ITG news
INFORMATIONSTECHNISCHE GESELLSCHAFT IM VDE
01/2017

ITG als Plattform für den fachlichen Dialog

Das vergangene Jahr war für die ITG sehr erfolgreich. Viele Konferenzen und Diskussionsveranstaltungen – öffentlich sowie innerhalb der Fachausschüsse – haben den fachlichen Austausch im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnik entscheidend unterstützt. Ein besonderes Highlight war die ECOC, die erstmals in Düsseldorf stattfand. Berichte darüber sowie über weitere Veranstaltungen finden Sie wie üblich auf den nachfolgenden Seiten.

Die Themen Digitalisierung und 5G haben die öffentliche Diskussion über die Zukunft der Informationsgesellschaft geprägt. Die umfassende und allgegenwärtige Vernetzung ist dabei nicht nur wegen der anspruchsvollen Technologie faszinierend. Sie wird auch zu vielen spannenden Veränderungen unserer Lebens- und Arbeitswelt führen. Unsere Aufgabe ist es, diesen Wandel mit Ruhe und Sachlichkeit zu begleiten und darauf hinzuwirken, dass die technologische Entwicklung die Lebensqualität steigern wird. Viele Detailfragen sind noch zu klären. So erwarten alle Experten einen steigenden Bandbreitebedarf für zukünftige drahtlose Netzwerke. Ein Weg ist dazu eine modifizierte Zuweisung von Frequenzbändern. Die „digitale Dividende“ ist ein Beispiel hierzu. Aber auch die Erschließung neuer Frequenzbänder im Terahertz-Bereich kann für spezifische Anwendungen sehr interessant werden. Dass die Datenraten auch im Festnetzbereich dringend gesteigert werden müssen, ist seit langer Zeit bekannt und wird oft diskutiert – oftmals auch kontrovers, wenn es um die konkrete Umsetzung und die Geschäftsmodelle geht. Die genannten Aspekte der Digitalisierung werden im Schwerpunktthema dieser ITG-news adressiert.

> Die allgegenwärtige Vernetzung wird unsere Lebens- und Arbeitswelt verändern.

Am 29.11. fand wieder die Verleihung der ITG-Preise in der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften statt. Aus einer erfreulich großen Zahl von Nominierungen haben Experten die Preisträger ermittelt. Herzlichen Dank an alle Beteiligten für die damit verbundene erhebliche Mühe. Auch 2017 werden wieder die Dissertations- und Literaturpreise der ITG verliehen. Den Aufruf hierzu finden Sie weiter unten.

Das neue Jahr hat gerade begonnen. Unsere Arbeit bleibt überaus spannend, und die Bedeutung für die weitere Entwicklung aller Bereiche der Gesellschaft nimmt weiter zu. Nutzen Sie auch weiterhin die ITG als Plattform für den fachlichen Dialog. Wenn Sie Interesse an der Arbeit der verschiedenen Fachausschüsse haben, sprechen Sie einfach die im Internet genannten Personen oder die Geschäftsführung an. Wir freuen uns über alle, die sich aktiv in unsere Arbeit einbringen.

In diesem Sinne wünsche ich allen ITG-Mitgliedern ein schönes, erfolgreiches und abwechslungsreiches Jahr 2017!

PROF. DR.-ING. RÜDIGER KAYS
ITG-Vorsitzender

AUFRUF ZUR BEWERBUNG

ITG-Preise 2017

Dissertationspreis der ITG 2017
Die ITG verleiht jährlich bis zu drei Dissertationspreise an junge ITG-Mitglieder für besonders herausragende Dissertationen auf dem Gebiet der Informationstechnik. Jeder Preis ist mit einer Geldprämie von 2000 Euro sowie einer Urkunde verbunden. Einsendeschluss für den Dissertationspreis der ITG 2017 ist der **6. Februar 2017**.

Preis der ITG 2017
Seit dem Jahr 1956 wird der mit einer Geldprämie von 3000 Euro dotierte Preis der ITG für besonders hervorragende Publikationen auf dem Gebiet der Informationstechnik an Wissenschaftler und Ingenieure verliehen. Einreichungsfrist für die Bewerbungsunterlagen ist der **15. Februar 2017**.
// www.vde.com/itgpreise

Inhalt

Meldungen 02
Aus den Fachgremien 09
Thema
Frequenzverwaltung 5G 10
Sub-Millimeter Communications 14
Übertragungsstandard G.fast 15
Bericht
Preisverleihung 18
Termine 20

Eindrücke von der Plenarsitzung der ECOC 2016 in Düsseldorf

42. EUROPEAN CONFERENCE ON OPTICAL COMMUNICATION – ECOC 2016

Gelungene Premiere in Düsseldorf

Vom 18. bis 22. September 2016 tagte die ECOC 2016, die größte Konferenz zur optischen Kommunikationstechnik in Europa, zum ersten Mal in Düsseldorf.

Die European Conference on Optical Communication (ECOC) ist die größte Konferenz zur optischen Kommunikationstechnik in Europa und eine der führenden Konferenzen auf dem Gebiet weltweit. Optische Kommunikationstechnik bildet die technische Basis für das globale Internet, welches die Welt in eine Informations- und Kommunikationsgesellschaft transformiert und Informationen an jedem Ort zu jeder Zeit verfügbar macht.

In seiner Rede auf der Plenarsitzung hob Bruno Jacobfeuerborn, CTO der Deutschen Telekom, hervor, dass sich fortschrittliche Zugangsnetztechnologien wie die Mobilfunknetze der 5. Generation (5G) nur realisieren lassen, wenn optische Kommunikationsnetze entsprechend weiterentwickelt werden. Nur so können die erforderlichen Verbindungen der lokalen Funknetze untereinander und mit den Rechenzentren der Netzbetreiber mit ausreichender Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit gewährleistet werden.

Eine Besonderheit der ECOC ist, dass diese seit 1974 Jahr für Jahr von einem europäischen Land in ein anderes wechselt. Dieses Jahr fand die Konferenz zum ersten Mal in Düsseldorf statt, nach erfolgreichen Veranstaltungen in Cannes 2014 und Valencia 2015. Als eine wirtschaftlich nicht gewinnorientierte Konferenz konzentriert sich die ECOC auf die Verbreitung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse, den Austausch unter Forschern, die Fortbildung von Entscheidungsträgern aus Produktentwicklung und Geschäftsführung sowie die Präsentation fortschrittlicher Produkte im Bereich der optischen Übertragungssysteme und Netze. Die ECOC bringt Experten aus unterschiedlichen Bereichen wie der Faserentwicklung, optoelektronischen Komponenten oder optischen Übertragungssystemen und Netzen zusammen. An den in den letzten Jahren von Veranstaltung zu Veranstaltung gestiegenen Teilnehmerzahlen, welche 2016 die Marke von 1200 Konferenzteilnehmern deutlich überschritt, lässt sich der Erfolg der Konferenz und das wachsende Interesse an den Themen ablesen. Alle namhaften international tätigen Komponenten- und Systemhersteller, Telekommunikationsnetzbetreiber sowie Universitäten und Forschungseinrichtungen nahmen an der Konferenz teil und präsentierten ihre neuesten Forschungserkenntnisse und Entwicklungen.

Das Konferenzprogramm bestand aus sechs Workshops, sieben Tutorien, 46 eingeladenen Beiträgen, 191 Vorträgen zu eingereichten Beiträgen, die in 53 technischen Sitzungen präsentiert wurden, zwei Postersitzungen mit insgesamt 161 Postern sowie 17 Post-Deadline-Beiträgen, in denen erst kürzlich erzielte herausragende Forschungsergebnisse präsentiert wurden. Alle

angenommenen eingereichten Beiträge hatten einen strengen Auswahlprozess durch die mit international ausgewiesenen Experten besetzte technische Programmkommission durchlaufen, was auch die geringe Annahmequote für Vorträge von nur 30 Prozent belegt. Neben etablierten Themen wie der Übertragungskapazitätssteigerung in Glasfasern durch neue Komponenten, Subsysteme und Übertragungsverfahren sowie einer Flexibilisierung der Netze durch Software-basierte Vermittlung (SDN) stießen Übertragungsverfahren zur Verbindung von Datenzentren (DCI) auf großes Interesse. Weiterhin wurde aufgrund umfangreicher Forschungsaktivitäten in Deutschland und einer starken industriellen Basis die optische Satellitenkommunikation als neuer Konferenzschwerpunkt etabliert.

Ausführliche Informationen zu Konferenzprogramm und -organisation finden Sie unter: www.ecoc-conference.org

PROF. DR.-ING. CHRISTIAN G. SCHÄFFER
Lehrstuhl für Hochfrequenztechnik, Fakultät für Elektrotechnik an der Helmut-Schmidt-Universität Hamburg

PROF. DR.-ING. PETER M. KRUMMRICH
Lehrstuhl für Hochfrequenztechnik, Technische Universität Dortmund

ÖFFENTLICHE DISKUSSIONSSITZUNG DES ITG-FACHAUSSCHUSSES 7.2

Funk – das Medium für Medien

Die öffentliche Diskussionssitzung „Funk – das Medium für Medien“ des ITG-Fachausschusses 7.2 „Funksysteme“ fand am 20. Oktober 2016 am Institut für Rundfunktechnik (IRT) in München statt.

Funk ist in den Medien unverzichtbar. DAB+ und DVB-T/DVB-T2 HD erreichen über die terrestrische Verbreitung Millionen von Teilnehmern, egal ob zu Hause oder unterwegs. Bei der Rundfunkproduktion gehört Funk zu den wichtigsten Werkzeugen für drahtlose Kameras, Mikrofone und Kopfhörer. In allen diesen Fällen muss die Funktechnik störungsfrei, sicher und hochwertig funktionieren. Viereinhalb Jahre und eine Weltfunkkonferenz waren seit der letzten öffentlichen Diskussionssitzung im IRT vergangen und es war wieder an der Zeit, eine Bestandsaufnahme in Sachen Funk und Medien vorzunehmen. ITG und IRT luden am 20. Oktober 2016 zur öffentlichen Diskussionssitzung ein, der rund 60 Teilnehmer aus verschiedenen Branchen folgten.

Die Keynote hielt Helwin Lesch vom Bayerischen Rundfunk

Helwin Lesch, zuständig beim Bayerischen Rundfunk für Programmverbreitung und Controlling, machte in seiner Keynote deutlich, dass die Terrestrik für Hörfunk und Fernsehen unverzichtbarer Bestandteil im Verbreitungsmix ist. Faktoren sind dabei u.a. die kosteneffiziente Versorgung, die portable und mobile Empfangbarkeit sowie der diskriminierungsfreie und einfache Zugang für den Teilnehmer. Daran anschließend gaben Eckhard Matzel (ZDF) und Bernd Heimermann (Media Broadcast) einen Überblick zum Stand der Einführung von DVB-T2 HD, das offiziell am 29. März 2017 in Deutschland starten wird. Frank Hermann von Panasonic stellte den Antennenfernsehstandard ATSC 3.0 vor, der in Südkorea und den USA in den nächsten Jahren zum Einsatz kommen soll und Rundfunkübertragung und IP-Technologien enger miteinander verzahnen wird. Dass es für einen störungsfreien Rundfunkgenuss auch einer störungsfreien Produktion bedarf und hierfür freier Frequenzbereiche, daran erinnerte Matthias Fehr, Präsident des APWPT, des Berufsverbands für professionelle drahtlose Produktionstechnologien. Jörg Teufel aus der BR-Fernsehproduktion gab dazu von TV-Großveranstaltungen anschauliche Praxisbeispiele. In der Nachmittags-Session wurde dann die Brücke vom Rundfunk zur IP-Übertragung bzw. Mobilfunkübertragung geschlagen. Zunächst stellte Alexander Erk vom IRT hybride Technologien und Broadcast-Apps vor, die Rundfunk und Internet miteinander verbinden. Anschließend ging es um vollständig neue Ansätze, wie künftig der Rundfunk im Mobilfunk übertragen werden könnte. Uwe Löwenstein von Telefonica gab zunächst einen Ausblick auf 5G, dem Mobilfunksystem der nächsten Generation. Swen Petersen vom IRT stellte das bayerische Forschungsprojekt IMB5 vor, das wertvolle technische Erkenntnisse zu den Parametern für eine Rundfunkübertragung im LTE-Broadcast-Modus eMBMS (envolved Multimedia Broadcast Multicast Service) über Gleichwellennetze lieferte. Dr. Beutler vom SWR gab abschließend einen Einblick in das Engagement des Rundfunks im Mobilfunkstandardisierungsgremium 3GPP. Sein Resümee lautet, dass die aktuellen Standardisierungsarbeiten eine Erfolgsstory sind, aber auch neuer Anstrengungen des Rundfunks in einem sich wandelnden Verbreitungsmarkt bedürfen.

THOMAS SCHIERBAUM
Institut für Rundfunktechnik, München

ITG-FACHTAGUNG SPRACHKOMMUNIKATION

Die vielfältige Welt der Sprachverarbeitung

Zur ITG-Fachtagung „Sprachkommunikation“ am 5. bis 7. Oktober kamen 150 Teilnehmer nach Paderborn.

Foto: Johannes Pauly, Pressestelle der Uni Paderborn

Teilnehmer der ITG-Fachtagung „Sprachkommunikation“ in Paderborn

Die ITG-Fachtagung „Sprachkommunikation“ ist die größte wissenschaftliche Tagung zu Themen rund um die maschinelle Verarbeitung gesprochener Sprache im deutschsprachigen Raum. Sie findet im zweijährigen Rhythmus statt und in diesem Jahr waren Prof. Reinhold Häb-Umbach und sein Fachgebiet Nachrichtentechnik an der Universität Paderborn die Gastgeber. Rund 150 Teilnehmer kamen vom 5. bis zum 7. Oktober nach Paderborn, um neueste Forschungsergebnisse zu präsentieren und zu diskutieren.

An einer Vielzahl von Beiträgen konnte man feststellen, dass neuronale Netze sich in immer mehr Bereichen der Sprachverarbeitung durchsetzen. Während sie in der automatischen Spracherkennung schon seit längerer Zeit Stand der Technik sind, finden sie nun auch in der Sprachsignalverbesserung immer größere Verbreitung. Dies war auch der Tenor des Übersichtsvortrags von Prof. Bhiksha Raj von der Carnegie Mellon University (Pittsburgh, USA), der mehrere beeindruckende Audiobeispiele zur Entstörung und zur Trennung von Sprach- und Musiksignalen präsentierte. Der Vortrag überzeugte auch dadurch, dass Prof. B. Raj ein wenig Licht in die meist als unanschaulich empfundene Funktionsweise von neuronalen Netzen warf, indem er an einfachen Beispielen ihre Arbeitsweise erläuterte.

Der zweite Übersichtsvortrag von Prof. Hynek Hermansky von der Johns Hopkins University (Baltimore, USA), der als IEEE Distinguished Lecturer nach Paderborn kam, beschäftigte sich ebenfalls mit neuronalen Netzen, jedoch aus einem anderen Blickwinkel. Er berichtete über seine Forschungen zur robusten automatischen Spracherkennung, bei der die bemerkenswerte Eigenschaft der menschlichen Wahrnehmung, dass ein Sprachsignal verständlich bleibt, selbst wenn wesentliche Anteile des Sprachspektrums fehlen, maschinell mithilfe von neuronalen Netzen nachgebildet wird.

Neben den bekannten Anwendungen der Sprachtechnologie für Kommunikations- und Assistenzsysteme wurden auf der Tagung auch neuartige Anwendungen im Bereich der medizinischen Diagnostik diskutiert. Ein Beispiel sind Analyseverfahren, mit denen Anzeichen von Parkinson oder Demenzerkrankungen im Sprachsignal detektiert werden.

Aber auch zu den eher klassischen Themen dieser Tagung gab es sehr interessante Vorträge, etwa zur Unterdrückung von Windgeräuschen in einer Freisprecheinrichtung für das Auto oder zur Verbesserung der Sprachqualität durch Verwendung neuer statistischer Modelle. In diesen Themenkomplex reihte sich auch der dritte Übersichtsvortrag dieser Tagung ein. Dr. Richard Hendriks von der TU Delft präsentierte instrumentelle Messverfahren zur Bewertung der Sprachverständlichkeit, die er aus grundlegenden Prinzipien der Informationstheorie herleitete. Dabei zeigte er, dass man die Signalverbesserung bei der Aufnahme und Wiedergabe gemeinsam betrachten muss. Interessanterweise konnte er Bewertungskennlinen, die aus empirischen Beobachtungen gewonnen worden waren, durch seine informationstheoretischen Betrachtungen bestätigen.

Die Tagung wurde abgerundet mit einem Besuch des Heinz-Nixdorf-Computermuseums, einer Stadtführung und einer festlichen Abendveranstaltung.

Finanziell und logistisch unterstützt wurde die Tagung durch die Firmen Deutsche Telekom, Sivantos, Amazon, Head Acoustics, Paragon, voice INTER connect, Ceotronics und das Honda Research Institute sowie durch die IEEE Signal Processing Society, das DFG-Schwerpunktprogramm „autonomes Lernen“ und die Universität und Stadt Paderborn.

Zum Abschluss der Tagung lud Prof. Simon Doclo alle Teilnehmer zur ITG-Fachtagung 2018 nach Oldenburg ein.

Weitere Informationen zur Konferenz finden Sie auf http://upb.de/itgspeech2016.

PROF. DR.-ING. REINHOLD HÄB-UMBACH

Leiter des Fachgebiets Nachrichtentechnik der Universität Paderborn

FACHTAGUNG ECHTZEIT 2016

Neue Trends und Entwicklungen zum Internet der Dinge

Die Fachtagung „Echtzeit 2016“ fand am 17. und 18. November 2016 in Boppard am Rhein statt. Schwerpunktthema war in diesem Jahr das „Internet der Dinge“.

Wie bereits vor zwei Jahren mit „Industrie 4.0“ griff die vom Fachausschuss „Echtzeitsysteme“ veranstaltete Tagungsreihe in diesem Jahr mit dem Leitthema „Internet der Dinge“ erneut einen Modebegriff auf, um ihn vor dem Hintergrund jahrzehntelanger Erfahrung auf den Gebieten Echtzeit- und eingebettete Systeme sowie Prozessautomatisierung und -leittechnik auf seine Substanz und seinen Neuheitsgehalt hin abzuklopfen.

Da das Internet der Dinge Werksspionage und Sabotage Tür und Tor öffnet, stellt Sicherheit die größte Herausforderung dar. Dabei ergibt sich mangelnde funktionale Sicherheit in vernetzten Systemen als Folge der Gefahren durch Abhören, Verfälschen oder Abfangen von Daten bei deren Übertragung sowie der Möglichkeiten des Einschleusens von Malware und der Überlastung von Knoten, die der Einsatz ungeeigneter Artefakte, nämlich im Bürobereich verbreiteter Informationstechnik und des Internets als Übertragungsmedium, mit sich bringt. Deshalb sensibilisierte die Tagung für das Thema Datensicherheit, indem Möglichkeiten zur Absicherung von Kommunikationsnetzen diskutiert und die zur Abschirmung von Codes und Daten für verschiedene Isolationskonzepte entstehenden Kosten betrachtet wurden. Als konkrete Problemlösungen wurden ein zum Patent angemeldetes Verfahren zur sicheren anonymen Aufwertung und Belastung elektronischer Geldbörsen und für die sicherheitsgerichtete Echtzeitprogrammierung auf der Basis von PEARL eine Grundsprache sowie für jede der vier Sicherheitsintegritätsstufen nach IEC 61508 eine inhärent sichere Teilsprache vorgestellt, deren Syntax die Einhaltung der jeweiligen Einschränkungen erzwingt.

Weil das Internet der Dinge ohne den Einsatz von Echtzeitbetriebssystemen undenkbar ist, wurde über bei der Entwicklung eines dezidierten Betriebssystemkerns erhobene echtzeit- und sicherheitsspezifische Anforderungen, eine modular geschichtete Systemarchitektur zur Verbindung heterogener Gerätetreiber mit gängigen Übertragungsprotokollen sowie über einen Betriebssystemkern für mit Umgebungsenergie betriebene Komponenten berichtet, der bei seinen Einplanungsentscheidungen die schwankende Energiezufuhr berücksichtigt. Die Planung von Echtzeitverhalten unterstützt eine Software-Bibliothek, die ebenso Ausbildungszwecken dient wie die in Entwicklung befindliche Programmierumgebung OpenPEARL, deren Konsistenzprüfungskomponente betrachtet wurde.

Gemäß dem Tagungsziel, den Blick auch immer auf aktuelle Echtzeitanwendungen zu richten, wurden Kontrollverfahren für die dynamische Kommunikation zwischen mobilen Hausautomatisierungsgeräten, eine Einheit zur Steuerung von Bewegungen mit sechs Freiheitsgraden in einem VR-System sowie Methoden der erweiterten Realität zur Navigation in Gebäuden präsentiert. Am Beispiel der Fernsteuerung von Heizungen wurde gezeigt, dass konsequente Trennung von Anwendungsbereichen mit und ohne Echtzeitanforderungen und Verwendung jeweils geeigneter Programmiersprachen zu besseren Lösungen führt. Weiterhin wurden ein Testbett für in der Raumfahrt eingesetzte und auf NAND-Flash-Speichern residierende Dateisysteme mit Redundanz sowie ein hierarchisch-asynchrones Zuteilungsverfahren für Mehrkernprozessoren vorgestellt, das die Software eingebetteter Systeme zur Laufzeit phasenabhängig rekonfiguriert.

Die nächste Fachtagung „Echtzeit“ wird am 16. und 17. November 2017 traditionsgemäß in Boppard am Rhein stattfinden. Bei besonderer Berücksichtigung von Datensicherheit und Datenschutz ist sie dem Leitthema „Logistik und Echtzeit“ gewidmet. Für nähere Einzelheiten der Vortragsanmeldung und -gestaltung sowie zum Nachwuchsförderungswettbewerb sei auf www.real-time.de verwiesen. Einsendeschluss für Vortragsanmeldungen ist der 24. April 2017.

Verleihung der Preise für den besten Tagungsbeitrag und die besten studentischen Abschlussarbeiten

PROF. DR. DR. WOLFGANG A. HALANG
Fakultät für Mathematik und Informatik,
FernUniversität Hagen, und Sprecher des
ITG-Fachausschusses 6.2 „Echtzeitsysteme“

5TH ITG INTERNATIONAL VACUUM ELECTRONICS WORKSHOP 2016

Vielfalt und Bedeutung der Vakuumelektronik

Im Physikzentrum Bad Honnef trafen sich am 8. und 9. September 2016 Expertinnen und Experten zum Austausch über die neuesten Entwicklungen im Bereich der Vakuumelektronik.

Teilnehmer des 5th ITG International Vacuum Electronics Workshop 2016 im Physikzentrum Bad Honnef

Insgesamt 45 Expertinnen und Experten haben sich am 8. und 9. September 2016 im Physikzentrum Bad Honnef getroffen, um auf dem „5th ITG International Vacuum Electronics Workshop 2016“ über die neusten Entwicklungen ihrer Spezialgebiete der Vakuumelektronik zu berichten und sich auszutauschen. Mit dem erfolgreichen fünften Workshop seiner Art hat sich eine alle zwei Jahre stattfindende Veranstaltungsreihe etabliert, die unter der fachlichen Leitung des ITG-Fachausschusses 8.6 „Vakuumelektronik und Displays“ steht und die Tradition der Kongressreihe „The Triennial ITG-Conference on Displays and Vacuum Electronics“ in Garmisch-Partenkirchen fortsetzt, die insgesamt zehnmal bis 2004 stattfand. Die eigene und eingeschränkte Spezifik der neuen Veranstaltungsreihe hat sich aus dem Umstand ergeben, dass die neusten Displaytechnologien immer weniger vakuumelektronisch basiert sind (Ausnahme: Field Emission Displays (FED), die aber in der Displaytechnik aus Kostengründen derzeit keine Anwendung finden).

Die Vielfalt und die Bedeutung der Vakuumelektronik in der Gegenwart lassen sich aus den Inhalten der sieben Sessions an den beiden Tagen des Workshops (Konferenzsprache Englisch) mit insgesamt 28 Vorträgen ableiten:

1. Vacuum Technologies, Plasma Applications and Electron Sources
2. Space Cs Clock and Vacuum Measurements
3. Gyrotrons (I)
4. Gyrotrons (II) and KATHRIN Experiment
5. Vacuum Interrupters
6. Arc Investigations, Gas Discharge Tube, HEMP-Thruster and Klystron
7. Traveling Wave Tubes (TWTs)

Einige wichtige Ergebnisse des Workshops sind nachfolgend zusammengefasst. Der Workshop startete mit einem Übersichtsvortrag von den historischen Anfängen bis zur neusten Elektronenquellenentwicklung mit thermischen und Feldemitter-Kathoden. Der angestrebte Übergang von der Glühemission zur Feldemission als vorherrschenden Emissionsmechanismus bleibt für die zukünftige Entwicklung in der Vakuumelektronik spannend, weil die damit verbundenen Möglichkeiten der extremen Miniaturisierung für bekannte und neue Anwendungen interessant sind, wie auf dem Workshop für die Vakuumdruckmessung und für THz-Quellen vorgestellt. Da die Lebensdauer von Feldemitter-Kathoden noch problematisch ist, werden in vielen vakuumelektronischen Bauelementen weiterhin Glühkathoden angewendet, die zudem stetig weiterentwickelt werden. Eine Alternative für Emissionsströme >1A sind Plasma-Elektronenquellen, die im FEP Dresden entwickelt und zum Beispiel für die Saatgutbehandlung mittels Elektronenstrahl eingesetzt werden.

Erfolgreich sind auch die Gyrotron-Entwicklungen einzuschätzen, die zum Beispiel Impulsleistungen von einigen Megawatt für die Plasma-Aufheizung von Fusionsexperimenten bereitstellen können, wie die Beiträge aus dem KIT von der Arbeitsgruppe Prof. Dr. J. Jelonnek eindrucksvoll zeigen. Auch die Vakuumschalter sind weiter auf dem Vormarsch, die Schutzschalter mit SF_6 als Isoliergas über den Bereich von 72 kV hinaus schrittweise zu ersetzen, was auch im Interesse des Umweltschutzes sinnvoll ist. Ein weiterer Höhepunkt des Workshops war die Vorstellung einer kleinen Cs-Atomuhr für den Einsatz in Satelliten. Mit den Vorträgen zu Satelliten-Senderöhren, Ionenantrieben (HEMP-Thruster) und kleinen Cs-Atomuhren wird deutlich, wie wichtig vakuumelektronische Bauelemente und Geräte insbesondere für die Raumfahrt sind. Zudem möchte ich die Vorträge zur Simulation von vakuumelektronischen Komponenten hervorheben, die eindrucksvoll zeigten, dass die Simulationsrechnungen ein unentbehrliches Hilfsmittel beim Entwurf von vakuumelektronischen Komponenten, insbesondere bei Hochleistungsröhren, geworden sind und maßgeblich zum Verständnis der Elektronenquellen-Konfigurationen, deren Wirkungen und ihrer Optimierung beitragen.

Zur Vertiefung der Fachproblematik Vakuumelektronik wird auf das Buch „Vacuum Electronics – Components and Devices“ (ISBN-10:

3540719288) verwiesen. Es wurde von den Herausgebern J. Eichmeier und M. Thumm als Nachschlagewerk und Lehrbuch konzipiert.

Der Fachausschuss dankt der ITG-Geschäftsführung und dem VDE Conference Service für die organisatorische Unterstützung, dem Team des Physikzentrums Bad Honnef, das im Hintergrund in bewährter Weise die optimalen Rahmenbedingungen für den Workshop abgesichert hat, und der Deutschen Vakuumgesellschaft.

Wir freuen uns schon auf den „6th International Vacuum Electronics Workshop 2018“ und laden alle Fachkollegen und Interessenten ein, am 6. und 7. 9. 2018 im Physikzentrum Bad Honnef am Gelingen des nächsten Vakuumelektronik-Workshops mitzuwirken bzw. teilzunehmen. Über den aktuellen Stand der Workshop-Vorbereitungen wird laufend auf der Homepage des ITG-Fachausschusses 8.6 „Vakuumelektronik und Displays“ informiert. Bis dahin wünschen wir allen Experten und Freunden der Vakuumelektronik viel Schaffenskraft und gutes Gelingen im fachlichen Sinne.

Das Workshop-Programm, alle Abstracts und die Vortragsfolien stehen auf der Homepage des FA 8.6 zur Verfügung: www.ihe.kit.edu/kooperationen_itg.php

DR.-ING. WOLFRAM KNAPP
Workshop-Chairman und Sprecher des ITG-Fachausschusses 8.6 „Vakuumelektronik und Displays“

AUDITORISCHE IMPLANTATE: KODIERUNGSSTRATEGIEN UND PERZEPTION

Aktuelle Entwicklungen auditorischer Implantate

Die diesjährige Herbstsitzung der ITG-Fachgruppe „Audiologische Akustik“ am 7. und 8. September 2016 in Würzburg fokussierte den aktuellen Stand, neue Entwicklungen und mögliche zukünftige Kodierungsstrategien für auditorische Implantate.

Moderne Cochlea-Implantate (CI) ermöglichen den CI-Trägern ein ausreichendes Sprachverstehen in den meisten Hörsituationen des Alltags. Eine wesentliche Rolle spielt hierbei die Kodierung der akustischen Information (insbesondere Frequenz und Pegel) in elektrische Pulse. Hierzu wurden in der Vergangenheit unterschiedliche Strategien entwickelt. Trotz großer technischer Fortschritte in den vergangenen Jahrzehnten bestehen bei der elektrischen Anregung noch immer zahlreiche Einschränkungen. Insbesondere in Situationen mit hohem Störgeräuschpegel ist das Sprachverstehen deutlich eingeschränkt. Aktuelle Bestrebungen zielen auf die Verbesserung des Sprachverstehens und der Klangwahrnehmung mit CI-Systemen. In der diesjährigen Herbstsitzung der ITG-Fachgruppe „Audiologische Akustik“ wurden der aktuelle Stand, aktuelle Entwicklungen und mögliche zukünftige Kodierungsstrategien am 7. und 8. September in Würzburg diskutiert. Die Sitzung wurde von Prof. Dr. Andreas Bahmer (Würzburg) und Prof. Dr. Ulrich Hoppe (Erlangen) organisiert.

Bild: © abhijith3747 – Fotolia

Mögliche Kodierungsstrategien für das Cochlea-Implantat standen auf der Agenda der Herbstsitzung der ITG-Fachgruppe „Audiologische Akustik“.

Zunächst wurden modellbasierte und physiologisch inspirierte Kodierungsstrategien für auditorische Implantate von A. Bahmer und N. Dillier (Zürich) vorgestellt. Die Personalisierung der Strategie stand im Beitrag von W. Nogueira (Hannover) im Vordergrund. Die aktuellen Entwicklungen der CI-Hersteller wurden ebenfalls beleuchtet. Schwerpunkt des zweiten Tages war die Vokalperzeption und Verbesserung der spektralen Auflösung (T. Jürgens, Oldenburg). Neben der Vokalerkennung soll dadurch auch die Musikwahrnehmung verbessert werden. Einen Ausblick auf binaurale CI-Systeme gaben A. Wijetlake und C. Wirtz (beide München).

Wieder einmal zeichnete sich die Sitzung durch eine sehr diskussionsfreudige Atmosphäre aus. Besonders interessant waren jedoch der direkte klinische Bezug und die Präsentation der ersten Ergebnisse von Messungen zur Psychoakustik und zum Sprachverstehen mit Cochlea-Implantat-Trägern.

PROF. DR.-ING. DR. ULRICH HOPPE
Leiter Audiologische Abteilung und CI Centrum CICERO Hals-Nasen-Ohrenklinik, Universitätsklinikum Erlangen und Leiter der ITG-Fachgruppe 4.2.1 „Audiologische Akustik“.

28. INTERNATIONALE KONFERENZ ITC 28

Blick in die digitale vernetzte Welt

Vom 12. bis 16. September 2016 fand in Würzburg die 28. internationale Konferenz ITC 28 mit dem Fokus „Digital Connected World“ statt. Die ITC 28 wurde unterstützt von dem VDE-ITG-Fachausschuss 5.2 „Kommunikationsnetze und -systeme“ sowie der IEEE Communications Society und ACM SIGCOMM.

Die ITC ist die erste internationale Konferenz zum Thema „Networking Science & Practice“, die seit 1955 stattfindet und die Evolution der Kommunikation und Netze begleitet. Der Fokus lag zunächst bei den theoretischen Grundlagen und technischen Herausforderungen bei der Planung und dem Betrieb von großen Telekommunikationsnetzen. Die digitale vernetzte Welt, das Internet und der Fortschritt der Kommunikation und Netze verändert die Welt, in der wir leben. Die 28. Ausgabe der ITC widmete sich daher klassischen und aktuellen Themen zur digitalen vernetzten Welt, die die neuesten Entwicklungen in Design, Modellierung und Leistungsbewertung von Kommunikationssystemen, Netzwerken und Diensten widerspiegelt, zum Beispiel Cloud-Dienste und Datenzentren, Virtualisierung und programmierbare Netze, Caching und informationszentrierte Netze.

Die ITC 28 wurde unter anderem von Phuoc Tran-Gia und den FA-5.2-Mitgliedern Tobias Hoßfeld und Andreas Timm-Giel mitorganisiert und fand vom 12. bis 16. September 2016 in Würzburg statt. Am Vortag zur Hauptkonferenz fand zunächst ein Workshop zur „Programmability for Cloud Networks and Applications“ sowie ein Treffen des ITC-Steuerungsausschusses unter Leitung von Michela Meo statt. Der Hauptredner des ersten Tages war Nikhil Jain (Qualcomm Technologies), der die Herausforderungen und Möglichkeiten des „Internet of Everything“ aufzeigte. Im Anschluss fanden technische Sitzungen der angenommenen Beiträge in zwei parallelen Tracks statt. Am Abend wurden die Teilnehmer im Wenzelsaal des Rathauses Würzburg bei einem Glas Silvanerwein begrüßt und zu einer Führung durch das schöne Würzburg eingeladen.

Prof. Dr.-Ing. Phuoc Tran-Gia (Universität Würzburg) eröffnete die ITC 28.

Neu bei der diesjährigen ITC waren zum einen die Einführung von Demo-Beiträgen und zum anderen die Strukturierung in fachliche Bereiche, die von Area Chairs geleitet wurden, um so exzellente Beiträge und Experten-Gutachten einzuholen. Aus den aktiven Mitgliedern der ITG-5.2-Fachgruppen leiteten beispielsweise Thomas Bauschert den Bereich „Network Design and Optimization“ und Thomas Zinner den Bereich „Next Generation and Future Internet Architectures“. Durch diese Neuerungen konnte die Anzahl der Einreichungen deutlich gesteigert werden und 108 Einreichungen gewonnen werden, von denen 37 Beiträge und sechs Demo-Kurzbeiträge angenommen wurden. Die Autoren der angenommenen Beiträge kamen aus folgenden Regionen: 28 Prozent aus den USA und Kanada, 61 Prozent aus Europa, acht Prozent aus Asien/Pazifik, drei Prozent aus Lateinamerika. Insgesamt nahmen 117 Teilnehmer aus aller Welt an der Tagung teil und diskutierten rege in den Sitzungen.

Den Mittwoch eröffnete Wolfgang Kellerer als Hauptsprecher des Tages, der die Notwendigkeit der flexiblen Vernetzung in sich dynamisch ändernden Netzen aufzeigte und verschiedene Lösungsansätze zur technischen Realisierung, aber auch zur methodischen Untersuchung vorstellte. Neben den technischen Sitzungen wurden am Nachmittag die Demo-Beiträge live vorgestellt. Dies führte zu regem Interesse beim Publikum, die wissenschaftlichen Arbeiten in Proof-of-

v. l.: Keynotes von Dr. Nikhil Jain (Vice President of Technology, Qualcomm Technologies, Inc.): „Internet of Everything: Engineering Challenges and Opportunities“ sowie von Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Kellerer (Technische Universität München): „Towards flexible networking in dynamically changing environments“

Concept-Implementierungen zu sehen. Am Abend wurden die Teilnehmer zu einer Führung durch die barocke Würzburger Residenz mit dem weltberühmten Deckenfresko im Treppenaufgang eingeladen. Im Anschluss fand das Konferenzdinner im Gartensaal der Residenz statt. Dabei wurde der Arne Jensen Lifetime Award an Phuoc Tran-Gia verliehen, um seine Verdienste in der Forschung zur Verkehrsmodellierung und Leistungsbewertung von Kommunikationsnetzen sowie sein Engagement in der Wissenschaftsgemeinde zu ehren.

Die Vielfältigkeit der Teilnehmer zeigte sich auch bei einem Überraschungskonzert in der Residenz, wobei Peter Reichl (Gesang und Klavier) sowie Markus Fiedler am Klavier das Publikum begeisterten. Dabei wurde insbesondere auch ein von Eitan Altman komponiertes Stück vorgetragen. Eitan Altman war Hauptredner am letzten Tag der Hauptkonferenz und zeigte die Anwendung der Spieltheorie zur Analyse von Wettbewerb im Internet auf.

Zum Abschluss der Tagung wurden Preise für die herausragenden Einreichungen der ITC 28 verliehen. Der ITC 28 Best Paper Award ging an das Paper „Access-time Aware Cache Algorithms“, bei dem Forscher aus Akademie und Industrie (INRIA, EURECOM, Akamai Technologies und University of Verona) eine neue Strategie entwickelten und deren Leistungsfähigkeit zeigten. Die Autoren sind Giovanni Negli, Damiano Carra, Mingdong Feng, Vaishnav Janardhan, Pietro Michiardi, Dimitra Tsigkari. Gewinner des ITC 28 Best Student Paper Award war Robert Bauer zusammen mit Martina Zitterbart (Karlsruher Institut für Technologie) für die Arbeit „Port Based Capacity Extensions (PBCEs): Improving SDNs Flow Table Scalability“. Der ITC 28 Best Demo Award wurde an Zubair Shaik, Andreas Puschmann, Andreas Mitschele-Thiel (TU Ilmenau) für den Beitrag „Self-Optimization of Software Defined Radios Through Evolutionary Algorithms“ verliehen.

Gewinner der ITC Student Travel Grants, die vom ITC an Doktoranden zur finanziellen Unterstützung verliehen werden.

Am Freitag nach der Hauptkonferenz fanden noch zwei Workshops statt zum Thema „Quality of Experience Centric Management (QCMan)“ sowie zu „Quality Engineering for a Reliable Internet of Services“. Auch der Fachausschuss 5.2 tagte während der ITC zur strategischen Ausrichtung und der Zukunft der Netze sowie der Organisation der 15. Fachtagung im Bereich der Kommunikationsnetze und -systeme.

Nähere Informationen sowie einen detaillierten Bericht zur ITC 28 unter: http://itc28.org bzw. http://itc-conference.org

PROF. DR. TOBIAS HOSSFELD
Lehrstuhl für Modellierung adaptiver Systeme, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften der Universität Duisburg-Essen

ITG-FACHGRUPPE 5.3.1

WORKSHOP „MODELLIERUNG UND SIMULATION PHOTONISCHER KOMPONENTEN UND SYSTEME“

Im Rahmen von regelmäßig stattfindenden Workshops treffen sich Vertreter der einschlägigen Industrieunternehmen sowie der auf dem Gebiet der optischen Nachrichtentechnik tätigen Hochschulen und Forschungseinrichtungen zum intensiven Erfahrungsaustausch. Diese Workshops werden abwechselnd von den Mitgliedern der Fachgruppe organisiert und bieten ein Forum zur Diskussion aktueller Fragestellungen der optischen Übertragungstechnik. Zwei halbtägige Vortragsblöcke bieten besonders auch jungen Nachwuchswissenschaftlern die Möglichkeit, ihre aktuellen Forschungsergebnisse zu präsentieren und diese mit Fachleuten aus Industrie und Wissenschaft zu diskutieren.

Der nächste Workshop ist für Donnerstag, den 16., und Freitag, den 17. Februar 2017 geplant. Das Treffen wird am Lehrstuhl für Nachrichtentechnik der Technischen Universität München stattfinden. Vorschläge für Beiträge können direkt an den Organisator unter norbert.hanik@tum.de eingereicht werden.

Interessenten können sich für die E-Mail-Verteilerliste der Fachgruppenworkshops unter https://lists.fau.de/cgi-bin/listinfo/itg531-workshop registrieren oder wenden sich bitte an den Leiter der Fachgruppe unter der E-Mail-Adresse: Bernhard.Schmauss@fau.de.

FREQUENZVERWALTUNG 5G

Funkfrequenzen für die 5. Mobilfunkgeneration und deren Zuweisungsverfahren

Mit 5G steht die nächste Generation des Mobilfunks in den Startlöchern und schon sind erste Aktivitäten und Initiativen seitens Industrie und Forschung zu verzeichnen. Mit der Etablierung der 5G-Technologie ergeben sich neue Anwendungen und Herausforderungen, die kreative Ansätze erfordern.

Seit etwa fünf Jahren wird über die neue Mobilfunkgeneration (5G) diskutiert, inzwischen hat die konkrete Standardisierungsphase begonnen. Die neue Mobilfunkgeneration ist gekennzeichnet durch nahezu universelle Einsatzbarkeit zur Abdeckung aller möglichen Anwendungsfälle. Dies geht weit über die bisher durch 4G angebotenen Leistungsmerkmale hinaus. Um diese Leistungsmerkmale zu realisieren, sind im Vergleich zu 4G fundamentale Erweiterungen notwendig. Zurzeit werden drei konkrete Anwendungsfelder betrachtet [1]:

- mobile Breitbandanwendungen mit sehr hohen Datenraten;
- Maschinenkommunikation (M2M, IOT) mit sehr geringen Datenraten;
- sehr zuverlässige Mobilfunkverbindungen mit geringen Latenzzeiten (Steuerung von autonomen Fahrzeugen, Kommunikation zwischen Fahrzeugen (V2V, V2X), Kommunikation der Sicherheitsbehörden, Taktiles Internet (Fernmedizin).

Mobilfunknetze, die diese Anforderungen erfüllen sollen, müssen die vorhandenen Ressourcen flexibel und optimal nutzen. Wesentliche Ressourcen dabei sind:

- **Spektrum, Frequenzen**: als Übertragungsmedium der Funkwellen. Für die geforderten extremen Datenraten und die damit notwendigen hohen Bandbreiten müssen hohe Frequenzen über 6 GHz bis ca. 100 GHz bereitgestellt werden.
- **Fläche**: Die prognostizierten Teilnehmerzahlen und hohen Datenraten können nur mit einer optimalen Netzstruktur (HetNet), d.h. gemischten Zellenstrukturen (Pico-, Mikro- und Makrozellen, ggf. Satellitenzellen), erreicht werden. Dabei liegt der Schwerpunkt (insbesondere für Ballungsgebiete) bei den Pico- und Femtozellen. Für die Ressource „Fläche“ sind zwei unterschiedliche Aspekte zu berücksichtigen:
  - flächendeckende Funkversorgung mit hohen Datenraten, auch an den Zellengrenzen;
  - Anzahl der Basisstationsstandorte.
- **Übertragungsprotokoll**: Für die effiziente Maschinenkommunikation bestehen ganz andere Anforderungen. Für extrem viele Funkverbindungen mit teilweise sehr geringen Datenraten (manchmal nur wenige Bits/a) muss insbesondere die Ressource „Protokollebene“ optimiert werden, aber es bestehen auch sehr hohe Anforderungen an die Funkversorgung (Inhaus, Keller, Tiefgaragen etc.). Weiterhin gibt es auch sehr hohe Anforderungen an die Energieversorgung der Endgeräte (ca. zehn Jahre).
- **Netzstruktur**: Zur Realisierung von sicherheitsrelevanten Funkverbindungen mit sehr geringer Latenzzeit werden neue Netzstrukturen notwendig, insbesondere um kurze Wege zwischen Datenquelle und dem Endnutzer zu erreichen.

Zwischen all diesen natürlichen Ressourcen (Spektrum, Frequenzen, Fläche, Übertragungsprotokoll, Netzstruktur etc.) bestehen Wechselwirkungen, eine nichtoptimale Nutzung einer Ressource (zum Beispiel zu wenig Standorte, schlechte Protokollstruktur) hat eine stärkere Nutzung der anderen Ressourcen (zum Beispiel Frequenzen) zur Folge. Eine optimale Regulierung müsste daher alle genutzten Ressourcen berücksichtigen. Hier liegt noch Potenzial, die meisten internationalen Verwaltungen konzentrieren

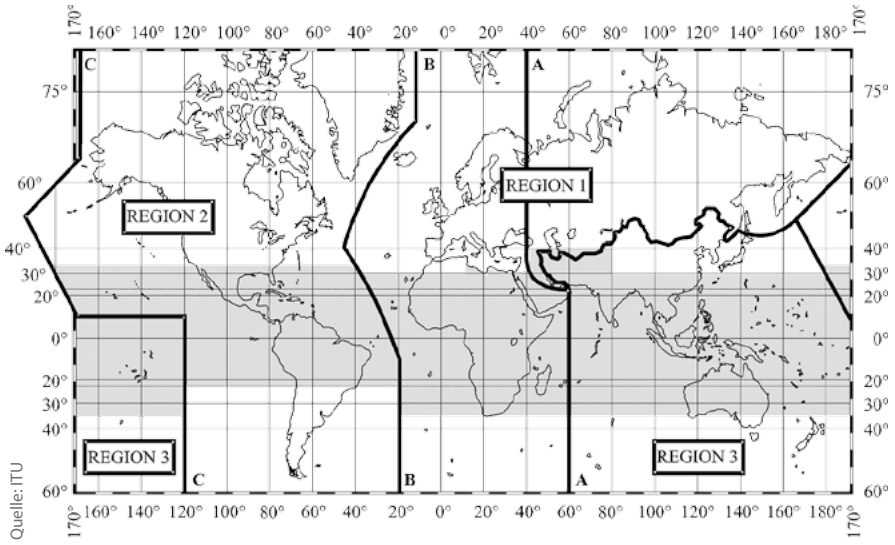


Bild 1: Von der ITU festgelegte Regionen R1, R2 und R3

sich auf die Kernressource „Frequenz“ und vernachlässigen dabei die anderen Ressourcen.

Verfahren und Gremien der Frequenzzuweisung

Die Frequenzverwaltung findet auf unterschiedlichen Ebenen statt:

1. Global (ITU, WRC)
Globale Regelungen für die Nutzung von Frequenzen sind in der ITU-Vollzugsordnung für den Funkdienst (RR, Radio Regulations) enthalten. Die Vollzugsordnung enthält Definitionen, Regelungen sowie die internationale Frequenztabelle. In der Vollzugsordnung ist die Welt in drei Regionen aufgeteilt (s. Bild 1):

- R1: Europa/Afrika/Russland,
- R2: Nord- und Südamerika sowie
- R3: Asien und Ozeanien.

Das gesamte nutzbare Spektrum (von 8,3 kHz bis 275 GHz) ist 41 unterschiedlichen Funkdiensten (zum Beispiel Mobiler Funkdienst, Fester Funkdienst etc.) zugeordnet. Für den Bereich 275 GHz bis 3000 GHz gibt es einige grundlegende Regelungen, insbesondere zum Schutz passiver Dienste. Darüber hinaus enthält die Vollzugsordnung für den Funkdienst noch (nichtbindende) Einträge für besondere Funkanwendungen. Für den Bereich des Mobilfunks sind dies die Fußnoten zu IMT. IMT ist die ITU-Bezeichnung für global harmonisierte Mobilfunkanwendungen der dritten, vierten und fünften Mobilfunkgeneration. Die für IMT vorgesehenen Frequenzbereiche enthalten eine IMT-Fußnote, wobei die so gekennzeichneten Frequenzbereiche nicht immer global harmonisiert sind, sondern manchmal nur bestimmte ITU-Regionen (R1, R2, R3) betreffen, manchmal nur bestimmte Länder oder in besonderen Fällen auch nur ein Land betreffen. Diese internationale Frequenztabelle wird alle drei bis fünf Jahre durch eine WRC (World Radiocommunication Conference) überarbeitet, basierend auf einer Tagesordnung, die schon mehrere Jahre vorher festgelegt wurde (durch die vorhergehende WRC). Die Vollzugsordnung für den Funkdienst hat Vertragscharakter für die ITU-Mitgliedsstaaten und regelt die grenzüberschreitenden Auswirkungen von nationalen Funkanwendungen. Frequenznutzungen, die keine grenzüberschreitenden Auswirkungen haben, können auch im Widerspruch zur Vollzugsordnung für den Funkdienst genutzt werden.

2. Regional (Regionale Organisationen)
Es gibt sechs große regionale Organisationen, die die Arbeit der ITU mitgestalten:

- für Westeuropa ist dies die CEPT (European Conference of Postal and Telecommunications Administrations) mit 48 Mitgliedsstaaten,
- für Nord- und Südamerika und die Karibik die CITEL (Inter-American Telecommunication Commission) mit 35 Mitgliedsstaaten,
- für Afrika die ATU (African Telecommunications Union) mit 44 Mitgliedsstaaten,
- für die arabischen Staaten die ASMG (Arab Spectrum Management Group) mit 22 Mitgliedsstaaten,
- für Osteuropa die RCC (Regional commonwealth in the field of communications) mit elf Mitgliedsstaaten,
- für Asien und Ozeanien die APT (Asia-Pacific Telecommunity) mit 38 Mitgliedsstaaten.

In Bild 2 ist zu erkennen, dass es für Region 2 (CITEL) und für Region 3 (APT) jeweils nur eine regionale Organisation gibt. In Region 1 ist das anders, hier gibt es vier unterschiedliche Organisationen (CEPT, ATU, RCC und ASMG). Dadurch wird die regionale Abstimmung komplexer, zeitaufwendiger und wesentlich schwieriger als in den beiden anderen Regionen. Hinzu kommen weitere strukturelle Besonderheiten. Zwischen CEPT und RCC besteht eine Doppelmitgliedschaft von fünf Ländern (Aserbaidschan, Weißrussland, Georgien, Moldawien, Russland). Hinzu kommt, dass 28 (27) Länder der CEPT auch EU-Mitglieder sind. Hier versucht die Europäische Kommission zunehmend, Einfluss auf die europäische Frequenzpolitik zu nehmen.

In der Region 1 besteht daher ein enormer Abstimmungsbedarf, der naturgemäß zu zeitlichen Verzögerungen bei der regionalen Abstimmung führt. In besonders schwierigen Fällen kann es auch dazu kommen, dass kein Kompromiss gefunden werden kann. Dies führt dann zu äußerst schwierigen Verhandlungspositionen bei internationalen Tagungen und bei WRCs, die dann auch durch Vertreter der anderen Regionen zu ihrem Vorteil genutzt werden können.

3. National
Die nationale Frequenzverwaltung erfolgt in Deutschland für rein zivile und gemischte (zivil/militärisch) Frequenzbereiche durch das BMVI und für rein militärische Frequenzbereiche durch das BMVg. Für die gemischten (zivil/militärisch) Frequenzbereiche findet eine intensive Abstimmung zwischen den beiden Ministerien statt. In fast allen Bereichen werden die globalen und regionalen Empfehlungen national umgesetzt, nur in besonderen Ausnahmefällen sind nationale Abweichungen vertretbar. Insbesondere bei landesweiten Anwendungen (wie zum Beispiel dem Mobilfunk) ist

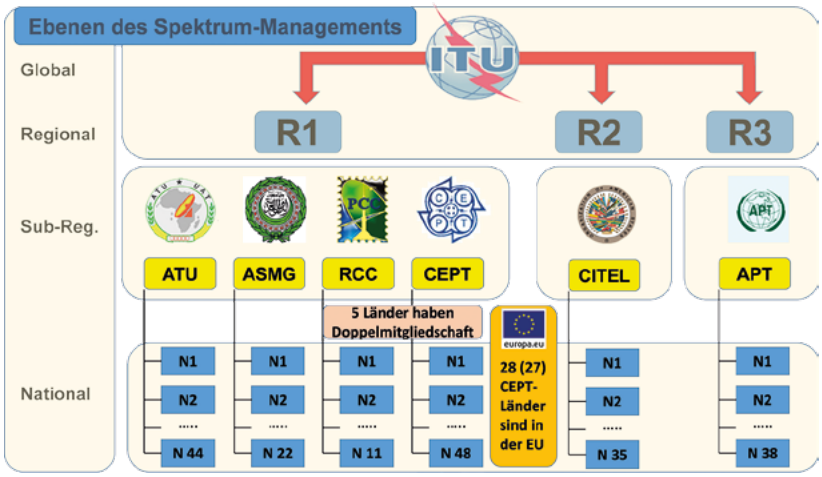


Bild 2: Ebenen des Spektrum-Managements

ITU (IMT-Bänder) [2, 3]	CEPT (MFCN-Bänder) [4]
450 – 960 MHz	
	694 – 862 MHz
	880 – 915 MHz
	925 – 960 MHz
1427 – 1518 MHz	1452 – 1492 MHz
1710 – 2025 MHz	
	1710 – 1785 MHz
	1805 – 1880 MHz
	1900 – 1980 MHz
	2010 – 2025 MHz
2110 – 2200 MHz	2110 – 2170 MHz
2300 – 2400 MHz	2300 – 2400 MHz
2500 – 2690 MHz	2500 – 2690 MHz
3300 – 3700 MHz	3400 – 3800 MHz
4800 – 4990 MHz	

Tabelle 1: ITU-IMT-Bänder und MFCN-Bänder in der CEPT

IMT-Kandidatenbänder mit Mobilfunkzuweisung	IMT-Kandidatenbänder ohne Mobilfunkzuweisung
24,25 – 27,50 GHz	
	31,80 – 33,40 GHz
37,00 – 40,50 GHz	
	40,50 – 42,50 GHz
42,50 – 43,50 GHz	
45,50 – 47,00 GHz	
	47,00 – 47,20 GHz
47,20 – 50,20 GHz	
50,40 – 52,60 GHz	
66,00 – 76,00 GHz	
81,00 – 86,00 GHz	

Tabelle 2: IMT-Kandidatenbänder der WRC-19

es notwendig, die internationalen Vorgaben einzuhalten, da sonst in Grenzzonen keine Frequenznutzung (und somit keine Funkversorgung) möglich wäre. Selbst bei landesweiten Frequenznutzungen, die konform mit den globalen oder regionalen Empfehlungen sind, ist es notwendig, in den Grenzzonen besondere Vereinbarungen zur Frequenznutzung zu treffen. Dabei werden die Ressourcen „Frequenz“ und/oder die Ressource „Code“ (bei CDMA-Anwendungen) zwischen den beteiligten Ländern (zwei bis vier, je nach Frequenzbereich) und zwischen den beteiligten Netzbetreibern (in Deutschland zurzeit drei) entsprechend aufgeteilt.

Bereits für IMT identifizierte Bänder

Grundsätzlich können alle Bänder für den Mobilfunk genutzt werden, die in der Vollzugsordnung für den Funkdienst eine Zuweisung an den Mobilfunkdienst haben. Bei den flächendeckenden zellularen Mobilfunknetzen ist es aber aus unterschiedlichen Gründen (globaler Warenverkehr, Nutzung im Bereich der nationalen Grenzen) sinnvoll, die global für den Mobilfunk identifizierten Frequenzbereiche (IMT) zu nutzen. Die ersten Frequenzen (1885–2025 MHz, 2110–2200 MHz) für die 3. Mobilfunkgeneration wurden bereits 1992 durch die WARC (World Administrative Radio Conference) festgelegt. In den Jahren seit 1992 kamen bei fast jeder WRC neue Frequenzen hinzu. Aktuell sind die in Tabelle 1 (linke Spalte) genannten Bänder (nicht exklusiv) in der Vollzugsordnung für den Funkdienst für IMT (3., 4., 5. Mobilfunkgeneration) vorgesehen. Dabei sind diese IMT-Bänder mit zahlreichen Fußnoten versehen, die die Nutzung der meisten Bänder auf bestimmte Regionen oder Länder begrenzen und auch weitere regulatorische Rahmenbedingungen für diese Bänder festlegen. In Spalte 2 der Tabelle 1 sind die in der CEPT für MFCN (Mobile Fixed Communication Network) identifizierten Bänder aufgelistet. Es ist zu sehen, dass in der CEPT in den meisten Fällen Teilmengen der ITU-IMT-Bänder für MFCN genutzt werden (bedingt durch Schutzbänder, Duplexlücken, FDD-Sende-/Empfangspaarung, oder wegen der Nutzung durch andere Anwendungen bzw. Funkdienste). Der Frequenzbereich 3700 – 3800 MHz wird in der CEPT für MFCN genutzt, obwohl er in der ITU keine IMT-Fußnote enthält. Das in der ITU (für einige Länder) festgelegte Band 4800 – 4990 MHz wird in der CEPT nicht genutzt.

Bänder der WRC-19

Lizensierte Bänder

Durch die WRC-15 wurde die Tagesordnung für die WRC-19 entwickelt. Diese enthält auch einen Tagesordnungspunkt (1.13), der die Untersuchung von Frequenzbereichen zwischen 24,25 GHz und 86 GHz vorschlägt [2]. Enthalten sind acht Bänder, die nur eine IMT-Fußnote benötigen, da sie bereits eine Mobilfunkzuweisung enthalten, während drei weitere Bänder eine Mobilfunkzuweisung und eine IMT-Fußnote benötigen (siehe Tabelle 2). Diese Bänder werden bis zur WRC-19 studiert. Die WRC-19 wird dann voraussichtlich Teile dieser Bänder für IMT festlegen.

Lizenzfreie Bänder

Für diese Bänder sind zwei unterschiedliche Nutzungsmöglichkeiten vorgesehen:

- „Offloading“ von Datenverkehr zu WiFi sowie
- Nutzung von WiFi-Frequenzen (2,5 GHz und 5 GHz) durch 4G/5G mit neuen Lizenzierungsverfahren (LAA bzw. LSA). Hierzu müssen die 4G/5G-Standards so angepasst werden, dass sie mit anderen Anwendungen im Frequenzbereich koexistieren können.

Auch bei 3GPP werden überwiegend Bänder (Frequenzregelungen, frequency arrangements) in die Spezifikationen aufgenommen, die durch die ITU für IMT identifiziert wurden. So sind von den bisher 51 3GPP-Bändern nur sechs Bänder (oder Teile dieser Bänder) nicht durch die ITU für IMT fixiert. Eines dieser sechs Nicht-IMT-Bänder ist Band 46 (5150–5950 MHz), vorgesehen für die Nutzung durch 4G/5G unter LAA-Bedingungen.

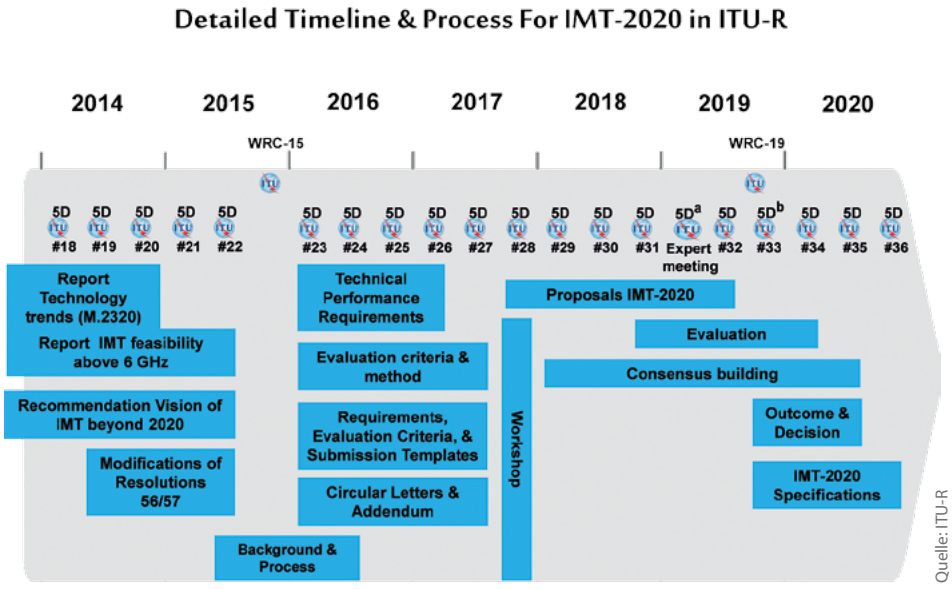
Die Erweiterung auf die WiFi-Bänder bietet eine enorme Kapazitätserweiterung, da insbesondere im 5-GHz-Bereich mehrere hundert MHz an Spektrum verfügbar sind.

Zeitlicher Ablauf der 5G-Standardisierung und Einführung

Die Arbeiten zu 5G begannen bereits vor ca. fünf Jahren. Zahlreiche Forschungsvorhaben erforschten grundlegende Rahmenbedingungen für einen 5G-Standard (zum Beispiel METIS 1). In der ITU (WP5D) wurde ab 2012 an den Rahmenbedingungen (zeitlicher Ablauf, prozedurale Handhabung, Vorstudien etc.) gearbeitet. Global harmonisierte Standards mit dem Label „IMT“ (durch die ITU anerkannt) werden in einer ITU-R-Empfehlung veröffentlicht. Für 3G ist dies die Empfehlung ITU-R M.1457, für 4G die Empfehlung ITU-R M.2012, für 5G wird eine neue Empfehlung entwickelt. Die durch die ITU entwickelten Rahmenbedingungen sind für die Entwickler der 5G-Standards verbindlich. In Bild 3 ist der aktuelle Stand der Arbeits- und Zeitpläne der ITU dargestellt.

Gemäß diesem Zeitplan werden bis Ende 2017 noch zahlreiche Dokumente (ITU-R-Berichte und ITU-R-Empfehlungen) erarbeitet und Evaluierungs-Kriterien und -Methoden entwickelt. Ab Ende 2017 bis Mitte 2019 können die Vorschläge für die Standards eingereicht werden, von Ende 2018 bis Anfang 2020 erfolgt die Evaluierung und Konsensbildung. Ab Ende 2019 sind konkrete Ergebnisse, Entscheidungen und die IMT-Spezifikationen fertig entwickelt. Als Problembereiche können hier identifiziert werden, dass:

- Standards und Evaluierungskriterien gleichzeitig entwickelt werden;
- Vorschläge zu den Standards bis Mitte 2019 eingereicht werden müssen, die Entscheidungen zu Frequenzen aber erst Ende 2019 erfolgen, erst ca. ein Jahr später in Kraft treten und die zeitliche Verfügbarkeit dieser Bänder sich je nach Band um weitere Jahre verzögern kann;
- Bänder, die bereits in verschiedenen Forschungsprojekten favorisiert wurden (zum Beispiel 27,50–29,50 GHz), durch die ITU nicht berücksichtigt wurden;
- sich bisher kein global harmonisierter Frequenzbereich identifizieren lässt;
- es wahrscheinlich regional unterschiedliche Prioritäten bei den 5G-Frequenzen geben wird: USA und Korea: 27,50–29,50 GHz, Europa: 3,4–3,8 GHz und 24,25–27,50 GHz, Japan: 3,6–4,2 GHz, 4,4–4,9 GHz sowie 27,50–29,50 GHz [5].



Quelle: ITU-R

Bild 3: ITU-R Zeit- und Ablaufpläne zu 5G

Fazit

Die durch die ITU-R festgelegten Arbeits- und Zeitpläne für die Entwicklung von 5G (bis zum Jahr 2020) waren bereits sehr zeitkritisch definiert. Trotzdem werden jetzt (aus kommerziellen Gründen) von zahlreichen Akteuren (Herstellern, Netzbetreiber und Verwaltungen) noch frühere Termine propagiert. So haben bereits mehrere Hersteller fertige 5G-Systeme für Mitte 2017 angekündigt, obwohl die endgültigen 5G-Kriterien erst Ende 2017 durch die ITU-R festgelegt werden. Auch die Frequenzen oberhalb von 6 GHz werden erst Ende 2019 durch die WRC-19 ausgewählt, die Entscheidungen der WRC-19 treten frühestens in 2020 in Kraft. Aus dieser Situation heraus können unterschiedliche (nicht harmonisierte Entwicklungen) entstehen, die als kritisch anzusehen sind.

Eine ähnliche Entwicklung ist bei den Frequenzen zu sehen. Die Verfügbarkeit von im Frequenzbereich passenden und auch ausreichenden Spektrum scheint unkritisch zu sein, jedoch geben die regional unterschiedlichen Prioritäten und die fehlenden Bemühungen, global harmonisierte Frequenzbereiche zu finden, Anlass zur Sorge. Eine solche Entwicklung kann auch den bisher sehr erfolgreichen Ansatz der globalen Harmonisierung von Frequenzbereichen (über die IMT-Fußnoten) im Grundsatz gefährden. Auch hier sind die europäischen Frequenzverwaltungen gefordert, da insbesondere in Regionen mit zahlreichen Ländern (wie CEPT und ATU) harmonisierte Frequenzbereiche große wirtschaftliche Vorteile bieten.

PROF. DR.-ING. ROLAND GABRIEL
Senior Director Solutions R&D, KATHREIN-Werke

PETER SCHEELE
peter.scheele@web.de

REFERENZEN

[1] Recommendation ITU-R M.2083: IMT Vision – „Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond“ (http://www.itu.int)

[2] Final Acts WRC-15, World Radiocommunication Conference (2015) (http://www.itu.int)

[3] Recommendation ITU-R M.1036-5 (10/2015): Frequency arrangements for implementation of the terrestrial component of International Mobile Telecommunications (IMT) in the bands identified for IMT in the Radio Regulations (http://www.itu.int)

[4] ECO Report 03 Information (http://www.efis.dk/views2/report03.jsp)

[5] Joe Barrett: Global spectrum situations for 5G and positioning by countries (http://gsacom.com/global-spectrum-situations-5g-positioning-countries)

SUB-MILLIMETER COMMUNICATIONS

Potenzial der THz-Kommunikation

Im THz-Frequenzbereich ab 275 GHz existieren riesige Bandbreiten, mit denen Datenraten von 100 Gbit/s in Zukunft realisiert werden können. Erste Demonstratoren sind verfügbar und in der Standardisierung und Regulierung wird der Weg für zukünftige Kommunikationssysteme vorbereitet.

Der Bedarf an immer größeren Datenübertragungsraten ist ungebrochen. Schätzungen gehen davon aus, dass bereits um das Jahr 2020 Funkübertragungen mit 100 Gbit/s benötigt werden. Prinzipiell, gibt es drei Möglichkeiten, dies zu erreichen:

1. Durch eine Steigerung der spektralen Effizienz, mit beispielsweise fortschrittlichen Fehlerschutzverfahren, können mehr Amplitudenstufen und damit mehr Bits in der gleichen Zeit übertragen werden.
2. Ein geschicktes Ausnutzen der Mehrwegeausbreitung mit mehreren Sende- und Empfangsantennen („MIMO“) steigert die Übertragungskapazität.
3. Größere Bandbreiten ermöglichen die Übertragung einzelner Bits in kürzeren Zeitintervallen.

Die ersten beiden Möglichkeiten wurden und werden intensiv genutzt, allerdings nimmt die Komplexität in steigendem Maß zu. Für die einfache Alternative, größere Bandbreiten, besteht das Problem, einen Frequenzbereich zu finden, in dem „Platz“ ist. In den Diskussionen für Frequenzen für 5G, die nächste Generation des Mobilfunks, kann verfolgt werden, wie schwierig dies schon für „schmale“ Bänder von ein paar hundert Megahertz ist. Genau hier bietet die THz-Kommunikation Potenzial mit den „verfügbaren“ Bandbreiten in der Größenordnung von 50 GHz und mehr.

Die Freiraumdämpfung ist allerdings schon bei 300 GHz so groß, dass selbst für kurze Distanzen von rund zehn Metern der Einsatz von hoch richtenden Antennen unumgänglich wird. Zusätzlich stellen Wände ein unüberwindbares Hindernis dar, wohingegen optisch undurchlässige Plastikgehäuse leicht durchdrungen werden. Diese räumlichen Beschränkungen machen den THz-Bereich vor allem für kurze Übertragungsstrecken interessant und eröffnen die Möglichkeit, selbst innerhalb eines Raums und erst recht innerhalb eines Gebäudes eine Vielzahl von Übertragungen im selben Frequenzbereich zu realisieren.

300-GHz-Demonstratoren

In den vergangenen Jahren ist eine Reihe von Veröffentlichungen für Übertragungen im THz-Frequenzbereich erschienen. Im Kooperationsprojekt TERAPAN haben beispielsweise die Universität Stuttgart, das Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik und die Technische Universität Braunschweig einen auf InGaAs-Technologie basierenden Demonstrator vorgestellt, der bei 300 GHz mit einer Bandbreite von bis zu 50 GHz Daten mit 64 Gbit/s mittels einer QPSK-Modulation überträgt.

Eine Weiterentwicklung des Demonstrators veranschaulichte auf der NGMN Industry Conference and Exhibition 2016 erstmals, wie die Empfangsrichtung elektronisch mit einer Phased-Array-Antenne bei 300 GHz gesteuert werden kann. Dies ist ein wichtiger Schritt, damit zukünftig Sender und Empfänger sich trotz Richtantennen innerhalb eines Raums automatisch finden und aufeinander ausrichten können.

Standardisierung

Einen ersten Standard für Punkt-zu-Punkt-Übertragungen zwischen 252 GHz und 325 GHz entwickelt im Moment das Projekt IEEE P802.15.3d. Die angestrebten Übertragungsdistanzen reichen je nach Anwendung von wenigen Zentimetern bis zu einigen hundert Metern. Neben Anwendungen, wie Richtfunkübertragungen zur Anbindung von Mobilfunkzellen und zusätzlichen Funkstrecken für Rechenzentren, ermöglicht die große angestrebte Datenrate 100 Gbit/s und die kurze Wellenlänge von etwa einem Millimeter zwei Innovationen:

- In der Anwendung „Intra-Device“ kommunizieren einzelne Chips innerhalb eines Geräts miteinander, weil die Antennen klein genug sind, um mit im Chip integriert zu werden.
- Bei „Kiosk“-Downloads können im Vorbeigehen an einem U-Bahn-Einlass innerhalb von einer Sekunde riesige Datenmengen auf ein Handy übertragen werden.

Der fertige Standard soll Anfang 2018 veröffentlicht werden.

Regulierung

Der von der International Telecommunication Union (ITU) auf den Weltfunkkonferenzen regulierte Frequenzbereich reicht bis 275 GHz und ist engmaschig an existierende Funkdienste vergeben. Für den Frequenzbereich ab 275 GHz bis 3 THz gibt es nur eine Fußnote, die eine Nutzung durch aktive Funksysteme ermöglicht, solange bestimmte passive Dienste nicht gestört werden. Zu diesen gehören die Radio-Astronomie und Erdbeobachtungssatelliten, die beispielsweise durch die Messung von Absorptionsspektren die Luftzusammensetzung analysieren können. Auf der Tagesordnung der Weltfunkkonferenz 2019 steht unter Punkt 1.15 die Identifikation von Frequenzbändern zwischen 275 GHz und 450 GHz für landmobile und feste Funkdienste, also die Anwendungen, die auch in der Standardisierung berücksichtigt werden. Zurzeit studiert dafür die ITU-R die technischen Eigenschaften der Systeme, um in Verträglichkeitsuntersuchungen zu ermitteln, wie die passiven Dienste zu schützen sind.

SEBASTIAN REY
PROF. DR. THOMAS KÜRNER
Institut für Nachrichtentechnik
Technische Universität Braunschweig

ÜBERTRAGUNGSSTANDARD G.FAST

Untersuchung von G.fast-Übertragungssystemen in realen Einsatzszenarien

Der Übertragungsstandard G.fast verspricht auf kurzen Strecken Datenraten von bis zu 1 Gbit/s. In einer aktuellen Untersuchung wurden G.fast-Systeme in praxisrelevanten Szenarien gemessen.

Mit DSL-Technologien werden zurzeit Bitraten von bis zu 16 Mbit/s (ADSL2+), 50 Mbit/s (VDSL2) bzw. 100 Mbit/s (VDSL2 Vectoring) im Downstream angeboten. Mit G.fast sollen Bitraten von bis zu 1 Gbit/s über die Kupferdoppelader möglich sein. Da G.fast im Gegensatz zu ADSL/VDSL nicht das Frequenzgetrenntlage-, sondern das Zeitgetrenntlageverfahren verwendet, wird bei G.fast immer die Summenbitrate aus Up- und Downstream angegeben. Die erste Version von G.fast verwendet Frequenzen von 2,2 MHz bis 106 MHz, sodass es prinzipiell zu Störungen mit anderen Anwendungen in diesem Frequenzbereich kommen kann (zum Beispiel VDSL2, Powerline, UKW). Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, die Performance von kommerziell verfügbaren G.fast-Systemen unter Berücksichtigung möglicher Störungen zu beurteilen. Dabei wurden End- und Verzweigerkabel verwendet, wie sie in Deutschland üblich sind.

Aufgrund der hohen Frequenzen eignet sich G.fast nur für kurze Übertragungslängen. Daher ist G.fast ideal für den Einsatz am oder kurz hinter dem Abschlusspunkt Linientechnik (APL) geeignet. Dies wird als Fiber-to-the-Building (FTTB) bezeichnet. Bei entsprechend kurzen Verzweigerkabellängen wäre aber prinzipiell auch ein Einsatz vom KVz (Fiber-to-the-Curb [FTTC]) denkbar. In Deutschland gab es bereits erste G.fast-Ausschreibungen. Die Deutsche Telekom will G.fast 2018 einführen [1].

Zwar wurden bereits einige G.fast-Messergebnisse veröffentlicht [2], jedoch werden häufig wichtige Parameter (zum Beispiel Kabeltyp, SNR Margin) nicht spezifiziert. Dies war die Motivation für die vorliegenden Messungen. Dabei wurden Kabel verwendet, die in Deutschland typischerweise eingesetzt werden:

- Verzweigerkabel: A-02YSF(L)2Y 50×2×0,5 St III BD;
- Endkabel 1: J-Y(St)Y 10×2×0,6 LG;
- Endkabel 2: J-2Y(ST)Y 10×2×0,6 ST III BD;
- Endkabel 3: J-2Y(St)Y 2×2×0,6 ST III BD.

Das Endkabel 1 (J-Y(St)Y 10×2×0,6 LG) wird gemäß [3] in 80 Prozent aller Haushalte in Deutschland eingesetzt. Die für die Tests verwendete G.fast-Technik wurde freundlicherweise von der Firma Nokia bereitgestellt. Das SNR-Margin betrug 6 dB.

Performance G.fast only

Bild 1 zeigt die G.fast-Summenbitrate aus Down- und Upstream als Funktion der Kabellänge, wenn das Übertragungskabel rein mit G.fast-Systemen beschaltet wird, sodass der vollständige Frequenzbereich von 2,2 MHz bis 106 MHz verwendet werden kann. Bei Single Line (SL) wurde ein einziges G.fast-System im Kabel auf Doppelader 1 geschaltet. Bei Multi Line (ML) wurden vier G.fast-Systeme auf die Doppeladern 1 bis 4 geschaltet. In diesem Fall entsprechen die Bitraten den Mittelwerten der vier Systeme. Da Vectoring bei G.fast obligatorisch und sehr perfomant ist [3], ließ sich diese Funktion bei dem hier verwendeten DSLAM nicht deaktivieren. Beim APL-Szenario wurde das Endkabel J-Y(St)Y 10×2×0,6 LG, bei SL St3Bd das Endkabel J-2Y(ST)Y 10×2×0,6 ST III BD, bei ML St3Bd das Endkabel J-2Y(ST)Y 10×2×0,6 ST III BD und beim MFG-Szenario das Verzweigerkabel A-02YSF(L)2Y 50×2×0,5 St III BD verwendet.

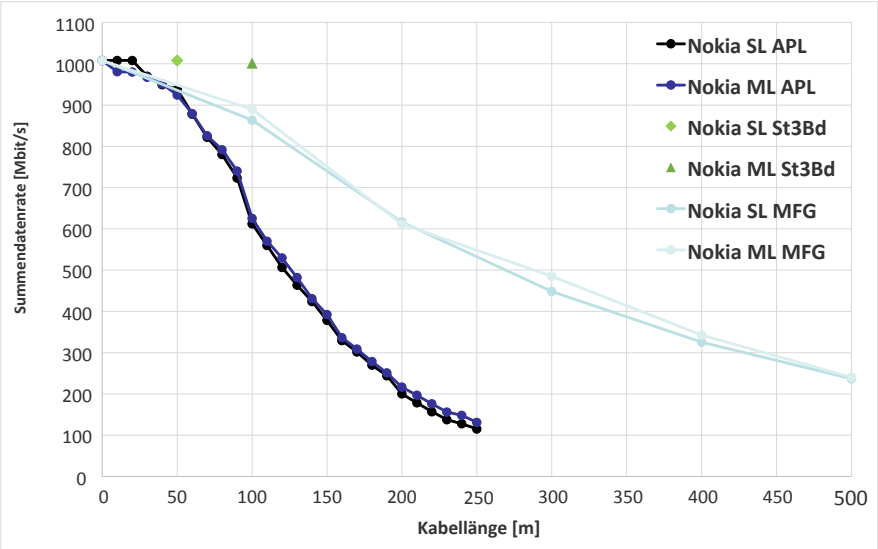


Bild 1: Messergebnisse G.fast only. SL: Single Line, ML: Multi Line

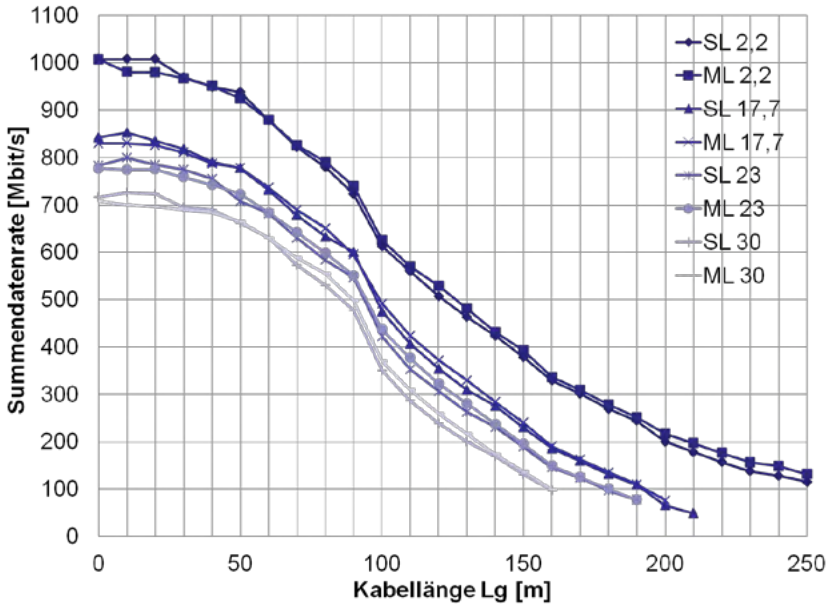


Bild 2: G.fast-Bitrate für unterschiedliche Startfrequenzen (Kabel J-Y(St)Y 10×2×0,6 LG); SL: Single Line, ML: Multi Line; die Zahl dahinter gibt die Startfrequenz in MHz an.

Gemäß Bild 1 sind die G.fast-Summenbitraten über der Kabellänge hinaus sehr stark vom verwendeten Kabel abhängig. Während der Unterschied auf den ersten 50 m nicht sehr groß ist und bei 50 m noch Bitraten von rund 930 Mbit/s möglich sind, können mit dem Kabel J-Y(St)Y 10×2×0,6 LG bei 100 m und 200 m nur noch etwa 600 Mbit/s bzw. 200 Mbit/s erzielt werden (FTTB-Szenario). Mit dem Verzweigerkabel A-02YSF(L)2Y 50×2×0,5 St III BD hingegen können bei 100 m und 200 m Bitraten von rund 900 Mbit/s bzw. 600 Mbit/s erreicht werden (FTTC-Szenario). Mit besseren Endkabeln (J-2Y(ST)Y 10×2×0,6 ST III BD und J-2Y(St)Y 2×2×0,6 ST III BD) sind sogar noch höhere Bitraten möglich (ca. 1 000 Mbit/s bis 100 m)[1]. Noch deutlicher wird der Unterschied, wenn man eine Summenbitrate von mindestens 200 Mbit/s erreichen möchte. Mit dem Endkabel J-Y(St)Y 10×2×0,6 LG ist dies über maximal 200 m möglich, mit dem Verzweigerkabel A-02YSF(L)2Y 50×2×0,5 St III BD hingegen können weit über 500 m überbrückt werden. Der Grund für die sehr starke Abhängigkeit der G.fast-Bitraten vom verwendeten Übertragungskabel liegt an der sehr unterschiedlichen Dämpfung der verschiedenen Kabeltypen [3].

In einem realen G.fast-FTTC-Einsatzszenario ist neben dem Verzweigerkabel auch das Endkabel zu berücksichtigen. Daher wurden auch die Bitraten von vier parallelen G.fast-Systemen als Funktion der Verzweigerkabellänge gemessen, wenn die Systeme zusätzlich über Endkabel der Länge 10 m (G.fast-System 1), 20 m (G.fast-System 2), 30 m (G.fast-System 3) und 40 m (G.fast-System 1) geführt werden. Je nach Endkabellänge reduzieren sich dadurch die Bitraten um etwa 10 Mbit/s bis 120 Mbit/s.

Gegenseitige Beeinflussungen von G.fast und VDSL2 können einfach vermieden werden, wenn G.fast den entsprechenden Frequenzbereich ausblendet. Viele Hersteller empfehlen darüber hinaus die Verwendung eines zusätzlichen Sicherheitsbands im Frequenzbereich (Guardband). Bild 2 zeigt die G.fast-Summenbitraten mit dem Endkabel J-Y(St)Y 10×2×0,6 LG für verschiedene Startfrequenzen: 2,2 bezeichnet den vollen G.fast-Frequenzbereich (2,2 MHz bis 106 MHz); 17,7 entsprechend den Frequenzbereich von 17,7 MHz bis 106 MHz (das heißt G.fast mit VDSL2 17a ohne Guardband); 23 den Frequenzbereich von 23 MHz bis 106 MHz (das heißt G.fast mit VDSL 17a und Guardband) und 30 schließlich den Frequenzbereich von 30 MHz bis 106 MHz (das heißt G.fast mit VDSL 30a ohne Guardband). Aufgrund des geringeren Frequenzbereichs reduzieren sich die Bitraten gegenüber dem vollen Frequenzbereich um rund 150 Mbit/s (17,7 MHz bis 106 MHz), 200 Mbit/s (23 MHz bis 106 MHz) und 250 Mbit/s bis 300 Mbit/s (30 MHz bis 106 MHz), wobei die Unterschiede in Übereinstimmung mit den Ergebnissen aus [3] interessanterweise mit zunehmender Übertragungslänge leicht abnehmen.

G.fast zusammen mit VDSL2

Bild 3 zeigt die Messergebnisse einer parallelen Übertragung von VDSL2 Profil 30a zusammen mit G.fast mit einem Frequenzbereich von 2,2 MHz bis 106 MHz (blaue Linie: G.fast, grüne Linie: VDSL2 30a) sowie die Vergleichskurven, wenn VDSL2 bzw. G.fast alleine im Kabel übertragen

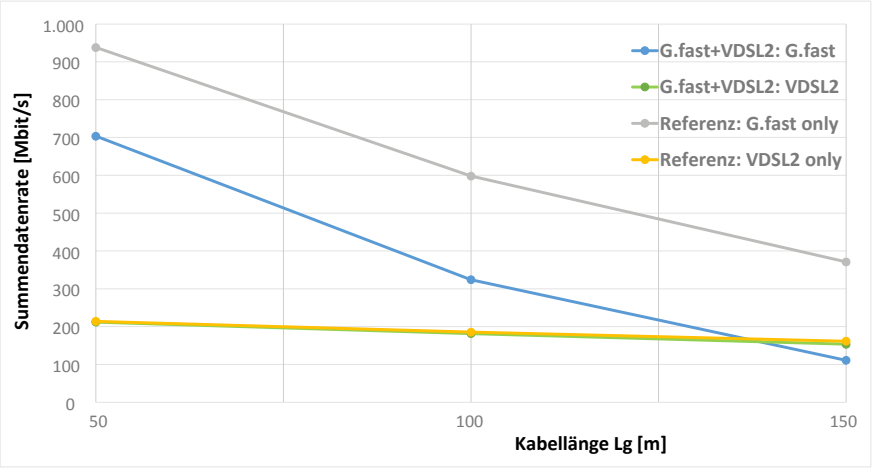


Bild 3: Übertragung von VDSL2 30a zusammen mit G.fast (Kabel J-Y(St)Y 10×2×0,6 LG)

1 Die Kabel J-2Y(ST)Y 10×2×0,6 ST III BD und J-2Y(St)Y 2×2×0,6 ST III BD waren nur in den Längen 50 m und 100 m vorhanden.

werden (graue Linie: G.fast, gelbe Linie: VDSL2 30a). Das Kabel wurde dabei wie folgt belegt (DA = Doppelader): DA1: VDSL2 30a , DA2: G.fast, DA3: VDSL2 30a, DA4: G.fast. Wie zu erwarten war, stört G.fast VDSL2 aufgrund der geringeren Sendeleistung (G.fast +4 dBm, VDSL2 30a +14,5 dBm) praktisch nicht, wohingegen VDSL2 G.fast sehr stark stört: Die G.fast-Bitrate degradiert durch die VDSL2-30a-Systeme um 250 Mbit/s bis 300 Mbit/s. Da diese Degradation in etwa der Reduktion der G.fast-Bitrate entspricht, wenn man anstatt des vollen Frequenzbereichs nur die Frequenzen von 30 MHz bis 106 MHz verwendet (vgl. Bild 2), sollte bei einer parallelen Übertragung von G.fast und VDSL2 30a von G.fast der reduzierte Frequenzbereich von 30 MHz bis 106 MHz verwendet werden. Dadurch werden die Übertragungen stabiler. Ein zusätzliches Guardband wird nach unseren Erkenntnissen nicht benötigt, kann jedoch bei Verwendung anderer Kunden-Modems (CPE) notwendig werden.

Ein weiteres für die Praxis relevantes Szenario ist die Einspeisung von VDSL2 Profil 17a am Kabelverzweiger (KVz) zusammen mit G.fast am APL. Die Ergebnisse für dieses Szenario zeigt Bild 4, wobei die VDSL2-17a-Signale auf den Doppeladern 1, 3, 5 und 7 über ein Verzweigerkabel mit den Längen 0 bis 500 m und am APL in denselben Doppeladern über ein Endkabel der Länge 50 m weitergeführt werden. Zusätzlich wird am APL in die Doppeladern 2, 4 und 6 desselben Endkabels jeweils ein G.fast-Signal eingespeist. Gemäß Bild 4 reduzieren sich die VDSL2-Bitraten aufgrund der Dämpfung des Verzweigerkabels durch G.fast je nach Länge um etwa 8 Mbit/s bis 19 Mbit/s, wobei die Reduktion erwartungsgemäß mit zunehmender VzK-Länge zunimmt. Die Beeinflussung von VDSL2 auf G.fast ist umso kleiner, je länger das Verzweigerkabel ist und liegt gemäß Bild 4 im Bereich zwischen 130 Mbit/s (100 m VzK) und 70 Mbit/s (500 m VzK). Die gegenseitigen Störungen von VDSL2 17a und G.fast können auch in diesem Szenario (wie in Bild 3) nahezu vollständig vermieden werden, wenn G.fast nur den Frequenzbereich von 17,7 MHz bis 106 MHz verwendet.

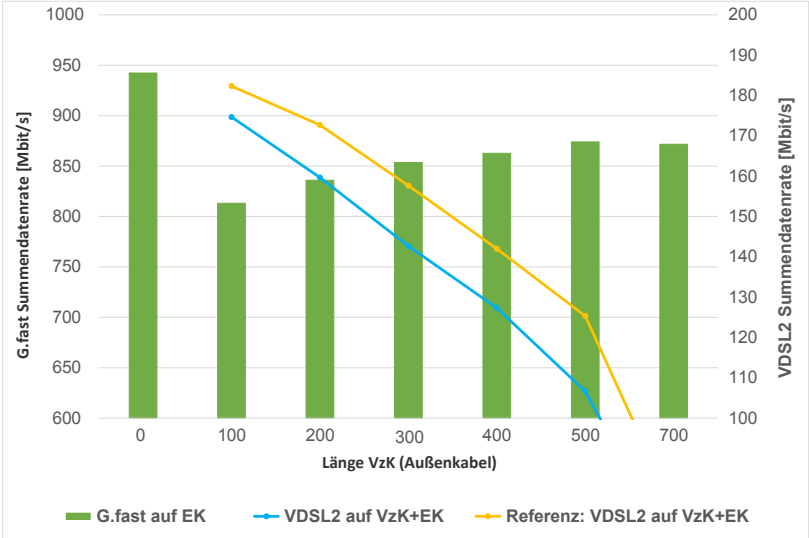


Bild 4: Parallele Übertragung von VDSL2 17a über ein Verzweigerkabel (VzK A-02YSF(L)2Y 50x2x0,5 St III BD) und 50 m Endkabel (EK J-Y(St)Y 10 x 2 x 0,6 LG) zusammen mit G.fast über 50 m Endkabel (EK Kabel J-Y(St)Y 10 x 2 x 0,6 LG); G.fast-Frequenzbereich: 2,2 bis 106 MHz

Zusammenfassung

- Die G.fast-Technik ist kommerziell verfügbar, ausgereift und eignet sich primär für den Einsatz am APL (FTTB). Das obligatorische Vectoring ist in der Lage, die Störungen durch Nebensprechen nahezu vollständig zu kompensieren.
- Die erzielbaren Summenbitraten hängen stark vom verwendeten Kabeltyp ab. Während der Unterschied auf den ersten 50 m nicht so groß ist und hier Bitraten bis etwa 930 Mbit/s erzielbar sind, können mit dem in Deutschland in den überwiegend für die Gebäudeinstallation verwendeten Kabel J-Y(St)Y 10×2×0,6 LG bei 100 m und 200 m nur noch rund 600 Mbit/s bzw. 200 Mbit/s erreicht werden. Mit perfomanteren Kabeln lassen sich hingegen wesentlich höhere Bitraten realisieren (bis 1 000 Mbit/s über 100 m).
- Bei einer parallelen Übertragung von G.fast und VDSL2 kann es zu merklichen gegenseitigen Beeinflussungen kommen, wenn G.fast den vollen Frequenzbereich verwendet. Diese Beeinflussungen können vermieden werden, wenn G.fast den VDSL2-Frequenzbereich ausblendet. Die G.fast-Bitraten degradieren dann allerdings um rund 125 Mbit/s bis 150 Mbit/s (Frequenzbereich G.fast 17,7 MHz bis 106 MHz), 170 Mbit/s bis 190 Mbit/s (23 MHz bis 106 MHz) beziehungsweise 220 Mbit/s bis 250 Mbit/s (30 MHz bis 106 MHz).
- Bei der Verwendung von geschirmten Kabeln kommt es bis zu einer parallelen Übertragungslänge von 50 m zu keinen gegenseitigen Störungen mit Powerline (PLC). Verwendet man hingegen ungeschirmte Kupferdoppeladern, so sind die G.fast-Bitraten durch PLC um weniger als fünf Prozent eingebrochen. Eine Störung von PLC durch G.fast konnte auch in diesem Fall nicht festgestellt werden. Auch konnten keine merklichen Störungen von G.fast auf oder von anderen Funkdiensten (zum Beispiel UKW) beobachtet werden.

KONSTANTIN ASCHENBRENNER

Laboringenieur und Mitglied der DSL-Projektgruppe an der Technischen Hochschule Mittelhessen (THM)

KRISTOF OBERMANN

Professor für Informations- und Kommunikationstechnik und Leiter der DSL-Projektgruppe an der THM

REFERENZEN

[1] Martin Bouchard: Netzstrategie der Deutschen Telekom. 9. ITG-Fachkonferenz „Breitbandversorgung in Deutschland“, Berlin, 20.–21. April 2015

[2] Oliver Lamparter: Swisscom's path to G.fast. G-Fast Summit 2014

[3] Jannik Buth, Konstantin Aschenbrenner, Kristof Obermann: Auf dem Prüfstand. G.fast-Performance bei Verwendung von in Deutschland üblichen Innen- und Außenkabeln. NET (2016) H. 6

Gruppenbild der Ehrenden und Geehrten: Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Kays (2. v. r.), Mitglied im VDE-Präsidium und Vorsitzender der Informationstechnischen Gesellschaft im VDE, zeichnete die Preisträger im Rahmen des VDE-Hauptstadtforums Ende November 2016 in Berlin aus.

PREISVERLEIHUNG

ITG-Wissenschaftler geehrt

Im Rahmen des VDE-Hauptstadtforums verlieh die Informationstechnische Gesellschaft im VDE (VDE|ITG) am 29. November in der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften in Berlin mehrere Preise für hervorragende wissenschaftliche Publikationen in der Informationstechnik.

Mit ihren Auszeichnungen ehrt die ITG hervorragende wissenschaftliche Publikationen in der Informationstechnik. Bei der Verleihung Ende November 2016 in Berlin wurden im Rahmen des VDE-Hauptstadtforums Preise in mehreren Kategorien vergeben.

ITG-Preis 2016

Ingesamt sieben Mitglieder wurden in diesem Jahr mit dem ITG-Preis für hervorragende Veröffentlichungen ausgezeichnet. Den Literaturpreis, der mit 3000 Euro dotiert ist und insbesondere den wissenschaftlichen Nachwuchs fördern soll, erhielt zum einen Dr. techn. Stefan J. Rupitsch von der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg für seine Veröffentlichung „Complete Characterization of Piezoceramic Materials by Means of Two Block-Shaped Test Samples“. Für zahlreiche Sensor- und Aktoranwendungen, z.B. für die Einspritzung von Kraftstoff in einen Verbrennungsmotor, werden heute piezoelektrische Materialien eingesetzt. Bei diesen Wandler-Materialien sind elektrische und mechanische Größen in komplexer Weise miteinander verkoppelt. Die Materialparameter einer typischen Piezokeramik sind einer direkten Messung leider nicht zugänglich. Der Beitrag beschreibt einen Weg, wie die große Zahl der verkoppelnden Materialparameter (elf bei typischerweise verwendeten Piezokeramiken) durch Messung der frequenzabhängigen elektrischen Impedanz von Proben und Vergleich mit numerischen Simulationen mit nur zwei (unterschiedlich gepolten) Proben bestimmt werden kann. Dies wird durch die Verwendung von speziellen Finite-Elemente-Berechnungen in Kombination mit einem angepassten Optimierungsalgorithmus möglich. Das vorgestellte Verfahren erlaubt damit die zuverlässige Materialparameterbestimmung von heute verwendeten Piezokeramiken.

Dr.-Ing. Rafael F. Schaefer von der TU Berlin, Prof. Dr. Holger Boche von der TU München und Prof. H. Vincent Poor von der Princeton University erhielten die Ehrung für ihre Publikation „A GPU-Accelerated Web-Based Synthesis Tool for CT Sigma-

Delta Modulators“. Die Arbeit charakterisiert die Kapazität der sicheren Übertragung von Nachrichten zum legitimierten Empfänger über Abhörkanäle mit aktiven Abhörern und Angreifern. Hierbei wird die Sicherheit durch eine geeignete Kodierung garantiert, die es nur dem legitimierten Empfänger erlaubt, die Nachricht zu ermitteln. Alle Abhörer werden über die Natur der Nachricht im Unklaren gelassen. In der Arbeit werden optimale Codierungsverfahren entwickelt und die für die Angreifer besten Strategien charakterisiert. Für die sichere Übertragung treten völlig neue Phänomene, wie zum Beispiel Superaktivierung, auf. Die Arbeit bildet eine Basis für den Entwurf zukünftiger Kommunikationssysteme mit sicherer Kommunikation.

Ausgezeichnet wurden außerdem Dipl.-Ing. Alexander Melzer und Prof. Mario Huemer von der Johannes-Kepler-Universität Linz für ihre Veröffentlichung „Cancelation in FMCW Radar Transceivers Using an Artificial On-Chip Target“. Moderne Automobile sind mit einer Vielzahl von Abstandssensoren ausgestattet, die wesentlich für Einparkhilfen, adaptive Fahrgeschwindigkeitsregler oder Bremsassistenten sind. Um Gefahrensituationen aus bis zu 250 Meter Entfernung detektieren zu können, werden Radar-Abstandssensoren eingesetzt. Bei Kraftfahrzeugen sind diese Sensoren allerdings häufig unmittelbar hinter der Stoßstange verbaut. Dadurch werden die gesendeten Radarsignale von der eigenen Stoßstange reflektiert, was Störsignale verursacht. Die Publikation stellt ein Konzept vor, das die beinahe vollständige Unterdrückung dieser unerwünschten Reflexionen mithilfe von statistischen Signalverarbeitungsmethoden erreicht.

Weiterhin erhielt Dr.-Ing. Rainer Engelbrecht von der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg den ITG-Preis 2016 für seine Veröffentlichung „Nichtlineare Faseroptik – Grundlagen und Anwendungsbeispiele“. Faseroptische Komponenten und Systeme sind heute unverzichtbar im Bereich der Datenübertragung, der Sensorik und Messtechnik, der Materialbearbeitung und in der Medizintechnik. Bei hohen Lichtleistungen in Glasfasern mit kleinen Querschnitten treten dabei nichtlineare optische Effekte auf, die in einigen Anwendungen gezielt genutzt werden können, aber in anderen Fällen störend sind. Aufbauend auf den Grundlagen der linearen Ausbreitung von Lichtwellen in Glasfasern behandelt die Publikation die nichtlinearen faseroptischen Effekte grundlegend und systematisch. Schwerpunkte sind dabei die Auswirkungen und Anwendungen der stimulierten Raman- und Brillouin-Streuung. Spezielle Aspekte der nichtlinearen Faseroptik werden am Beispiel der Raman-Faserlaser vertieft.

Förderpreis der ITG

Der ITG-Förderpreis für ausgezeichnete Dissertationen wurde 2016 an vier Nachwuchswissenschaftler verliehen. So wurde Dr.-Ing. Markus Gardill von der Universität Erlangen-Nürnberg für seine Dissertation „Charakterisierung und Entwurf von kleinen Gruppenantennen zur Winkelschätzung für ultrabreitbandige industrielle FMCW-Radarsysteme“ geehrt. Neben der allgemein bekannten satellitengestützten Ortung mithilfe von Satellitensystemen, wie zum Beispiel GPS, wird insbesondere die Ortung in Innenräumen und in Industriebereichen immer wichtiger. Die technische Implementierung solcher Ortungssysteme auf der Basis der Nutzung elektromagnetischer Wellen im Hoch- und Höchstfrequenzbereich – allgemein als Radar bekannt – ist im Vergleich zu anderen Signalträgern wie Licht- oder Ultraschallwellen besonders attraktiv. Die Arbeit befasst sich mit dem Entwurf und der vorausgehenden notwendigen Modellierung und Charakterisierung von Ultra-Breitbandigen Gruppenantennen für ein neuartiges industrielles Radarsystem.

Eine weitere Preisträgerin in dieser Kategorie ist Dr.-Ing. Tina Thiessen von der Leibniz-Universität Hannover für ihre Dissertation „Geometrisches Konzept zur Simulation degenerierter elektronischer Schaltungen ohne Regularisierung“. Die Preisträgerin erarbeitete ein effizientes geometrisches Konzept, mittels dessen eine transiente Simulation elektronischer Schaltungen mit Sprungverhalten ohne zusätzliche Regularisierung möglich ist. In der Dissertation wird dargelegt, dass diese schwierige Problemstellung der Schaltungsanalyse nur durch eine Verwendung von schaltungstechnischem und mathematischem Wissen gelöst werden kann. Mithilfe dieser neuartigen Methoden lassen sich neue Einsichten in das komplexe Verhalten von elektronischen Schaltungen mit Sprungverhalten gewinnen.

Dr.-Ing. Veit Kleeberger von der TU München wurde für seine Dissertation „Resilient Cross-Layer Design of digital Integrated Circuits“ ausgezeichnet. Mit steigender Integrationsdichte wird die Berücksichtigung der Zuverlässigkeit beim Entwurf integrierter Schaltungen immer wichtiger. Vor allem in künftigen Technologien ist die durchgängige Berücksichtigung der Zuverlässigkeit über alle Hierarchieebenen hinweg – von der Technologie- bis zur Systemebene – essenziell. Diese Arbeit stellt hierfür weiterentwickelte Methoden und Modelle vor, die das Ziel haben, Zuverlässigkeit über den gesamten Entwurfsprozess auf allen Hierarchieebenen einzubinden. Dies führt zu einer besseren Berücksichtigung von Zuverlässigkeit im Entwurfsprozess digitaler Schaltungen.

Als vierter Nachwuchswissenschaftler erhielt Dr.-Ing. Christoph Ide von der TU Dortmund den ITG-Förderpreis für seine Dissertation „Resource-Efficient LTE Machine-Type Communication in Vehicular Environments“. Er zeigt mit seiner Arbeit auf, wie die in Zukunft so wichtigen sogenannten Machine-Type-Communication-(MTC-)Dienste mithilfe der von ihm entwickelten Verfahren effizient in öffentliche Mobilfunknetze integriert werden können, sodass die Auswirkungen auf den sogenannten Human-to-Human-(H2H-) und Human-to-Web-Verkehr (d.h. Telefonie und Internetdienste) beherrschbar bleiben.

+++ JOHANN-PHILIPP-REIS-PREIS 2017 +++

Aufruf für den „JOHANN-PHILIPP-REIS-PREIS 2017“

Alle zwei Jahre wird der mit 10.000 Euro dotierte Johann-Philipp-Reis-Preis an Ingenieure und Ingenieurinnen oder Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen (Altersgrenze 40 Jahre) verliehen, die mit ihrer Arbeit eine bedeutende nachrichtentechnische Neuerung, die auch Auswirkungen auf die Volkswirtschaft hat, in Gang gesetzt haben bzw. eine solche Entwicklung erwarten lassen.

Einsendeschluss ist der **13. April 2017.**

Bewerbungen sind zu richten an:
Informationstechnische Gesellschaft im VDE (ITG)
Stresemannallee 15
60596 Frankfurt/Main
Tel.: 069-6308-360/-362
Fax: 069-6308-9821
E-Mail: itg@vde.com

Veranstaltungen

Hinweis: Andere interessante Veranstaltungen sind auf den Seiten 46 und 47 des VDE dialog angekündigt.

06.–09.02.2017, Hamburg
SCC 2017 – International Conference on Systems, Communications and Coding
ITG-FA 5.1, IEEE
// www.scc2017.net

08.–09.02.2017, Bremen
MBMV 2017 – 20. Workshop Methoden und Beschreibungssprachen zur Modellierung und Verifikation von Schaltungen und Systemen
ITG-FG 8.2.3 + 8.2.4, GMM, GI, Universität Bremen + DFKI Bremen
// www.informatik.uni-bremen.de/mbmv2017

05.–07.03.2017, Lübeck
TuZ 2017 – 29. Workshop „Testmethoden und Zuverlässigkeit von Schaltungen und Systemen“
ITG-FG 8.2, GMM, GI
// www.tuz-workshop.de

13.–17.03.2017, Göttingen
NetSys 2017 – International Conference on Networked Systems 2017
ITG/GI-FA 6.4, IEEE, ACM
// netsys17.uni-goettingen.de

29.–30.03.2017, Berlin
11. ITG-Fachkonferenz Breitbandversorgung in Deutschland
ITG-FA 5.2, FG 5.2.5
// www.vde.com/breitbandversorgung2017

link existiert noch nicht

03.–06.04.2017, Wien
ARCS 2017 – 30. GI/ITG International Conference on Architecture of Computing Systems
ITG-FA 6.1
// ars2017.itex.kit/edu

11.–12.05.2017, Leipzig
18. ITG Fachtagung Photonische Netze
ITG-FA 5.3 und FG 5.3.3
// www.vde.com/Photonische-Netze2017

17.–19.05.2017, Salzburg
2. Torsional Vibration Symposium
The Vibration Association, ITG-FA 4.1
// www.torsional-vibration-symposium.com

28.–30.06.2017, Prag
ISR 2017 – International Radar Symposium 2017
// www.dgon-irs.org

Call for Papers

11.–12.05.2017, Leipzig
Photonische Netze 2017 – 18. ITG-Fachtagung
Der ITG-Fachausschuss 5.3 „Optische Nachrichtentechnik“ und die ITG-Fachgruppe 5.3.3 „Photonische Netze“ veranstalten am 11. und 12. Mai 2017 in Leipzig die 18. ITG-Fachtagung „Photonische Netze“, zu der alle Interessenten herzlich eingeladen sind. Neben einigen eingeladenen Vorträgen sind Fachbeiträge von ca. 15 Minuten Dauer mit anschließender Diskussion sowie Posterpräsentationen vorgesehen. Einreichungen (druckfähiges Full Paper im PDF-Format, Name und Anschrift der Verfasser, E-Mail-Adresse des Korrespondenzautors) werden erbeten an: photonischenetze@ikr.uni-stuttgart.de
Einreichungsfrist ist am 10.02.2017
// www.vde.com/Photonische-Netze2017

25.–30.06.2017, Aachen
2017 IEEE International Symposium on Information Theory (ISIT)
With 800 international experts, scientists and researchers expected, ISIT focuses on the processing, transmission, storage, and use of information. It specifically encompasses theoretical and certain applied aspects of coding, communications and communications networks, complexity and cryptography, detection and estimation, and learning.
Paper submission due: January 16, 2017
// https://isit2017.org

28.–30.06.2017, Prag
International Radar Symposium 2017 – IRS 2017
The worldwide community of radar researchers and experts is quite small and everyone from the radar family is cordially invited to attend the International Radar Symposium 2017 in Prague, Czech Republic.
Submission of extended abstracts/draft papers by January 10, 2017 latest.
// www.dgon-irs.org

Impressum

ITG-news

Herausgeber: Informationstechnische Gesellschaft im VDE, Frankfurt am Main

Redaktion: Dr. Volker Schanz, Silvia Buhlmann

Telefon: 069/6308-360/-362
E-Mail: itg@vde.com
Internet: www.vde.com/itg

Konzept und Realisation: HEALTH-CARE-COM GmbH, ein Unternehmen der VDE VERLAG GmbH, Projektleitung: Anne Wolf

Druck: Heenemann GmbH & Co. KG, Berlin