (GC Wkshps 2016)", (2016).

R. Nissel: "5G Simulator: FBMC"; Vortrag: TU Brno, Brno, Czech Republic (eingeladen); 11.02.2016.

S. Paudel, P. Smith, T. Zseby: "Data Integrity Attacks in Smart Grid Wide Area Monitoring"; Vortrag: 4th International Symposium for ICS & SCADA Cyber Security Research 2016, Belfast,

UK; 23.08.2016 - 25.08.2016; in: "4th International Symposium for ICS & SCADA Cyber Security Research 2016", T. Brandstetter, H. Janicke, K. Jones (Hrg.); British Computer Society, (2016), ISBN: 978-1-78017-357-3; S. 74 - 83.

G. Pichler, P. Piantanida, G. Matz: "Distributed Information-Theoretic Biclustering"; Vortrag: IEEE International Symposium on Information Theory (ISIT), Barcelona, ES; 10.07.2016 - 15.07.2016; in: "2016 IEEE International Symposium on Information Theory (ISIT)", IEEE (Hrg.); (2016), S. 1083 - 1087.

G. Pichler, G. Matz, P. Piantanida: "A Tight Upper Bound on the Mutual Information of Two Boolean Functions"; Vortrag: 2016 IEEE Information Theory Workshop (ITW), Cambridge, UK; 11.09.2016 - 14.09.2016; in: "2016 IEEE Information Theory Workshop (ITW)", IEEE (Hrg.); (2016), S. 16 - 20.

P. Reichl, C. Löw, S. Schröder, O. Hödl, Flo Guldenpfennig, T. Schmidt, B. Schatzl, V. Lushaj, C. Widauer: "The Salome Experience: Opera Live Streaming and Beyond"; Vortrag: 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'16), San Jose, USA (eingeladen); 07.05.2016 - 12.05.2016; in: "CHI '16 Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems", ACM, (2016), S. 728 - 737.

J. Reitterer, F. Fidler, G. Schmid, C. Hambeck, F. Saint Julien-Wallsee, W. Leeb, U. Schmid: "Software Beam Combiner for Ultra-compact RGB Laser Light Modules with MEMS Mirrors"; Vortrag: Applied Industrial Optics Conference 2016, Heidelberg, D (eingeladen); 25.07.2016 - 28.07.2016; in: "Proceedings Applied Industrial Optics Conference 2016", (2016), S. AIW3B.3.pdf.

J. Reitterer, F. Fidler, G. Schmid, C. Hambeck, F. Saint Julien-Wallsee, W. Leeb, U. Schmid: "3D Billboards without Glasses"; Vortrag: IDW/AD'16 - The 23rd International Display Workshops in conjunction with Asia Display 2016, Fukuoka, Japan (eingeladen); 07.12.2016 - 09.12.2016; in: "Proceedings of the 23rd International Display Workshops in conjunction with Asia Display 2016", (2016), S. 61.

S. Rizkalla, R. Prestros, C. Mecklenbräuer: "Efficient Coupling for Non-Galvanic HF RFID Cards"; Poster: IEEE Radio and Wireless Week (RWW) 2016, Austin, Texas, USA; 24.01.2016 - 27.01.2016; in: "WiSNet 2016", (2016), S. 35 - 37.

S. Rizkalla, R. Prestros, C. Mecklenbräuer: "Optimization of Non-Galvanic HF RFID Cards"; Poster: European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP) 2016, Davos, Switzerland; 10.04.2016 - 15.04.2016; in: "2016 10th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP)", (2016), S. 3291 - 3294.

S. Rizkalla, R. Prestros, C. Mecklenbräuer: "Design of Inductively Coupled Booster for HF RFID Cards"; Poster: Vienna Young Scientists Symposium - VSS 2016, Technische Universität Wien; 09.06.2016 - 10.06.2016; in: "VSS - VIENNA young SCIENTISTS SYMPOSIUM, June 9-10 2016", Book-of-Abstracts.com, Heinz A. Krebs, Gumpoldskirchen, Austria (2016), ISBN: 978-3-9504017-2-1; S. 70 - 71.

S. Rizkalla, R. Prestros, C. Mecklenbräuer: "Analyzing and Improving Inductive Coupling Frame-based HF RFID Cards"; Poster: Loughborough Antennas and Propagation Conference (LAPC 2016), Loughborough, United Kingdom; 14.11.2016 - 15.11.2016; in: "2016 Loughborough Antennas and Propagation Conference", (2016), S. 57 - 61.

S. Rizkalla, R. Prestros, C. Mecklenbräuer: "Optimization of Low-cost Booster-based HF RFID Cards"; Vortrag: 4th Workshop of the Radio Frequency Engineering Working Group of the Austrian Research Association, Villach; 17.10.2016 - 18.10.2016.

J. Rodríguez-Piñeiro, M. Lerch, T. Domínguez-Bolaño, J. A. García Naya, S. Caban, L. Castedo: "Experimental Assessment of 5G-Candidate Modulation Schemes at Extreme Speeds"; Vortrag: IEEE Sensor Array and Multichannel Signal Processing Workshop (SAM 2016), Rio de Janeiro,

Brazil; 10.07.2016 - 13.07.2016; in: "IEEE Sensor Array and Multichannel Signal Processing Workshop (SAM 2016)", (2016).

M. Rupp: "How to Achieve Research Excellence"; Vortrag: Seminar Radioelektronika, Brno (eingeladen); 12.02.2016.

M. Rupp, S. Schwarz: "Future Cellular Networks for a Society in Motion"; Vortrag: A Coruna Seminar, A Coruna, Spain (eingeladen); 27.09.2016.

I. Safiulin, S. Schwarz, T. Philosof, M. Rupp: "Latency and Resource Utilization Analysis for V2X Communication over LTE MBSFN Transmission"; Vortrag: ITG Workshop on Smart Antennas, München; 09.03.2016 - 11.03.2016; in: "Proceedings of the ITG Workshop on Smart Antennas", (2016).

I. Safiulin, S. Schwarz, T. Philosof, M. Rupp: "Gaussian Modeling of Spatially Correlated LOS/NLOS Maps for Mobile Communications"; Vortrag: IEEE 84th Vehicular Technology Conference (VTC2016 fall), Montreal; 18.09.2016 - 21.09.2016; in: "Proceedings of the IEEE 84th Vehicular Technology Conference", (2016).

S. Schwarz, T. Philosof, M. Rupp: "Convex-Optimization based Geometric Beamforming for FD-MIMO Arrays"; als Poster angenommen für: Asilomar Conference on Signals, Systems, and Computers, Pacific Grove, Kalifornien; 06.11.2016 - 09.11.2016; in: "Asilomar Conference on Signals, Systems, and Computers", (2016), 5 S.

S. Schwarz, M. Rupp: "Performance Evaluation of Low Complexity Double-Sided Massive MIMO Transceivers"; Vortrag: IEEE Consumer Communications and Networking Conference, Las Vegas; 09.01.2016 - 12.01.2016; in: "2016 IEEE Consumer Communications and Networking Conference", (2016), ISBN: 978-1-4673-9292-1; S. 582 - 588.

S. Schwarz, M. Rupp: "Limited Feedback based Double-Sided Full-Dimension MIMO for Mobile Backhauling"; als Vortrag angenommen für: Asilomar Conference on Signals, Systems, and Computers, Pacific Grove, Kalifornien (eingeladen); 06.11.2016 - 09.11.2016; in: "Asilomar Conference on Signals, Systems, and Computers", (2016), 7 S.

W. Simbürger, M. Rigato, C. Fleury, D. Pogany, J. Willemen, V. Vendt, T. Schwingshackl, A. D'Arbonneau: "ESD Protection Devices and Technologies: Recent Advances and Trends"; Vortrag: International Electrostatic Discharge workshop (IEW), Tutzing, Deutschland; 17.05.2016.

D. Statovci, M. Wolkerstorfer, S. Drakulic: "Improved SNR-based Estimation of the Attainable Net-Data-Rates in Vectoring VDSL2"; als Vortrag angenommen für: Asilomar Conference on Signals, Systems, and Computers, Pacific Grove, CA, USA; 06.11.2016 - 09.11.2016; in: "50th Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers (2016)", IEEE (Hrg.); IEEE, 50th Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers (2016), ISBN: 978-1-4673-8574-9.

M. Taranetz: "Modeling Two-Tier Heterogeneous Cellular Networks in Dense Urban Environments"; Vortrag: invited talk, Technische Universität Brunn (eingeladen); 10.02.2016.

O. Trindade, T. Berisha, P. Svoboda: "Evaluation of Wireless Repeater Performance on-board Austrian Railway Trains by Measurements"; Poster: Vienna Young Scientists Symposium - VSS 2016, Vienna; 09.06.2016 - 10.06.2016; in: "VSS 2016", Book-of-Abstracts.com, Heinz A. Krebs, Gumpoldskirchen, Austria (2016), ISBN: 978-3-9504017-2-1; S. 78 - 79.

T. Zseby: "Anomaly Detection for Network Security"; Vortrag: Network Traffic Analysis and Anomaly Detection, Telecommunications Graduate Initiative (TGI) Course, Waterford, Ireland (eingeladen); 28.01.2016 - 02.02.2016.

T. Zseby: "Covert Communication in Cyber Attacks: How attackers evade detection"; Vortrag: CMG-AE IT-Securitytagung, Wien (eingeladen); 18.10.2016.

E. Zöchmann, M. Lerch, M. Rupp: "Investigation of Millimetre Wave Wireless Channel Fading Parameters for the Future "Internet of Things""; Vortrag: Vienna Young Scientists Symposium -

VSS 2016, Technische Universität Wien; 09.06.2016 - 10.06.2016; in: "Vienna Young Scientist Symposium", Book-of-Abstracts.com, Heinz A. Krebs, Gumpoldskirchen, Austria (2016), ISBN: 978-3-9504017-2-1; S. 76 - 77.

E. Zöchmann, S. Caban, M. Lerch, M. Rupp: "Resolving the Angular Profile of 60 GHz Wireless Channels by Delay-Doppler Measurements"; Vortrag: IEEE Sensor Array and Multichannel Signal Processing Workshop (SAM 2016), Rio de Janeiro, Brazil; 10.07.2016 - 13.07.2016; in: "Proceedings of the Ninth IEEE Sensor Array and Multichannel Signal Processing Workshop", (2016), S. 1 - 5.

E. Zöchmann, S. Schwarz, M. Rupp: "Comparing Antenna Selection and Hybrid Precoding for Millimeter Wave Wireless Communications"; Vortrag: IEEE Sensor Array and Multichannel Signal Processing Workshop (SAM 2016), Rio de Janeiro, Brazil; 10.07.2016 - 13.07.2016; in: "Proceedings of the Ninth IEEE Sensor Array and Multichannel Signal Processing Workshop", (2016), S. 1 - 5.

E. Zöchmann, M. Lerch, S. Caban, R. Langwieser, C. Mecklenbräuker, M. Rupp: "Directional Evaluation of Receive Power, Rician K-factor and RMS Delay Spread obtained from Power Measurements of 60 GHz Indoor Channels"; Vortrag: 2016 IEEE-APS Topical Conference on Antennas and Propagation in Wireless Communications (APWC), Cairns; 19.09.2016 - 23.09.2016; in: "Proceedings of the 2016 IEEE-APS Topical Conference on Antennas and Propagation in Wireless Communications (APWC)", (2016), S. 1 - 4.

E. Zöchmann, R. Langwieser, S. Caban, M. Lerch, C. Mecklenbräuker: "60 GHz Front End Design for a Rotary Unit"; Vortrag: 4th Workshop of the Radio Frequency Engineering Working Group of the Austrian Research Association, Villach; 17.10.2016 - 18.10.2016.

Wissenschaftliche Berichte

T. Bednar, N. Haufe, D. Bothe, J. Forster, S. Fritz, Th. Kaufmann, P. Eder-Neuhauser, P. Pfaffenbichler, N. Rab, J. Schleicher, G. Weinwurm, C. Winkler, M. Ziegler: "Urbanes Energie- und Mobilitätssystem Doktoratskolleg (URBEM-DK) Ergebnisbericht"; Berichts-Nr. 1, 2016; 100 S.

G. Doblinger: "Oversampled Windowed Fourier Transform and Filter Banks"; 2016; 48 S.