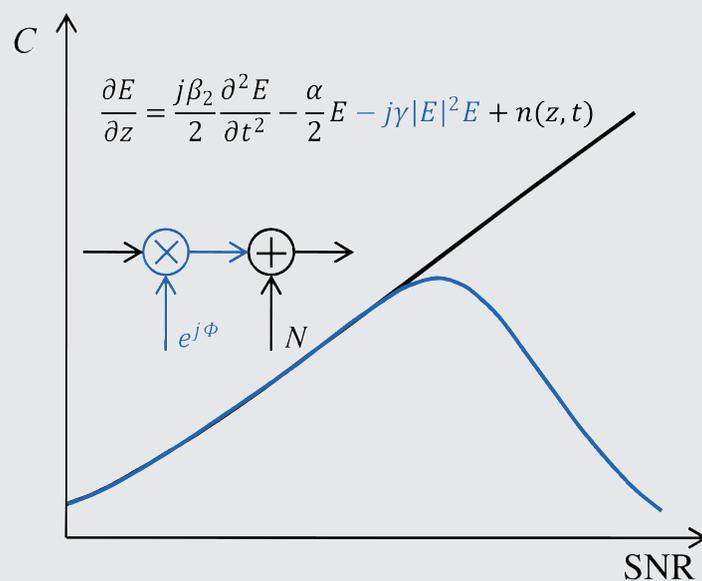


Lehrstuhl für Nachrichtentechnik
Prof. Dr. Ralf Kötter † 2.2.2009
Prof. Dr.-Ing. Norbert Hanik

Tätigkeitsbericht

1.10.2008–30.9.2010



Technische Universität München

Die Abbildung auf der Frontseite wurde von den Mitarbeitern des Fachgebiets Leitungsgedundene Übertragungstechnik gestaltet. Zu sehen ist die *Nicht-lineare Schrödinger-Gleichung*, mit der die Ausbreitung von Signalen über Monomode-Glasfasern beschrieben wird.

Diese im Allgemeinen analytisch nicht lösbare Differenzialgleichung modelliert neben Dämpfung, linearer Phasenverzerrung und additivem Rauschen die bei der Übertragung auftretenden nichtlinearen Effekte. Das abgebildete Blockschaltbild beschreibt einen sogenannten partiell-kohärenten Kanal, der im Vergleich zum herkömmlichen AWGN-Kanal zusätzlich durch Phasenrauschen gestört ist. Unter bestimmten Bedingungen kann dieses Kanalmodell verwendet werden, um die Kanalkapazität der Glasfaser analytisch zu bestimmen. Dabei skaliert das Phasenrauschen, das den nichtlinearen Effekt der Kreuzphasenmodulation abbildet, mit der Leistung des Signals.

Die gezeigten Kapazitätskurven für den AWGN-Kanal (schwarz) und den nicht-linearen faseroptischen Kanal (blau) sind der Dissertation von Bernhard Göbel entnommen und zeigen den Effekt der Fasernichtlinearitäten: Die Kapazität wächst hier – im Gegensatz zum AWGN-Kanal – nicht logarithmisch mit der Signalleistung, sondern wird ab einer bestimmten optimalen Leistung durch die stärker werdenden nichtlinearen Effekte reduziert.

Das in dieser Broschüre gewählte Layout geht auf Frau *Sakire Efe* vom Institut für Mobil- und Satellitenfunktechnik GmbH in Kamp-Lintfort zurück. Wir danken für die Erlaubnis, dieses Design verwenden zu dürfen.

Wir danken ferner Herrn *Leo Hausleiter* für die engagierte und angenehme Zusammenarbeit während der Herstellung dieses Heftes.

Herausgeber:

Lehrstuhl für Nachrichtentechnik
Institut für Informations- und Kommunikationstechnik
Technische Universität München
Arcisstr. 21, D-80290 München
Tel.: (+49) 89 28 92 34 66
Fax: (+49) 89 28 92 34 90
URL: <http://www.LNT.ei.tum.de>

Redaktion:

Prof. Dr.-Ing. habil. Günter Söder
Tel.: (+49) 89 28 92 34 86
Fax: (+49) 89 28 92 34 90
E-mail: guenter.soeder@tum.de

Satz:

Leo Hausleiter, M.A.
Clemensstr. 122, D-80796 München
Tel.: (+49) 1 78-7 21 82 38
E-mail: hausleiter@freenet.de

Druck:

SCHOTTENHEIM druck&werbung
Ringstraße 21, D-82223 Eichenau
Tel: (+49) 81 41-1 50 02 91
Fax: (+49) 81 41-1 50 02 90
E-Mail: info@schottenheim.eu
Internet: www.schottenheim.eu

Auflage: 550 Stück



Inhalt

1	Vorwort, Grußwort, Nachruf	1
2	Personelles	13
2.1	Wissenschaftliches Personal (LNT)	13
2.2	Wissenschaftliches Personal (LÜT)	15
2.3	Lehrbeauftragte und Honorarprofessoren	15
2.4	Gastwissenschaftler	15
2.5	Mitarbeiter in den Werkstätten	15
2.6	Mitarbeiterinnen im Büro und in der Verwaltung	15
2.7	Externe Doktoranden	15
2.8	Wissenschaftliche und Studentische Hilfskräfte	17
2.9	Ehrungen und Jubiläen	17
2.10	Alumni-Nachrichten	18
3	Lehrveranstaltungen	19
3.1	Einige allgemeine Bemerkungen	19
3.2	LNT-Veranstaltungen für EI und MSCE	20
3.3	LÜT-Veranstaltungen für EI und MSCE	24
3.4	Studiengang Lehramt an beruflichen Schulen (LB)	24
3.5	Hauptseminar Digitale Kommunikationssysteme	25
3.6	Seminar on Topics in Communications Engineering	30
4	Diplomarbeiten, Master Theses, Studienarbeiten	33
4.1	Einige allgemeine Bemerkungen	33
4.2	Diplomarbeiten des Studiengangs EI	34
4.3	Master Theses des Studiengangs EI	35
4.4	Master Theses des Studiengangs MSCE	35
4.5	Diplomarbeiten/Master Theses anderer Hochschulen	36
4.6	Diplomarbeiten der Studiengänge LB und DBP	36
4.7	Bachelor- und Studienarbeiten	37
5	Dissertationen	39



Inhalt

6	Arbeitsgebiete	51
7	Extern geförderte Projekte	67
8	Veröffentlichungen, Patente, Vorträge	75
8.1	Einige allgemeine Bemerkungen	75
8.2	Bücher und Buchbeiträge	75
8.3	Zeitschriftenbeiträge	76
8.4	Beiträge in Tagungsbänden	78
8.5	Vorträge, Präsentationen und Technical Reports	82
9	Veranstaltungen	85
9.1	Verleihung des Scientific and Engineering Awards, Beverly Hills, 20. Februar 2010	85
9.2	Kolloquium zum 85. Geburtstag von Prof. Hans Marko, 26. Februar 2010	89
9.3	Verleihung des Prof. Dr. Ralf Kötter Gedächtnispreises, Kronberg, Taunus, 17. April 2010	93
9.4	Seminar mit Nokia-Siemens-Networks, 10. Juni 2010	95
9.5	12 th International Conference on Transparent Optical Networks, München, 27. Juni – 1. Juli 2010	96
10	Internationale Beziehungen	103
10.1	Austauschprogramme	103
10.2	Forschungsaufenthalte von Angehörigen des LNT	104
10.3	Vorträge von Gästen	110
11	Lehrstuhl für Kommunikation und Navigation	111
12	Sonstiges	123
12.1	Tätigkeit in der (akademischen) Selbstverwaltung	123
12.2	Tätigkeit in wissenschaftlichen Gremien	124
12.3	Neuerungen in der Infrastruktur	124
12.4	Nomor Research – Lauter Tolle Experten (LTEs)	126
12.5	Feste – Feiern	127

1

Vorwort

Grußwort Nachruf

Liebe Freunde, Partner und Mitarbeiter des
Lehrstuhls für Nachrichtentechnik,

der alle zwei Jahre herausgegebene Tätigkeitsbericht des Lehrstuhls für Nachrichtentechnik ist eine der Konstanten im bisweilen hektischen Alltag der Forschung und Lehre an unserer Universität.

Der aktuelle Bericht markiert jedoch eine für uns alle schmerzliche Zäsur. War es bisher eine beruhigende Gewohnheit, dass der berufene Lehrstuhlinhaber unser Institut in oftmals mehr als 30 Dienstjahren gestalten und entwickeln konnte, so waren unserem letzten Ordinarius nur etwas mehr als zwei Jahre am LNT vergönnt. Professor Ralf Kötter verstarb im Februar 2009 nach schwerer Krankheit im Alter von nur 45 Jahren. Eine ausführliche Würdigung des Wissenschaftlers und Menschen Ralf Kötter sowie Bilder der Erinnerungen finden Sie ab Seite 5 dieses Berichtes.

In der nur kurzen Zeit unserer Zusammenarbeit war mir Ralf zum geschätzten Kollegen und auch zum Freund geworden. So war es für mich selbstverständlich, nach seinem Tod bis zur Berufung eines Nachfolgers neben meinem Fachgebiet kommissarisch auch die Leitung des Lehrstuhls für Nachrichtentechnik zu übernehmen. Dass es gelang, den Lehrstuhlbetrieb am LNT ohne jeden Ausfall aufrecht zu erhalten, ist zuallererst das große Verdienst aller seiner Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, die sich vorbehaltlos in neue Aufgaben einbrachten und so

einmal mehr gezeigt haben, dass das Leben am LNT eben mehr ist als eine reine Zweckgemeinschaft.

Stellvertretend für alle seien hier besonders erwähnt unsere Akademischen Direktoren Dr. Klaus Eichin sowie apl. Professor Günter Söder, die durch ihren weit über das gewöhnliche Maß hinausgehenden Einsatz den LNT „am Laufen“ hielten. Ich bedanke mich ebenfalls herzlich bei Dekan Professor Ulf Schlichtmann und der Geschäftsführung unserer Fakultät für ihre vielfältige Unterstützung, sowie bei unserem „Emeritus of Excellence“ und ehemaligen Lehrstuhlleiter Professor Joachim Hagenauer, der sich wie selbstverständlich wieder in den Dienst seines LNT stellte, wann immer es erforderlich war.

Für unsere Doktoranden, die in Ralfs Spezialgebiet, der Netzcodierung, an ihrer Dissertation arbeiten, standen und stehen Ralfs ehemalige Kolleginnen und Kollegen in den USA als Ansprechpartner zur Verfügung: Professor Muriel Médard vom MIT, Professor Michelle Effros vom California Institute of Technology und Professor Andrew Singer von Ralfs „Heimatuniversität“ in Urbana-Champaign. Auch ihnen gilt mein herzlicher Dank.

Auch in den letzten beiden Jahren gab es am LNT einige Erfolge zu feiern, über die in den folgenden Kapiteln ausführlich berichtet wird. Die Diversität der Forschungsaktivitäten

konnte beibehalten, die Anzahl der wissenschaftlichen Assistenten sogar leicht erhöht werden. Im Berichtszeitraum wurden fünf Promotionen abgeschlossen, vier weitere Assistenten haben ihre Dissertation eingereicht und harren nun der mündlichen Prüfung.

Unser Emeritus Professor Hans Marko, Lehrstuhlinhaber von 1962-1993, feierte im Februar 2010 am LNT bei bester Gesundheit seinen 85. Geburtstag. Wir wünschen ihm noch viele weitere Jahre voller Schaffenskraft.

In besonderer Erinnerung bleiben wird uns allen die diesjährige International Conference on Optical Networks (ICTON 2010), die im Juni mit über 350 Teilnehmern vom LNT an der Bayerischen Akademie der Wissenschaften organisiert wurde und uns höchstes internationales Lob einbrachte.

Mit großem Bedauern ist zu berichten, dass uns im Juli 2010 im Rahmen einer Umorganisation der Fakultät unser Mechanikermeister Manfred Jürgens und unser Schreinermeister Ansgar Ströbele nach über 30 Jahren am LNT verlassen mussten, mitsamt ihren Werkstätten. Wir bedanken uns herzlich für die stets optimale Zusammenarbeit und wünschen beiden weiterhin alles Gute, privat und auch beruflich an ihrem neuen Einsatzort, dem Lehrstuhl für Elektrische Energiewandlungstechnik.

1

Vorwort

Grüßwort

Nachruf

Parallel mit dem Zeitrahmen dieses Tätigkeitsberichtes endete zum 30.09.2010 auch meine Aufgabe als kommissarischer Leiter des LNT. Professor Dr. sc. techn. Gerhard Kra-

mer, neu berufener Ordinarius für Nachrichtentechnik, hat zum 01.10.2010 seine Arbeit aufgenommen. Mit Gerhard Kramer steht wieder ein weltweit anerkannter Experte der Informations- und Codierungstheorie und erstmals ein Alexander-von-Humboldt-Preisträger an der Spitze des Lehrstuhls. Wir sind sehr stolz!

Auf den nächsten Seiten wird sich Professor Kramer kurz vorstellen. Wir freuen uns herzlich über sein Kommen und wünschen ihm viel Erfolg bei seinen zukünftigen Aufgaben.

Abschließend möchte ich noch erwähnen, dass Ralf Kötters Ehefrau

Nuala und ihr Sohn Finn sich entschlossen haben, weiterhin in München zu bleiben. Finn beginnt gerade seine akademische Laufbahn mit dem Besuch der ersten Grundschulklasse. Unserer Verbundenheit und steten Unterstützung können beide sicher sein.

München, im Oktober 2010



(Prof. Dr.-Ing. Norbert Hanik)

Dear Associates and Friends of the LNT,

the biennial publication of the LNT Institute report is one of the constants in the occasionally hectic research and teaching life at our university. This report, however, marks a painful break for us all. While it was a comforting custom that the appointed institute head could shape and develop the institute over a period of sometimes more than 30 active years, little more than two years at LNT were granted to our last Ordinarius. Professor Ralf Kötter passed away in February 2009 after a severe illness at the age of only 45 years. In the short time we could work together, Ralf became a dear colleague and friend to me. After his death, I therefore accepted to act as provisional head of our institute until the appointment of his successor. All his employees deserve credit for their dedicated commitment to maintain LNT's continuing academic operation. This shows once again that life at LNT is more than a community of purpose.

As a representative example for everyone, I would like to mention our academic directors Dr.-Ing. Klaus Eichin and apl. Prof. Dr.-Ing. habil. Günter Söder, who worked extraordinarily hard to keep LNT "running". I thank very much our department's dean and management for their manifold support, as well as our "Emeritus of Excellence" and former institute head, Professor Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Joachim Hagenauer, who

did not hesitate to return to service for his LNT.

For Ralf Kötter's doctoral students, who were employed after him at LNT and who work on dissertations in his field of expertise, network coding, Ralf's former colleagues in the USA, Prof. Muriel Médard (MIT), Prof. Michelle Effros (Caltech) and Prof. Andrew Singer (Urbana-Champaign) are constantly available advisors. To them, too, I would like to extend a heart-felt thanks.

That said, we did have reason to celebrate some successes during the past two years, as reported in the following chapters. We were able to maintain the diversity of our research activities. The number of research assistants was even slightly increased. Five dissertations were successfully defended in the reporting period, another four assistants have submitted their theses and await their oral examination.

Our Emeritus, Professor Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Hans Marko (LNT head from 1962–1993) celebrated his 85th birthday at LNT in best health. We wish him many more years at full creative power.

An event that we will all specially remember is this year's internationally acclaimed International Conference on Optical Communication Systems (ICTON 2010), which was organized by LNT and held in June at the Bavarian Academy of Sci-

ences and Humanities with over 350 participants.

In July 2010, two members of our workshop staff, Manfred Jürgens and Ansgar Ströbele, had to leave LNT after 30 years due to an internal department reorganization. We thank them both sincerely for the excellent teamwork over the years, and wish them all the best for their private and professional future.

Coinciding with this report's period, my task as acting head of LNT ends on September 30th, 2010. The newly appointed Ordinarius for Communications Engineering, Professor Dr. sc. techn. Gerhard Kramer, assumed his office on October 1st. Once again, an internationally renowned expert in information and coding theory heads our institute. For the first time, our chair is held by an Alexander-von-Humboldt award winner, of which we are proud indeed. We are all happy that he came to Munich and wish him the best of success for his future tasks.

Professor Kramer will introduce himself briefly on the next pages.

Finally, I would like to mention that Ralf Kötter's wife Nuala and son Finn have decided to stay in Munich. Finn has just embarked on his academic career by starting the first grade of elementary school. Both can be assured of our continuous connection and support.

Norbert Hanik

Dear Associates and Friends of the LNT,

I write these words of greeting from my new office in “Building N4” near the center of Munich. Although I started my position only two weeks ago, I have already had the opportunity to get to know many of you in this building, including participating in my first “Assistentenkaffee” and “Weiterbildungsausflug”. What I have learned quickly is that the LNT is an efficient and well-run organization, and I can attribute that to my four predecessors, Professors Hans Marko, Joachim Hagenauer, Ralf Kötter, and Norbert Hanik, and also to academic directors Professor Günter Söder and Dr. Klaus Eichin. I am particularly grateful to Norbert Hanik for having guided the LNT through the uncertain years after the untimely passing of Ralf Kötter.

The idea of being Ralf’s successor is still strange to me and I often pause to reflect on our meeting in this same office only two years ago. An inevitable next emotion is sadness; I think of the person I knew too little but whose personality and accomplishments still echo in these halls, literally. One cannot help but reflect on the brevity of life and how important it is to make the most of the time we are given.

As to myself, I am fortunate to have had a diverse past and training. I was born and raised in the prairies of Canada as the second of three boys of German immigrants, my father being born in what was then Königsberg in Ostpreußen, and my mother in Egenhausen in the Schwarzwald. After completing my high school studies, I received my Bachelor and Master’s degrees in electrical engineering from the University of Manitoba in 1991 and 1992. I then had the opportunity to study information theory at the ETH Zürich from which I received the Dr. sc. techn. degree in 1998. My industry years were spent working for Endora Tech AG in Basel until 2000, and then at the Math Center of Bell Labs in Murray Hill, New Jersey. The Math Center was a great place for a young communications engineer to continue his training, a

place steeped in history and respect for the mathematics that underlies the communications discipline, and for the special skills needed to make mathematics work. I was appointed Professor of Electrical Engineering at the University of Southern California (USC) in 2009 and received the “Ruf” to the Technische Universität München in 2010.

Communications research continues to be as exciting as ever with many new theoretic and applied results appearing every year. The expansion of detailed knowledge requires a training that builds on



mathematical foundations and gives students the understanding and insight needed to condense the details, thereby enabling them to adapt to the changes the future will bring. In this respect, the field of communications is particularly lucky to have information theory. But the engineering discipline is also fortunate to have the link to practice. The combination of theory and practice is naturally a potent one, creating opportunities for sophisticated application, motivating reasoned and creative solutions, and preventing one from straying all too far from the real world. Of course, at a university we can and should take advantage of the freedom to move in directions that seem impractical or strange today and are obvious tomorrow.

1 Vorwort Grüßwort Nachruf

There will be several important changes at the LNT soon. In particular, Günter Söder and Klaus Eichin are both entering retirement. I am continually discovering more about their tremendous contributions to the LNT in administration, teaching, and student advising. Their departure creates two large holes that we will need talented and motivated people to fill. We will also have to replace Pavol Hanus who has faithfully acted as MSCE program manager for a number of years. This is also a year of transition in that the “Werkstatt” has been reduced and reorganized, and there will be a new chair for Theoretical Information Technology headed by Prof. Boche moving into the upper floor of the building. We will then have three communications groups housed here, including the Institute for Communications and Navigation headed by Prof. Günther. The resulting mass of expertise creates exciting new opportunities for collaboration and training. As you might sense from this short paragraph, there are many things to wrap one’s head around.

On a personal note, I wish to say that I am happy to be in München and I look forward to help make the LNT future as bright as its illustrious past. I can echo Ralf Kötter’s words from 2006 and extend my thanks to my predecessors, as well as the members of the LNT, for making the LNT the vibrant place it is, and especially for their and your dedication to this institution.

Munich, October 2010

A handwritten signature in black ink, appearing to read "G. Kramer".

(Gerhard Kramer)

1

Vorwort

Grußwort

Nachruf

Liebe Freunde, Partner und Mitarbeiter des LNT,

ich schreibe dieses Grußwort in meinem neuen Büro im Gebäude N4, das sich ganz in der Nähe des Stadtzentrums von München befindet.

Obwohl ich meine Arbeit erst vor zwei Wochen aufgenommen habe, hatte ich bereits Gelegenheit, viele von Ihnen hier am LNT kennen zu lernen und zudem an meinem ersten „Assistentenkaffee“ und meinem ersten „Weiterbildungsausflug“ teilzunehmen. Ich konnte schnell feststellen, dass der LNT ein effizienter und gut geführter Lehrstuhl ist, was meinen vier Vorgängern, den Professoren Hans Marko, Joachim Hagenauer, Ralf Kötter und Norbert Hanik, und auch den Akademischen Direktoren, Prof. Günter Söder und Dr. Klaus Eichin, zuzuschreiben ist. Mein ganz besonderer Dank gilt Norbert Hanik für die Leitung des LNT in den ungewissen Jahren nach dem frühen Tod von Ralf Kötter.

Die Vorstellung, Ralfs Nachfolger zu sein, ist nach wie vor befremdlich für mich. Oft halte ich inne und denke an unser gemeinsames Zusammensein hier in diesem Büro vor erst zwei Jahren. Dabei beschleicht mich ein unvermeidliches Gefühl von Traurigkeit. Ich denke an den Menschen, den ich zu wenig kannte, doch dessen Persönlichkeit und Leistungen in diesen Räumen buchstäblich nachhallen. Man kann nicht umhin, über die Kürze des Lebens nachzudenken, und wie wichtig es ist, das Beste aus der uns gegebenen Zeit zu machen.

Was mich anbelangt, so habe ich das Glück, auf eine vielseitige Vergangenheit und Ausbildung zurückblicken zu können. Ich bin in den Prärien Kanadas als zweiter von drei

Söhnen deutscher Einwanderer geboren und aufgewachsen. Mein Vater stammt aus dem ehemaligen Königberg in Ostpreußen, meine Mutter aus Egenhausen im Schwarzwald. Nach meinem Studium an der University of Manitoba erhielt ich 1991 den B.Sc. und 1992 den M.Sc. in Elektrotechnik. Danach studierte ich Informationstheorie an der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) in Zürich. 1998 erhielt ich den Dr. sc. techn. (Doktor der technischen Wissenschaften).

Meine Industriegänge verbrachte ich von 1998 bis 2000 bei Endora Tech AG in Basel und danach beim Math Center der Bell Laboratories in Murray Hill, New Jersey. Dieses ist für einen jungen Kommunikations-Ingenieur ein großartiger Ort, um die Ausbildung fortzusetzen und um Mathematik anzuwenden, ein Ort durchdrungen von Geschichte und dem Respekt vor der Mathematik, auf der alle Disziplinen der Kommunikation basieren. 2009 wechselte ich als Professor der Elektrotechnik an die University of Southern California (USC). 2010 erhielt ich den Ruf an die TU München.

Die Kommunikationsforschung ist nach wie vor ein spannendes Feld mit vielen neuen theoretischen und angewandten Ergebnissen, die sich Jahr für Jahr ergeben. Erforderlich ist eine mathematisch geprägte Ausbildung der Studenten, die das Verständnis und den nötigen Einblick vermittelt, damit sie später als Ingenieure befähigt sind, ihr Detailwissen zu erweitern und an die Änderungen der Zukunft zu adaptieren.

In dieser Hinsicht ist das Gebiet der Kommunikation in der glücklichen Lage, auf die Informationstheorie zurückgreifen zu können. Und die Ingenieurwissenschaft kann sich glücklich schätzen, zudem eine Verbindung zur Praxis zu haben. Die Kombination aus Theorie und Praxis schafft Möglichkeiten für technisch ausgereifte Anwendungen, regt zu durchdachten, kreativen Lösungsansätzen an und sie verhindert auch, dass man sich zu weit von der Wirklichkeit entfernt.

Natürlich können und sollten wir uns an einer Universität die Freiheit

nehmen, uns in Richtungen zu bewegen, die zwar heute nicht praktikabel sind oder uns als ungewohnt erscheinen, die aber schon morgen selbstverständlich sein könnten.

Am LNT ergeben sich in naher Zukunft tiefgreifende Änderungen. Günter Söder und Klaus Eichin werden in den Ruhestand gehen. Ich stelle zunehmend fest, welch enormen Beitrag die beiden in Verwaltung, Lehre und der Studentenberatung leisten. Ihr Ausscheiden wird zwei große Lücken hinterlassen, die wir mit begabten und motivierten Leuten werden füllen müssen. Auch für Pavol Hanus, der über viele Jahre hinweg zuverlässig als MSCE Program Manager fungierte, werden wir einen Nachfolger finden müssen.

2010 war für die „Werkstatt“ ein Jahr des Übergangs, in dem sie personell verkleinert und umorganisiert wurde. Stattdessen wird in das Obergeschoß des Gebäudes N4 in einigen Monaten der neue Lehrstuhl für Theoretische Informationstechnik mit Prof. Holger Boche als Lehrstuhlinhaber einziehen.

Zusammen mit dem Lehrstuhl für Kommunikation und Navigation von Prof. Christoph Günter werden dann hier im Gebäude drei Kommunikationsgruppen beherbergt sein. Die daraus resultierende Menge an Fachwissen wird neue und spannende Möglichkeiten der Zusammenarbeit in Forschung und Lehre bieten.

Wie Sie aus diesem kurzen Absatz erahnen können, gibt es viel zu tun. Persönlich möchte ich anmerken, dass ich mich glücklich schätze, hier in München zu sein. Ich möchte meinen Beitrag dazu leisten, dass die Zukunft des LNT ebenso strahlend wird wie seine berühmte Vergangenheit.

Wie Ralf Kötter bei seinem Grußwort 2006 danke ich meinen Vorgängern und deren Mitarbeitern dafür, dass sie den LNT mit persönlichem Einsatz und großem Engagement zu dem pulsierenden Ort gemacht haben, der er heute ist.



(Prof. Dr. sc. techn. Gerhard Kramer)

In Memoriam Professor Ralf Kötter (1963–2009)

Klaus Eichin, Norbert Hanik und Günter Söder

Professor Dr. Ralf Kötter, head of our institute since January 2007, passed away on February 2, 2009.

Although we knew of his serious illness we were deeply shocked and saddened to learn of his sudden and unexpected death. We would like to express our gratitude for the sincere condolences and sympathies sent to us on the occasion of Ralf's death. The feelings of his staff and colleagues are reflected in the funeral speeches and eulogy.

Ralf Kötter's funeral mass was held at the St. Theresia Kirche in Munich. Many of his colleagues and American friends (R. Blahut, M. Effros, M. Médard, A. Singer, etc.) came to Munich to pay their last respects to him. Prof. Ulf Schlichtmann, Dean of our faculty appreciated Ralf as a special person and great researcher.

After the funeral mass a reception was given at the Institute for Communications Engineering. A video was shown which was made in 2008 on the occasion of Ralf's nomination as the winner of the Vodafone Innovations Award. This video shows him as a private person and a teacher.

In his eulogy on the day of Ralf's funeral at the Thalerfeld cemetery in Kronberg/Taunus, Professor Hagenauer expressed the deep sadness of LNT's staff.

With the following photographs we would like to remind of Ralf's activities as head of the LNT.

Am 2. Februar 2009 verstarb in den frühen Morgenstunden Professor Dr. Ralf Kötter, der unseren Lehrstuhl seit Januar 2007 (formal seit Oktober

1 Vorwort Grußwort Nachruf

2006) geleitet hatte. Obwohl wir als seine Mitarbeiter und Kollegen schon längere Zeit von seiner schweren Krankheit wussten, kam sein Tod für uns schließlich doch überraschend und erschütterte den gesamten Lehrstuhl.

Die vielen und aufrichtigen Kondolenzschreiben, die uns erreichten, waren tröstlich und hilfreich. Hierfür bedanken wir uns an dieser Stelle nochmals herzlich, auch im Namen der Familie Kötter, seiner Frau Nuala, seines Sohnes Finn, seiner Eltern und seines Bruders.

Die beiden Traueranzeigen des Lehrstuhls und der TU München geben die Gefühle wieder, die seine Mitarbeiter und seine Kollegen bewegten. Sie kommen auch in den Trauerreden und in der Vielzahl von Würdigungen und Nachrufen zum Ausdruck. Eine Auswahl hiervon drucken wir auf den nächsten Seiten ab.

Die Trauerfeier fand am 05.02.10 in der St. Theresia-Kirche in München statt. Erschienen waren neben der Familie und persönlichen Bekannten der Familie Kötter auch sehr viele Fachkollegen aus Deutschland und dem benachbarten Ausland. Aber auch etliche von Ralfs amerikanischen Freunden waren angereist, ohne Anspruch auf Vollständigkeit die Professoren Blahut, Effros, Médard und Singer. Nach dem Gottesdienst würdigte der Dekan unserer Fakultät, Prof. Ulf Schlichtmann, die menschlichen und fachlichen Fähigkeiten von Ralf Kötter. Der Text kann auf Seite 8 nachgelesen werden.

Anschließend lud der Lehrstuhl für Nachrichtentechnik an der TU München zu einem Imbiss ein. Bei dieser Gelegenheit wurde wiederholt auch ein Video vorgeführt, das die Vodafone-Stiftung 2008 aus Anlass

Der Lehrstuhl für Nachrichtentechnik der TU München trauert um seinen Leiter

Herrn Prof. Dr. Ralf Kötter

*10.10. 1963 in Königstein/Taunus † 02.02.2009 in München

Wir alle verlieren nach nur 25 Monaten einen liebenswerten Chef, dem ein kollegiales Miteinander sehr am Herzen lag. Für viele war er ein Freund. Professor Ralf Kötter war für seine Doktoranden und Studenten ein begnadeter Lehrer, der mit einer Vielzahl von Ideen, Intellekt und Inspiration begeistern konnte.

Der gesamte Lehrstuhl für Nachrichtentechnik hat durch seine vielen wissenschaftlichen Erfolge enorm gewonnen. Wir werden Ralf Kötter ein ehrendes Andenken bewahren.

Im Namen aller Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des LNT
Dr. Klaus Eichin, Prof. Norbert Hanik, Prof. Günter Söder

Trauerfeier am Donnerstag, den 05.02.2009, um 11 Uhr in der St. Theresia-Kirche in München-Neuhausen.
Beerdigung am Freitag, den 06.02.2009, um 10 Uhr auf dem Thalerfeld-Friedhof in Kronberg im Taunus.

Anzeige des Lehrstuhls in der Süddeutschen Zeitung vom 04.02.2009

Die Technische Universität München trauert um ihr Kollegiumsmitglied

Herrn Prof. Dr. Ralf Kötter

Leiter des Lehrstuhls für Nachrichtentechnik
* 10. Oktober 1963 † 2. Februar 2009

Professor Ralf Kötter hat sich durch seine 20-jährige Forschungstätigkeit in Schweden, Frankreich, den USA und an der TU München zu einem herausragenden und international anerkannten Wissenschaftler auf dem Gebiet der Kommunikationstechnik profiliert. Trotz schwerer Krankheit hat er unermüdlich sein Spezialgebiet, die Codierungs- und Informationstheorie für Netze, an der TU München etabliert und alle Kollegen, Mitarbeiter und Studenten durch geniale Ideen und seine besondere Menschlichkeit beeindruckt.

Die Technische Universität München wird Professor Ralf Kötter ein ehrendes Andenken bewahren.

Hochschulpräsidium und Professorenkollegium
Professor Wolfgang A. Herrmann
Präsident

Anzeige der TU München in der Süddeutschen Zeitung vom 05.02.2009

1

Vorwort Grüßwort Nachruf

des Vodafone-Innovationspreises für Ralf Kötter produziert hatte und ihn privat und als Hochschullehrer porträtiert. Interessant war insbesondere auch das Material, das nicht im offiziellen 8-Minuten-Film berücksichtigt wurde.

Am nächsten Morgen startete um 4 Uhr 30 ein Bus, der die LNT-Mitarbeiter (fast geschlossen) zur Beerdi-

gung auf den Thalerfeld-Friedhof nach Kronberg im Taunus brachte. Hier hielt Prof. Joachim Hagenauer die Trauerrede und brachte die große Betroffenheit aller LNT-Mitarbeiter zum Ausdruck (siehe Seite 9).

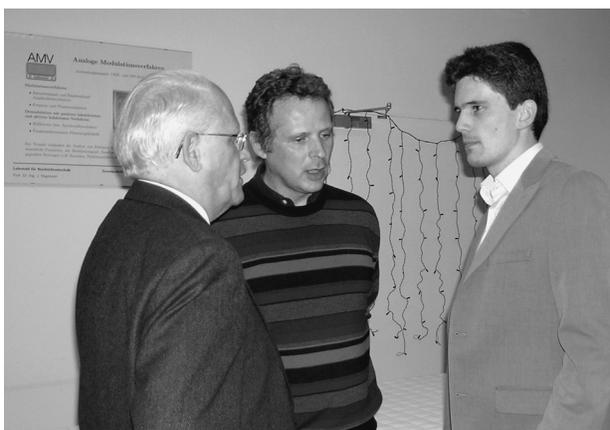
Zunächst möchten wir mit einigen Bildern an das leider viel zu kurze Wirken von Ralf Kötter am Lehrstuhl für Nachrichtentechnik erinnern.



Nuala, Finn und Ralf Kötter, März 2007



Ralf Kötter nach der Vodafone-Ehrung, Mai 2008



Ralf Kötter mit Joachim Hagenauer und Christian Kuhn, Sommer 2007





1

Vorwort
Grußwort
Nachruf

Erinnerungsfotos, Sommer 2007 und Oktober 2008



Weihnachtsfeier 2007



40 Jahre Manfred Jürgens an der TUM, Februar 2008



Ralf Kötter und Norbert Hanik, Oktober 2007 und Juni 2008



1

Vorwort

Grüßwort Nachruf

Liebe Frau Kötter,
liebe Familie Kötter,
verehrte Trauergemeinde,

wir nehmen heute Abschied von einem ganz besonderen Menschen, der viel zu früh von uns ging. Einem Menschen, den viele von uns an der TU München nur wenige Jahre kennen durften, und der in dieser Zeit doch tiefe positive Spuren hinterlassen hat – bei seinen Kollegen, Mitarbeitern, Studierenden und Doktoranden – und bei allen Menschen, die ihm begegnet sind.

Als Dekan der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik der TUM möchte ich sein berufliches und wissenschaftliches Wirken mit einigen Worten würdigen: Professor Ralf Kötter studierte Elektrotechnik an der TU Darmstadt, wo er 1990 als Diplom-Ingenieur abschloss. Anschließend ging er nach Schweden an die Linköping Universität, an der er 1996 promovierte. Schon damals hatte er das Thema gefunden, das ihn seither begeistert hat: die Codierungstheorie in ihren vielen Facetten. Ab 1996 verbrachte Ralf Kötter dann einige Wanderjahre an renommierten Institutionen: dem IBM Almaden Research Center in San Jose, danach als Visiting Assistant Professor an der University of Illinois at Urbana-Champaign sowie am Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) in Sophia Antipolis bei Nizza.

Im Jahr 1999 wurde er dann als Assistant Professor an die University of Illinois at Urbana-Champaign berufen, wo er sowohl am Department of Electrical and Computer Engineering als auch am Coordinated Sciences Laboratory tätig war. 2003 wurde er dort Associate Professor, bevor es uns gelang, ihn zum Oktober

Würdigung anlässlich der Trauerfeier am 5. Februar 2009 in der Münchner St. Theresia-Kirche

Ulf Schlichtmann, Dekan der Fakultät EI der TU München

2006 als Ordinarius auf den Lehrstuhl für Nachrichtentechnik der TU München zu berufen. Wir waren äußerst glücklich, dass es uns damals gelungen ist, mit Ralf Kötter einen noch jungen, aber schon äußerst erfolgreichen und hochkarätigen Wissenschaftler aus den USA auf diesen renommierten und wichtigen Lehrstuhl an die TU München zu holen.

Sein wissenschaftliches Wirken hat Ralf Kötter der Codierungs- und Informationstheorie gewidmet, in den letzten Jahren insbesondere der Netzwerkinformationstheorie. Er hat der Codierungstheorie wegweisende Impulse gegeben, zum Beispiel durch



den Einsatz der Graphentheorie für die Entwicklung von fehlerkorrigierenden Codes. Eine besondere Stärke von Ralf Kötter war es, Probleme auf ihren fundamentalen Kern reduzieren zu können, verwirrendes Beiwerk beiseite zu räumen, und dadurch neue und wegweisende Einsichten zu gewinnen.

Sein wissenschaftliches Wirken war entsprechend auch von außerordentlicher Fruchtbarkeit. Dafür legen unzählige Auszeichnungen schon in frühesten Phasen seiner Tätigkeit ebenso Zeugnis ab wie große Erfolge bei der Initiierung von innovativen Forschungsprojekten. Vergangenes Jahr erreichte er gemeinsam mit einem Kollegen die Einrichtung eines

neuen DFG-Schwerpunktprogramms „Communications in Interference Limited Networks“. Exemplarisch für die Vielzahl seiner Auszeichnungen sei hier der sehr renommierte Innovationspreis der Vodafone-Stiftung erwähnt, den er 2008 erhielt. Und für jeden wissenschaftlich tätigen Elektroingenieur ist es das Ziel, irgendwann einmal zum IEEE Fellow ernannt zu werden. Nur sehr wenigen ist dies dann vergönnt, und kaum jemandem schon mit Mitte 40. Ich weiß noch genau, wie sehr Ralf Kötter sich über diese hohe Auszeichnung gefreut hat, als er mir Ende letzten Jahres davon berichtete.

In den leider nur wenigen Jahren seines Wirkens an unserer Fakultät bereicherte er das Fakultätsleben durch die vielen hochkarätigen internationalen Gäste, die nach München kamen, um ihn zu besuchen und mit ihm zu arbeiten. Noch eine kleine Episode, die deutlich macht, welchen Ruhm das Wirken von Ralf Kötter schon jetzt hatte: Anfang dieses Jahres, vor zwei oder drei Wochen noch, besuchte ihn eine Kollegin vom äußerst renommierten CalTech aus den USA, um mit ihm in der Klinik ihre gemeinsamen Forschungsarbeiten voranzutreiben.

Die Lehre und die Arbeit mit Studierenden und Doktoranden war Prof. Kötter sehr wichtig. Das von seinem Vorgänger initiierte internationale Masterprogramm MSCE war für ihn ein wichtiger Anlass, den Wechsel an die TUM zu vollziehen. Er hat dieses Programm unermüdlich vorangetrieben und es auf seine unnachahmliche Weise weiterentwickelt und geprägt. Ich freue mich, dass es ihm noch vergönnt war, im vergangenen Herbst in sehr feierlichem Rahmen im Beisein unseres Wissenschaftsministers offiziell als neuer Programmdirektor eingeführt zu werden.

Ralf Kötter engagierte sich auch von Anfang an in der akademischen Selbstverwaltung der Fakultät für Elektro- und Informationstechnik.

Er brachte neue Ideen ein und ließ uns von seinen Erfahrungen aus den USA profitieren. Schnell wurde er in wichtige Gremien aufgenommen. Und wenn eine seiner Ideen einmal nicht sofort auf Akzeptanz stieß, dann war dies für ihn kein Grund, zurückzustecken, sondern eher ein Ansporn, diese Idee zuerst in kleinerem Maßstab an seinem Lehrstuhl für Nachrichtentechnik zu verwirklichen, um auf diese Weise die Skeptiker zu überzeugen.

Ralf Kötter war auch im Umgang mit seiner Erkrankung ein Kämpfer. Schon schwer von seiner Krankheit gekennzeichnet, stellte er doch immer das Wohl seiner Studierenden in den Vordergrund und hielt seine

Vorlesungen auch unter äußerster körperlicher Anstrengung noch ab. Seine Forschung trieb er auch von Klinikbetten aus per Email, Telefon oder eben bei Besuchen von Kollegen voran. Und ebenso seine Ideen zur weiteren organisatorischen Optimierung unserer, seiner Fakultät.

Durch sein vielfältiges Wirken hat sich Ralf Kötter um unsere Fakultät und die gesamte Universität verdient gemacht. Die TU München wird ihm ein ehrendes Andenken bewahren. Wir haben mit ihm einen brillanten und besonders erfolgreichen Forscher verloren, einen sehr engagierten Lehrer und Mentor ebenso wie einen hochgeschätzten, freundlichen und stets hilfsbereiten Kollegen. Viele von

uns haben auch einen Freund verloren.

Aber wir wissen natürlich auch, dass der Verlust für die Familie viel größer ist. Ihnen, liebe Frau Kötter und Familie Kötter, wünsche ich viel Kraft und Trost in dieser für Sie schwierigen Zeit.

Trauerrede bei der Beerdigung am 6. Februar 2009, Thalerfeld-Friedhof in Kronberg im Taunus

Joachim Hagenauer, Vorgänger am Lehrstuhl für Nachrichtentechnik

Liebe Nuala,
liebe Eltern und Verwandte von
Ralf Kötter,
liebe Freunde,
liebe Trauergemeinde,

wir alle waren so stolz und beglückt, als 2006 Ralf Kötter den Ruf als mein Nachfolger am Lehrstuhl für Nachrichtentechnik annahm. Von Besuchen an der University of Illinois at Urbana-Champaign und von Tagungen der Information Theory Society kannte ich ihn, seine intensive intellektuelle herausfordernde Art, die gleichzeitig einladend und großzügig war. Ich weiß noch, wie er jüngere Wissenschaftler selbstlos aufforderte, mit ihm das von ihm mitbegründete neue Gebiet der *Network Coding Theory* zu erforschen: „Kommt mit, hier gibt es was Neues“ sagte er zu ihnen, selbstlos andere begeisternd. Mein Assistent Michael Tüchler war zu einem Forschungsaufenthalt in Urbana und kam voller Schwung zurück von diesem Wissenschaftler Ralf Kötter, der so inspirierend und mit dem zusammenzuarbeiten so anregend war.

Seine Arbeiten zur *Network Coding Theory* und zur *Turbo Equalization* fanden in wenigen Jahren an die

500 Zitate durch andere. Man stelle sich vor: 500 andere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler griffen seine Ideen in kürzester Zeit auf. Viele Preise zeigten die wissenschaftliche Hochachtung, die er bei seinen Kollegen genoss.

Es fiel ihm nicht so ganz leicht, Illinois zu verlassen; seine Frau weiß das. Der Präsident der TU München war sehr stolz, als er verkünden konnte, dass Ralf den Ruf nach München angenommen hatte. Er kam und gewann schnell den Respekt und die Zuneigung der Mitarbeiter. Und er ging mit Schwung die neue Aufgabe an. Ja, er arbeitete gern und viel. Aber gegen Abend ging er erst mal heim, um bei seiner Familie zu sein und seinen Sohn Finn ins Bett zu bringen. Wie begeistert er als glücklicher Vater von seinem Sohn berichten konnte! Dann kam er zurück ans Institut und betrieb bis spät in die Nacht seine Wissenschaft.

Die Studenten schätzten ihn so sehr, dass er gleich für den *Best Teacher Award* nominiert wurde. Viele neue Projekte aus Industrie und Forschung zog er an sich, internationale Besucher in großer Zahl reisten an. Schnell wurde auch die deutsche Informationstechnik-Com-

munity auf ihn aufmerksam. Vor weniger als einem Jahr erhielt er den renommierten *Vodafone Innovation Award*. Ich weiß noch, wie er mit uns glücklich bei der Feier war, bei der ihm Baden-Württembergs Ministerpräsident Günther Öttinger den Preis überreichte. Seine Eltern konnten sich am Erfolg ihres Sohnes freuen. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft vertraute ihm ein neues Schwerpunktprogramm an. Wissenschaftliches Neuland tat sich auf. Alle erwarteten eine große Zukunft des Lehrstuhls unter der Führung von Ralf Kötter.

Wie konnten wir ahnen, dass die bösartige Krankheit ihn schon fest im Griff hatte? Er verschwieg es nicht, aber er hielt weiter seine Vorlesungen, so gut es ging. Noch im Oktober letzten Jahres übernahm er das internationale Masterprogramm unserer Fakultät. Er wollte junge Leute aus der ganzen Welt an seinen Erkenntnissen und Forschungen teilhaben lassen, die Internationalität der TU München verstärken. „Und wenn ich wüsste, dass für mich morgen die Welt unterginge, würde ich heute Neues für meine Studenten und Doktoranden anregen“ könnte man in Abwandlung eines Lutherwortes von ihm sagen. Vielleicht war gerade we-

1

Vorwort

Grüßwort

Nachruf

gen seines andauernden Optimismus und wegen der Hoffnung, die er ver-

breitete, der Schock so groß, als er im Januar dieses Jahres nicht mehr ans Institut kommen konnte und der Tod ihn einholte.

Wie seine Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter am Lehrstuhl für Nachrichtentechnik empfinden, geht aus der Traueranzeige hervor, die ich zum Schluss zitieren möchte: „Wir alle verlieren nach nur 25 Monaten einen liebenswerten Chef, dem ein kollegiales Miteinander sehr am Herzen lag. Für viele war er ein Freund. Professor

Kötter war für seine Doktoranden und Studenten ein begnadeter Lehrer, der mit einer Vielzahl von Ideen, mit Intellekt und Inspiration begeistern konnte. Der gesamte Lehrstuhl für Nachrichtentechnik hat durch seine vielen wissenschaftlichen Erfolge enorm gewonnen und wird Professor Ralf Kötter ein ehrendes Andenken bewahren.“

Wir verneigen uns vor Dir, Ralf! Gott schenke Dir seinen Frieden!

Nachruf der Fakultät EI in TUMCampus 2/2009

Ulf Schlichtmann, Norbert Hanik und Wolfgang Utschick

Am 2. Februar 2009 verstarb Prof. Ralf Kötter, Ordinarius für Nachrichtentechnik der TUM, im Alter von 45 Jahren nach langer, mit großer Tapferkeit ertragener Krankheit.

Ralf Kötter studierte Elektrotechnik an der TU Darmstadt und schloss 1990 sein Studium als Dipl.-Ing. ab. 1996 promovierte er an der Linköping Universität in Schweden. Schon damals hatte er das Thema gefunden, das ihn seither begeisterte: die Codierungstheorie in ihren vielen Facetten. Ab 1996 forschte und lehrte er an renommierten Institutionen in Europa und den USA, bevor er 1999 als Assistant Professor und ab 2003 als Associate Professor an die University of Illinois at Urbana-Champaign berufen wurde. 2006 folgte er schließlich dem Ruf an die TUM.

Sein wissenschaftliches Wirken hat Ralf Kötter der Informations- und der Codierungstheorie gewidmet, insbesondere der Netzwerkinformationstheorie. Er hat der Codierungstheorie wegweisende Impulse gegeben, etwa durch den Einsatz der Graphentheorie für die Entwicklung fehlerkorrigierender Codes. Eine besondere Stärke von ihm war es, Probleme auf ihren fundamentalen Kern zu reduzieren, verwirrendes Beiwerk beiseite zu räumen und dadurch neue und wegweisende Einsichten zu gewinnen.

Seine Forschungstätigkeit war außerordentlich fruchtbar. Dafür legen unzählige Auszeichnungen schon in jungen Jahren ebenso Zeugnis ab wie große Erfolge bei der Initiierung innovativer Forschungsprojekte. Exemplarisch für die Vielzahl seiner

Auszeichnungen sei der renommierte Innovationspreis der Vodafone-Stiftung erwähnt, den er 2008 erhalten hat, sowie die Ernennung zum IEEE-Fellow im selben Jahr. Bei seinen Studenten erwarb er schnell hohes Ansehen durch seinen begeisternden Vorlesungsstil und sein tiefes Verständnis für kleine und größere Probleme.

Wir, seine Kollegen und Mitarbeiter, vermissen seinen immensen Sachverstand, seine große Inspiration und Kreativität, seinen ungebrochenen Mut und seine tiefe Menschlichkeit. Durch sein vielfältiges Wirken hat sich Ralf Kötter um die Fakultät und die TUM verdient gemacht.

Wir werden ihm ein ehrendes Andenken bewahren.

Obituary by his former colleagues at the University of Illinois

Andreas Cangelaris and Andrew Singer

Our dear friend and colleague Ralf Koetter passed away peacefully in Munich on February 2, 2009. He leaves behind his wife Nuala and son Finn.

Ralf Koetter was a visiting professor in 1997 and joined the faculty in 1999. Koetter's tenure at Illinois ended in 2006, and he joined the faculty of the Technische Universität München as the head of the Institute for Communications Enginee-

ring. His research related to the use of information theory and mathematics for the study of error-correcting codes and communication systems.

Ralf received a Diploma in Electrical Engineering from the Technical University Darmstadt, Germany, in 1990 and the Ph.D. degree in Electrical Engineering from Linköping University, Sweden. After short appointments as a visiting scientist at the IBM Almaden Research Lab-

oratory in San Jose, California (1996–1997), visiting assistant professor at the University of Illinois at Urbana-Champaign (1997) and visiting scientist at CNRS in Sophia Antipolis, France (1998), Ralf joined our faculty in Electrical and Computer Engineering (ECE) Department at the University of Illinois at Urbana-Champaign in 1999. He was also a researcher in the Coordinated Science Lab.

While a junior faculty member in our Department of Electrical and Computer Engineering (ECE), Ralf's vibrant personality and keen intellect enabled him to forge many strong relationships with colleagues throughout the department and across the university in areas of information theory, circuits, communications, signal processing, imaging, and cryptography. Ralf's tenure at Illinois ended in 2006, when he joined the faculty of the Technische Universität München as the head of the Institute for Communications Engineering.

In the years 1999–2001, he served as associate editor for coding theory and techniques for the *IEEE Transactions on Communications*. In 2003, he concluded a term as associate editor for coding theory of the *IEEE Transactions on Information Theory*. He also served as a member of the Board of Governors of the IEEE Information Theory Society from 2003 to 2008.

Ralf's research encompassed a number of themes relating to the use of information theory and mathematics for the study of error-correcting codes and communication systems. He had a rare talent among researchers that enabled him to understand the very heart of a research problem,

at its most fundamental levels, through which he was able to make many seminal contributions.

Ralf began his career in algebraic coding theory and was among the early researchers to develop and exploit graph theory for the creation and study of error control codes on graphs. His work on so-called factor graphs deepened the understanding of iterative algorithms and led to their widespread use in signal processing and communication systems. As a co-developer of a method for the soft-decoding of Reed-Solomon codes, Ralf received the 2004 Best Paper Award from the IEEE Information Theory Society. His work on "turbo equalization" was at the forefront of over a decade of research in this area and earned a Best Paper Award from the Signal Processing Society for his 2004 paper.

More recently, Ralf had focused on a new class of error-control coding problems related to coding over networks, an area that has received tremendous interest both from the research as well as the popular science communities.

His research has been recognized with numerous additional awards, including an IBM Invention Achievement Award in 1997, an NSF

1 Vorwort Grüßwort Nachruf

CAREER Award in 2000, an IBM Partnership Award in 2001, and the University of Illinois College of Engineering XEROX award for faculty research in 2006.

Ralf's talents as a brilliant researcher were perhaps only matched by his humility and his compassion as a human being. All those who have had the privilege to have known or worked with Ralf can attest to this unique combination of brilliance and kindness. He was a gentleman and a scholar and he will be greatly missed.

The ECE Department has established the Ralf Koetter Memorial Fund in Electrical and Computer Engineering, which will provide support to ECE students and faculty. Donations to this fund can be made to the University of Illinois Foundation.

Obituary by the Information Theory Society

Alexander Vardy

This winter, the information theory community lost one of its giants: Ralf Kötter passed away in Munich, Germany, in the early morning hours of February 2, 2009. During the past 15 years, his seminal contributions have transformed our field, and his work will surely remain a source of inspiration for years to come. Those of us who have had the privilege to know Ralf personally will cherish the memory of a towering intellect, with a big heart and a gentle soul.

Ralf Kötter was born in Königstein im Taunus, Germany, on October 10, 1963. He received his Diploma in Electrical Engineering from the Technische Universität Darm-

stadt, and earned a Ph.D. in Electrical Engineering from Linköping University, Sweden, under the supervision of Thomas Ericson. After a brief sojourn at the IBM Almaden Research Center, Ralf joined the University of Illinois Urbana-Champaign, where he remained for the major part of his career, from July 1997 until December 2006. During the last two years of his life, Ralf was at the helm of research in information theory and communications in Germany, as Head of the Institute for Communications Engineering at the Technische Universität München (TUM).

Ralf received numerous awards for his work, including the Informa-

tion Theory Society Paper Award (2004), the Vodafone Innovations Award (2008), the Best Paper Award from the Signal Processing Society (2008), and the ComSoc & IT Joint Paper Award (2009). He served as Associate Editor for the *IEEE Transactions on Information Theory* and the *IEEE Transactions on Communications*. He was Technical Program Co-Chair for the 2008 International Symposium on Information Theory, and twice Co-Editor-in-Chief for special issues of the *IEEE Transactions on Information Theory*, one on factor graphs and iterative decoding, and the other on networking and information theory. During 2003–2008,

1

Vorwort

Grüßwort

Nachruf

he served on the Board of Governors of the IEEE Information Theory Society, taking active part in several key committees and initiatives.

Goethe once said: what is demanded of genius, first and foremost, is love of truth. Ralf's love of truth was limitless. He had the ardent will and the innate ability to address every research problem he encountered at its most fundamental level. He always strove to understand the very heart of the problem, wherein he often found the truth and the beauty he was seeking. It is no coincidence that so many of Ralf's results are now counted among the most "beautiful" theorems in our field.

A good example is Ralf's work in network coding. He started on this track in earnest at the Information Theory Workshop in Metsovo, Greece, in June 1999. At the workshop, Raymond Yeung presented his paper on "Linear codes for network information flow", which later won the Information Theory Society Paper Award. It was a great result, and everyone in the audience was happy to accept it at face value. Everyone, that is, except Ralf. He went on musing, thinking, seeking the beauty and the truth These musings eventually led to his paper with Muriel Médard which not only established the algebraic foundations of the field but also brought the ideas of network coding much closer to practice. Indeed, the principle of *randomized network coding*, first developed in a series of papers by Ralf and his colleagues, critically relies on the underlying algebraic structure. The end result is an ingenious, completely decentralized, network-coding protocol, which bridges a fundamental gap between the theory of network coding and the practice of communica-

tion networks. The impact of network coding in general, and of Ralf's contributions to this field in particular, on the design, optimization, and operation of future high-performance networks is one of the most exciting areas of research in information theory today.

Ralf's early work, dating back to his student days at Linköping, was already a treasure-trove of wonders. One of the algorithms sketched out in his Ph.D. thesis is now known as the Kötter algorithm and universally recognized as the best approach to multivariate interpolation over finite fields. Much later, Ralf and I, in collaboration with several others, developed VLSI for this algorithm running at over 3.0 Gbps. According to Dick Blahut, Ralf's thesis also "made the well-known Forney formula obsolete," by showing how to compute error values on the fly during Berlekamp-Massey decoding. His 1995 paper with Wiberg and Loeliger developed the foundations for the theory of *factor graphs*. This paper still underlies much of the current research into the behavior of message-passing algorithms, and is one of the most cited references in this area. Ralf's short stint at the IBM Almaden Research Center led to key patents in the area of magnetic recording: the results of his work during that period are now implemented in IBM products. During the year and a half we spent working together at the University of Illinois, we produced half a dozen papers on a broad array of subjects, ranging from the theory of tail-biting trellises to signal-space characterization of iterative decoding. The papers I wrote with Ralf are among the best papers I ever wrote.

It would be futile to attempt recounting *all* of Ralf's contributions in the confines of this brief eulogy; a comprehensive tribute to his work is planned for a later date. Thus let me now fast-forward to the last few years of his life, a life that was cut so woefully short by cancer. Many have described Ralf's fight with cancer as brave and heroic. It was. It was also unyielding. While his body was giving up on him, the disease never got the upper hand in the battle with his

spirit. The last major conference that Ralf attended was the Oberwolfach Kodierungstheorie Workshop in December 2007. He arrived there after a heavy dose of chemotherapy and confided to me, in private, that he felt really sick. While most people knew, nobody could tell. Ralf was his usual self: happily soaking up every bit of new research, going for long walks to discuss his latest ideas, eagerly taking part in lively conversations that often lasted into the morning hours. In fact, those few attendees that were blissfully unaware of his condition left Oberwolfach in the same state of blissful ignorance (I recall one of them asking Ralf on the last day why he decided to shave his head, a question that Ralf simply shrugged off).

I also recall visiting Ralf at the Freising hospital near Munich in January 2009. He could no longer walk. He had just undergone a terrible operation. His blood counts were dangerously low. Yet, what concerned Ralf the most that wintry day was that, for the first time ever, someone else was teaching his lectures at TUM. He spent most of the day on the phone with his assistant, making sure that the latter was well-prepared for the lecture. During that week in January 2009, we talked about so much Ralf was eager to catch up on the latest news in research. Which papers at the ISIT in Toronto turned out to be the most interesting? What was I working on? What was everyone else doing? There, at the hospital in Freising, Ralf and I started a new research project going: list-decoding of the Kötter-Kschischang codes on the operator channel. It was fun again!

I believe that information theory has inherent intellectual beauty that has always attracted the best and the brightest people. We have been particularly fortunate to have Ralf Kötter join our research community.

His passion for information theory knew no bounds, his mighty intellect and wondrous spirit etched an everlasting stamp on our field. He has been a shining light, a light that was extinguished much too soon. We will miss you, Ralf.

2

Personelles

2.1 Wissenschaftliches Personal am Lehrstuhl für Nachrichtentechnik (LNT)

Prof. Dr. Ralf Kötter († 02.02.2009)

Lehrstuhlleitung von 10/2006 – 01/2009

Prof. Dr.-Ing. Norbert Hanik

Kommissarische Lehrstuhlleitung ab 02/2009

Prof. (i.R.) Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Joachim Hagenauer

Lehrstuhlleitung von 1993 bis 2006

Prof. (em.) Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Hans Marko

Lehrstuhlleitung von 1962 bis 1993

Dr.-Ing. Klaus Eichin, Akademischer Direktor, Verwaltungsleiter

Apl. Prof. Dr.-Ing. habil. Günter Söder, Akademischer Direktor

Dipl.-Ing. M.Sc. Joschi Brauchle, Akademischer Rat a. Z.

Dr.-Ing. Pavol Hanus, wiss. Assistent

Dr.-Ing. Christoph Hausl, Akademischer Rat. a. Z.

M.Sc. Michael Heindlmaier, wiss. Angestellter (ab 01.12.2008)

Dipl.-Ing. Jie Hou, wiss. Angestellter

M.Sc. Onurcan Iscan, wiss. Angestellter (ab 01.09.2009)

Dipl.-Ing. Tobias Lutz, wiss. Angestellter

M.Sc. Mohit Thakur, wiss. Angestellter

M.Sc. Danail Traskov, Akademischer Rat a. Z.

M.Sc. Georg Zeitler, Akademischer Rat a. Z.

Im Berichtszeitraum ausgeschieden:

Dr.-Ing. Janis Dingel, wiss. Angestellter (zum 31.07.2009)

Dr.-Ing. Johanna Weindl, wiss. Angestellte (zum 31.12.2008)

2.2 Wissenschaftliches Personal des Fachgebiets Leitungsggebundene Übertragungstechnik (LÜT)

Prof. Dr.-Ing. Norbert Hanik, Extraordinarius

Dipl.-Ing. Ulli Brennenstuhl, wiss. Angestellter (ab 01.06.2010)

M.Sc. Leonardo Didier Coelho, wiss. Angestellter

M.Sc. Oscar Jamett Gaete, wiss. Angestellter

Dipl.-Inf. Elisabeth Georgieva, wiss. Angestellte (ab 01.04.2010)

Dipl.-Ing. Bernhard Göbel, wiss. Assistent

M.Sc. Beril Inan, wiss. Angestellte (ab 01.02.2009)

2.1 Wissenschaftliches Personal (LNT)

2.2 Wissenschaftliches Personal (LÜT)

2.3 Lehrbeauftragte und Honorarprofessoren

2.4 Gastwissenschaftler

2.5 Mitarbeiter in den Werkstätten

2.6 Mitarbeiterinnen im Büro und in der Verwaltung

2.7 Externe Doktoranden

2.8 Wissenschaftliche und Studentische Hilfskräfte

2.9 Ehrungen und Jubiläen

2.10 Alumni-Nachrichten

Die Zusammenstellung bezieht sich auf den Stichtag 30.09.2010. Einige Mitarbeiter wurden inzwischen promoviert (Kapitel 5).

Der akademische Grad *Master of Science* ist hier einheitlich mit M.Sc. abgekürzt und steht vor dem Namen. Insbesondere bei amerikanischen Universitäten ist oft das Kürzel M.S. dem Namen nachgestellt.

Auf der nächsten Seite folgen die Personalien der im Berichtszeitraum hinzugekommenen Kolleg(inn)en.

2

Personelles

Dipl.-Ing. **Ulli Brennenstuhl**, 1984 in Filderstadt geboren, studierte ab 2004 Elektrotechnik an der TU München und verbrachte während dieser Zeit im Rahmen von TUMexchange und als DAAD-Stipendiat ein Semester an der University of Melbourne. Er beendete sein Studium im April 2010 mit einer Diplomarbeit zum Thema „System Analysis of Future All-Optical Access Networks“. Seit 01.06.2010 ist er in der Optikgruppe von Prof. Hanik als wissenschaftlicher Mitarbeiter tätig und beschäftigt sich mit optischen Breitband-Zugangsnetzen der nächsten Generation.



Dipl.-Inf. **Elisabeth Georgieva**, geboren 1982 in Sofia, studierte Informatik an der LMU München, Schwerpunkt Kommunikationsnetze. Während des Studiums absolvierte sie 2005 ein Praktikum in Dubai in den Vereinigten Arabischen Emiraten und war ein Semester an der University of Canterbury, Neuseeland. Sie beendete 2008 ihr Studium mit der Diplomarbeit „Performance Evaluation of a Hybrid Wireless Optical Broadband Access Network“ an der University of California in Davis, USA. Ab Ende 2008 war Frau Georgieva am IKR-Institut der Universität Stuttgart tätig. Seit April 2010 ist sie wissenschaftliche Mitarbeiterin von Prof. Hanik und befasst sich im Rahmen des „FlexKab“-Projekts mit Powerline-Kommunikation im Kfz. Sie betreut das Hauptseminar sowie die Vorlesung „Grundlagen der Informationstechnik“.



Die neu Hinzugekommenen am LNT

Michael Heindlmaier, M.Sc., geboren 1983 in Altötting, erlangte 2006 den Bachelor-Abschluss im Fachgebiet Elektro- und Informationstechnik von der TU München. Von 2006 bis 2008 absolvierte er das Masterprogramm „Systeme der Informations- und Multimediatechnik“, eine Kooperation zwischen der TUM und der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg im Rahmen des Elitenetzwerk Bayerns. Während dieser Zeit war er im Rahmen eines Stipendiums für 10 Monate an der südfranzösischen Universität Nizza – Sophia Antipolis.



Seit Dezember 2008 ist Michael Heindlmaier wissenschaftlicher Mitarbeiter am LNT und befasst sich mit der Äquivalenz von Kommunikationsnetzen und dem effizienten Einsatz von Netzcodierung. In der Lehre betreut er die Grundlagenvorlesung „Nachrichtentechnik 1“ für Studierende des 4. Semesters im neuen Bachelor-Studiengang.

Beril Inan, M.Sc., 1983 in Ankara, Türkei, geboren, studierte ab 2001 Electrical and Electronics Engineering an der Middle East Technical University in Ankara und absolvierte danach ab 2006 das M.Sc.-Programm „Broadband Communication Technologies“ an der TU Eindhoven. Sie beendete ihr Studium mit der Masterarbeit „Impact of the Light Emitting Diode Nonlinearity on Visible-Light Wireless Communication with Discrete Multitone Modulation“, die sie in Zusammenarbeit mit der Siemens AG in München anfertigte.



Seit Februar 2009 arbeitet Beril Inan am LNT in Kooperation mit Nokia Siemens Networks und befasst sich mit OFDM-Echtzeitlemplementierungen für die optische Übertragung mit 100 Gbit/s. Daneben betreut sie das Praktikum „Simulation of Optical Communication Systems Laboratory“.

Onurcan Iscan, M.Sc., 1983 in Istanbul geboren, studierte ab 2002 an der Istanbul Technical University im Fach Telecommunications Engineering und ab 2006 Communications Engineering an der TU München.



2008 beendete er sein Studium mit der Masterarbeit „Untersuchungen von Algorithmen zur Kanalschätzung für Datenübertragungen bei hohen und höchsten Geschwindigkeiten“, die er in Zusammenarbeit mit einer Firma in der Luft- und Raumfahrtindustrie in München anfertigte. Seit Herbst 2009 arbeitet Onurcan Iscan am LNT im NEXT-Projekt und befasst sich mit der Netz- und Kanalcodierung für drahtlose Netze sowie kooperativer Kommunikation. Daneben betreut er zusammen mit Dr. Hausl das Praktikum „Communications Laboratory“.

Dr. **Gianluigi Liva**, 1977 in Spilimbergo, Italien, geboren, beendete 2006 sein Studium Electronic Engineering an der Universität in Bologna als Ph.D. Seine Forschungsinteressen umfassen Satellitenkommunikationssysteme, Korrekturverfahren für Fadingkanäle, graphenbasierte Zufallszugriffstechniken und Kanalcodes für hohe Datenraten nahe der Shannongrenze.



Von Oktober 2004 bis April 2005 arbeitete Dr. Liva an der University of Arizona an hochratigen Links für die Marsforschung. Seit 2006 ist er am Institut für Kommunikation und Navigation des Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Wessling und forscht zum Thema Vorwärtsfehlerkorrektur und Modulationstechniken für mobile Satellitensysteme. Er ist in Standardisierungsgruppen (DVB-SH und DVB-RCS) aktiv. Hierfür hat er eine neue BCH-LDPC-Codefamilie mit kurzen Blocklängen entwickelt. Im Sommer 2010 hielt er als Lehrbeauftragter die Vorlesung „Channel Coding“.

Im Berichtszeitraum ausgeschieden:

Dipl.-Ing. Florian Breyer, wiss. Angestellter (zum 30.04.2010)
Dipl.-Ing. Stephan Hellerbrand, wiss. Angestellter (zum 31.03.2010)

2.3 Lehrbeauftragte und Honorarprofessoren

Dr.-Ing. Thomas Hindelang, Europäisches Patentamt München
Apl. Prof. Dr.-Ing. habil. Reimar Lenz, Dr. Lenz Videometrie, München
Dr. Gianluigi Liva, DLR, Oberpfaffenhofen (ab 2010)
Dr.-Ing. Michael Mecking, BMW AG, München
Dr.-Ing. Frank Schreckenbach, DLR, Oberpfaffenhofen (nur 2009)
Dr.-Ing. Ingo Viering, Fa. Nomor Research GmbH, München

2.4 Gastwissenschaftler

Prof. Michelle **Effros**, Dept. of Electrical Engineering,
California Institute of Technology, Pasadena, USA
04.12.2008 – 10.12.2008

Jing Song **Huang**, School of Optoelectronic Science and Engineering,
Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, China
01.09.2009 – 31.08.2010

Prof. Dina **Katabi**, Computer Science & Artificial Intelligence Lab,
Massachusetts Institute of Technology (MIT), Cambridge, USA
22.05.2009 – 29.05.2009

Prof. Muriel **Médard**, Dept. of Electrical Engineering and Computer Science,
Massachusetts Institute of Technology (MIT), Cambridge, USA
04.12.2008 -10.12.2008, 2009: 24.04., 05.06., 19.06., 10.07. , 17.07.

Prof. Pierre **Moulin**, Dept. of Electrical and Computer Engineering
University of Illinois at Urbana-Champaign, USA
01.06.2009 – 05.06.2009, 13.07.2009 – 17.07.2009

Prof. Andrew **Singer**, Dept. of Electrical and Computer Engineering
University of Illinois at Urbana-Champaign, USA
15.06.2009 – 19.06.2009, 06.07.2009 – 10.07.2009

2.5 Mitarbeiter in den Werkstätten

Manfred Danzer, Systemadministrator
Martin Kontny, Elektromaschinenbauer, Elektroniklabor

Im Berichtszeitraum ausgeschieden (beide zum 31.05.2010):

Manfred Jürgens, Betriebsinspektor, Mechanikermeister
Ansgar Ströbele, Hauptwerkmeister, Schreinermeister

2.6 Mitarbeiterinnen im Büro und in der Verwaltung

Doris Dorn, Verwaltungsangestellte
Rita Henn-Schlune, Sekretärin
Nicole Roßmann, Verwaltungsangestellte
Erika Singethan, Offiziantin

2.7 Externe Doktoranden

Dipl.-Ing. Günther Liebl, Fa. Nomor Research GmbH, München
Dr.-Ing. Thomas Stockhammer, Fa. Nomor Research GmbH, München



2.8 Wissenschaftliche und Studentische Hilfskräfte

Wissenschaftliche Hilfskräfte (mit abgeschlossenem Studium):

Sebastian Bittl, Boxiao Li, Victor Gomez Pantoja, Thomas Großer, Ning Gu, Lydia Kraus, Ji Lu, Andrei-Stefan Nedelcu, Abdul Rehman, Jingyi Wang, Markus Weinhold, Xiao Xu.

Studentische Hilfskräfte (bei Forschungsprojekten oder Praktikumsbetreuung):

Michael Balszun, Hannes Bartz, Andreas Brack, Thomas Breitenauer, Ulli Brennenstuhl, Georg Chalkidis, Weijian Chen, Awital Choppé, Christian Denk, Dimitar Dimitrov, Daniel Ebenhöch, Mohamed Fakhfakh, Thomas Großer, Hristo Hristov, Sergey Karpov, Nikolaj Klebert, Zied Maalej, Susan Matinfar, David May, Thomas Pfeuffer, Georg Rudnick, Maximilian Zeitler.

Praktikanten:

Michael Gall, Andrei-Stefan Nedelcu.

2.9 Ehrungen und Jubiläen

In diesem Kapitel sind die Professoren, Lehrbeauftragten, Mitarbeiter, Doktoranden und Diplomanden aufgeführt, die im Berichtszeitraum für hervorragende Leistungen in Lehre und/oder der Forschung ausgezeichnet wurden. Aufgeführt sind hier nur solche Auszeichnungen, die mit dem Lehrstuhl für Nachrichtentechnik bzw. mit dem Fachgebiet Leitungsgebundene Übertragungstechnik in unmittelbarem Zusammenhang stehen. Ebenfalls angegeben sind Jubiläen.

Ehrungen von ehemaligen Mitarbeitern unseres Lehrstuhls finden Sie im nachfolgenden Kapitel 2.10.

Wir gratulieren allen unseren geehrten und verehrten Kolleginnen und Kollegen ganz herzlich.

Auch in diesem Berichtszeitraum wurde unser ehemaliger Lehrstuhlinhaber Prof. Dr. **Ralf Kötter** für hervorragende Forschung, aber auch für sein besonderes Engagement in der Lehre mehrfach ausgezeichnet:

Noch zu Lebzeiten, Ende 2008, wurde Ralf Kötter aufgrund seiner bahnbrechenden Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Informations- und Kommunikationstechnik, insbesondere der Netzcodierung, zum *IEEE-Fellow* ernannt. Gemeinsam mit ihm wurde Michelle Effros vom California Institute of Technology in Pasadena ernannt, ein Jahr zuvor Muriel Médard vom Massachusetts Institute of Technology. Beide sind dem LNT als langjährige Forschungskolleginnen von Ralf Kötter in enger Weise verbunden.

2008 wurde Ralf Kötter mit dem *Best Paper Award der Signal Processing Society* für seine Arbeit zur Turboentzerrung ausgezeichnet. 2009 bekam er den *IEEE Communications Society and Information Theory Society Joint Paper Award* – kurz Joint ComSoc/IT Society Paper Award – zugesprochen als Co-Autor des Beitrags „A Random Linear Network Coding Approach to Multicast“, der im Oktober 2006 in den *IEEE Transactions on Information Theory* erschienen war. Die weiteren Autoren dieses ausgezeichneten Artikels sind T. Ho, M. Médard, D. Karger, M. Effros, J. Shi und B. Leong.

Der *IEEE Communications Society and Information Theory Society Joint Paper Award 2010* ging an Ralf Kötter und seinen Kollegen Frank R. Kschischang von der University of Toronto. Ausgezeichnet wurde ihr gemeinsamer Aufsatz „Coding for Errors and Erasures in Random Network Coding“, erschienen im August 2008 in den *IEEE Transactions on Information Theory*.

Der gemeinsame Beitrag „On Quantizer Design for Soft Values in the Multiple-Access Relay Channel“ von **Georg Zeitler**, Assistent am LNT, Ralf Kötter, unserem ehemaligen Doktoranden Gerhard Bauch und Jörg Widmer (DOCOMO Euro-Labs München) für die IEEE International Conference on Communications im Juni 2009 in Dresden (ICC 2009) wurde ebenfalls mit einem *Best Paper Award* bedacht.

Schließlich wurde Ralf Kötter beim Tag der Fakultät am 16. Oktober 2009 posthum mit dem Ehrenpreis der Fachschaft Elektrotechnik und Informationstechnik (FSEI) ausgezeichnet. Den Preis (siehe Foto) nahmen stellvertretend seine Frau Nuala und sein Sohn Finn entgegen. Wir zitieren in Auszügen aus der Laudatio der Fachschaftsvertreterin Tanja Schulze: „In den beiden Jahren, in denen Professor Ralf Kötter an der TUM wirkte, avancierte er zu einem der beliebtesten und meist geschätzten Professoren unserer Fakultät. Die Studierenden schätzten besonders den frischen Wind, den er in seinen Vorlesungen verbreitete. Zu Beginn war es natürlich für die Studierenden gewöhnungsbedürftig, seinem englisch-deutsch-gemischtem Vortrag zu folgen.“



Ehren-Dozentenpreis der Fachschaft für hervorragende Lehre an Prof. Ralf Kötter

Dieser wirkte aber stets unterstützend auf seinen amerikanisch-deutschen Unterrichtsstil. Somit wurde die Vorlesung nicht nur lehrreich, sondern auch attraktiv gestaltet, und deshalb sind die Studierenden stets gerne in seine Vorlesungen gegangen.

Ein großes Anliegen von Professor Kötter war es, dass alle Studenten den Vorlesungsstoff nicht nur nachvollziehen können, sondern ihn auch begreifen. Deshalb stand er stets für Fragen zur Verfügung, pflegte einen interaktiven Unterricht und vermittelte den Stoff begeistert mit vollem Körpereinsatz. Die Studierenden vermissen Prof. Kötter als einen ausgezeichneten Dozenten und trauern um einen einfühlsamen Menschen. Als Anerkennung und Wertschätzung für seine hervorragende Lehre verleiht ihm deshalb die Fachschaft Elektrotechnik und Informationstechnik im Namen der Studierenden posthum den Ehren-Dozentenpreis.“

Am 20.02.2010 wurde Prof. Dr.-Ing. habil. **Reimar Lenz** im Rahmen eines Gala-Dinners in Beverly Hills von der *Academy of Motion Picture Arts and Sciences* einer der begehrten *Academy's Scientific and Technical Awards* überreicht. Er erhielt diesen Technik-Oscar für seine maßgebliche Beteiligung an der Entwicklung des Film-Scanners ARRISCAN gemeinsam mit seinen Kollegen Michael Cieslinski und Bernd Brauner von der Münchner Firmengruppe ARRI (Arnold & Richter Cine Technik). Ein ausführlicher Bericht folgt im Kapitel 9.1.

Der wissenschaftliche Mitarbeiter von Prof. Hanik im Fachgebiet Leitungsgebundene Übertragungstechnik, Dipl.-Ing. **Florian Breyer**, wurde zusammen mit seinem Kollegen S.C.J. Lee von der TU Eindhoven bei der *Optical Fiber Conference (OFC)*, die im März 2009 in San Diego stattgefunden hat, mit dem *Corning Best Student Paper Award* ausgezeichnet. Der Titel ihres Beitrags lautete: „Discrete Multitone Modulation for High-Speed Data Transmission over Multimode Fibers Using 850 nm VCSEL“. Die OFC ist eine der weltweit renommiertesten Konferenzen im Bereich der optischen Kommunikationstechnik. Corning ist der weltweit führende Hersteller von Glasfaser-Übertragungskabeln.

Bei der *Data Compression Conference (DCC)* im März 2009 in Snowbird im US-Bundesstaat Utah wurde der Vortragende **Pavol Hanus**, M. Sc, des Beitrags „Source Coding Scheme for Multiple Sequence Alignments“ mit dem *Capocelli Prize (Best Paper Award)* ausgezeichnet. Dieser wird seit 1994 jährlich vergeben und erinnert an Renato M. Capocelli, der sich große Verdienste um die Entwicklung der DCC erworben hat. Co-Autoren des Beitrags waren unser Kollege Janis Dingel, der LNT-Diplomand Georg Chalkidis und Prof. Joachim Hagenauer, der 2004 die sogenannte ComInGen Group (Communication and Information Theory in Genetics) ins Leben gerufen hatte.

Am 17. April 2010 wurde **Johannes Lenz**, M. Sc., bei einer Feierstunde im Rathaus von Kronberg im Taunus der *Prof. Dr. Ralf Kötter-Gedächtnispreis* überreicht. Dieser mit 500 € dotierte Preis wurde 2009 von Ruth und Hubert Kötter, den Eltern von Ralf Kötter, ausgelobt und soll bis 2023 jährlich für innovative Forschung oder für besondere humanitäre Hilfe vergeben werden. Der Lehrstuhl für Nachrichtentechnik hat ein Vorschlagsrecht für die Preisvergabe. Der erste Preisträger 2010, Johannes Lenz, hat seine Master Thesis „Asynchronous Network Coded Multicast“ am LNT verfasst und wurde von Danail Traskov betreut. Ein ausführlicher Bericht folgt im Kapitel 9.3.

Wir beschließen dieses Kapitel mit einem Jubiläum: Unsere Offiziantin, Frau **Erika Singethan**, feierte am 1. Juli 2010 ihr *25-jähriges Dienstjubiläum*. Bei einer kleinen Feier in unserer Bibliothek übergab Prof. Hanik die von Frau Minister Haderthauer ausgestellte Urkunde und bedankte sich für ihre gute Arbeit am LNT in 25 Jahren (siehe nebenstehendes Foto).



Erika Singethan und Prof. Hanik bei der Übergabe der Jubiläumsurkunde

2 Personelles

In dieser Rubrik sind Ehrungen sowie berufliche und private Veränderungen ehemaliger Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zusammengestellt. Wir gratulieren herzlich!

Sollten wir hier jemanden vergessen haben, so bitten wir vorab um Entschuldigung. Gleichzeitig bitten wir um Informationen für zukünftige Alumni-Nachrichten, die Sie auch auf den www-Seiten des Lehrstuhls finden können (www.lnt.ei.tum.de).

2.10 Alumni-Nachrichten

Dr.-Ing. **Volker Franz**, der im Jahr 2000 als externer Doktorand bei Professor Hagenauer promovierte, wechselte zum 01.11.2008 von Nokia Siemens Networks als Patentprüfer an das *Europäische Patentamt* in München. Er ist damit Kollege von Dr. Burkert, Dr. Hindelang, Dr. Offer und Dr. Seeger.

Prof. Dr.-Ing. habil. **Norbert Görtz**, der sich 2004 an unserer Fakultät habilitiert hat und 2008 Professor für Multimediale Signalverarbeitung an der *Technischen Universität Wien* wurde, ist seit dem Januar 2010 zusätzlich *Leiter des Instituts für Nachrichtentechnik und Hochfrequenztechnik*.

Dr.-Ing. **Rupert Herzog**, Mitarbeiter am LNT von 1994 bis 2000, wechselte zum 01.01.2010 an das Deutsche Patent- und Markenamt in München. Seine Prüfgebiete sind A/D- und D/A-Wandler und Übertragungsprotokolle. Vorher war er 10 Jahre bei der Siemens AG bzw. bei Nokia Siemens Networks, zuletzt als Gruppenleiter und Projektleiter für DSP-Software (Layer 1 und 2).

Unser Doktorand und ehemaliger Kollege Dipl.-Ing. **Günther Liebl**, seit 2006 bei der Nomor Research GmbH beschäftigt, wurde im März 2010 bei der *3rd International Conference on Simulation Tools and Techniques* im spanischen Torremolinos für seinen Beitrag „Simulation Platform for Multimedia Broadcast over DVB-SH“ mit dem *Best Paper Award* ausgezeichnet. Die Co-Autoren waren K. Tappayuthpijarn, K. Grüneberg, T. Schierl, H. Stalali and N. Pham.

Dr.-Ing. **Frank Schreckenbach**, wissenschaftlicher Mitarbeiter am LNT von 2002 bis 2006 und 2009 Lehrbeauftragter für die Vorlesung *Channel Coding*, wechselte zum 01.07.2010 nach Lausanne zur Fa. NagraVision (Kudelski-Gruppe) in den Bereich *Digitales Fernsehen*. Vorher war Dr. Schreckenbach mehrere Jahre beim Institut für Kommunikation und Navigation am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Oberpfaffenhofen tätig.

Die Fa. *Nomor Research GmbH* (Novel Mobile Radio), im September 2004 von unserem ehemaligen Kollegen Dr.-Ing. **Thomas Stockhammer**, dem Lehrbeauftragten Dr.-Ing. **Ingo Viering** und Prof. **Joachim Hagenauer** gegründet, wurde im November 2009 bei einer feierlichen Veranstaltung im Bayerischen Hof in München vom VDE Südbayern mit dem VDE Award 2009 in der Kategorie *Wirtschaft Startup* ausgezeichnet. Mit den VDE-Awards sollen hervorragende technische Entwicklungen und das Engagement für mehr Technikbegeisterung in der Bevölkerung honoriert werden.

Dr.-Ing. **Johannes Zangl**, wissenschaftlicher Mitarbeiter am LNT von 2000 bis 2005, wechselte zum 01.06.2008 von Infineon Technologies zu *Rohde & Schwarz* in den Geschäftsbereich *Messtechnik*. Er ist damit in einer weiteren Außenstelle des LNT (neben dem Europäischen Patentamt) ein Kollege von Dr. Breyer, Dr. Kuhn, Dr. Mayer und Dr. Schäfer.

Auch der *Nachwuchsbereich* von TUM-LNTalumni ist männlich dominiert:

- 11.01.2009 **Pepe Linus Valentin Dingel** – sein Vater Janis war von 2006 bis 2009 Mitarbeiter in der LNT-ComInGen Group,
- 09.03.2009 **Paulo Barros** – sein Vater João war von 1999 bis 2004 Mitarbeiter am LNT und Koordinator des MSCE-Programms,
- 03.04.2009 **Manuel Alexander Weiß** – sein Vater Christian forschte am LNT von 1996 bis 2002 zum Thema Tail-Biting-Codes,
- 03.07.2009 **Jannik Mecking** – sein Vater Michael war von 1997 bis 2004 LNT-Mitarbeiter und ist seither Lehrbeauftragter,
- 07.03.2010 **Paul Jeroen Ernst** – sein Vater Harald war von 1996 bis 1998 Mitarbeiter am LNT und danach lange Jahre am DLR.

3

Lehr- veranstaltungen

3.1 Einige allgemeine Bemerkungen

Günter Söder

An unserem Lehrstuhl gab es nach dem Tod von Prof. Kötter einige wesentliche Veränderungen hinsichtlich Lehre, weniger die Vorlesungen betreffend, eher die Vortragenden. Die beiden Grundlagenvorlesungen *Nachrichtentechnik 1* und *Nachrichtentechnik 2* wurden seit April 2009 von Prof. Söder gehalten, wobei sich Günter Söder und Georg Zeitler die Vorlesungen und Übungen zu NT2 blockweise aufteilten. Die Vorlesung NT1 ist nun neben der Regelungstechnik 1 von Prof. Buss ein Teil des Moduls „Systeme“ im BSc-Studiengang. Damit ist der Bologna-Prozess nun auch am LNT angekommen. Alle Studierenden unserer Fakultät werden zukünftig entweder nach dreijähriger Regelstudienzeit als ein *Bachelor of Science* (B.Sc.) oder nach weiteren zwei Jahren mit dem Titel *Master of Science* (M.Sc.) abschließen.

Prof. Söder war nun auch verantwortlich für das von T. Lutz organisierte *Grundpraktikum Nachrichtentechnik* und – gemeinsam mit Prof. Hanik – für das *Hauptseminar Digitale Kommunikationssysteme*. Organisiert wurde dieses von D. Traskov, B. Göbel und P. Hanus, beteiligt sind aber alle LNT-Mitarbeiter. Im Kapitel 3.5 sind die in diesem Seminar von Studenten gehaltenen Vorträge aufgeführt. Die Referate des englischsprachigen MSCE-Seminars, das gemeinsam mit dem Lehrstuhl für Kommunikationsnetze (LKN) angeboten wird, folgen im Kapitel 3.6.

Als Nachfolger von Prof. Kötter für die englischsprachige Vorlesung *Channel Coding* konnten wir unseren ehemaligen Kollegen Dr. Schreckebach (2009) sowie Dr. Liva (2010) gewinnen, beide vom Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Oberpfaffenhofen. Wir danken für die Bereitschaft, den LNT in der für uns schwierigen Zeit zu unterstützen.

Die von Prof. Kötter initiierte Vorlesung *Optimization in Communications and Signal-Processing* hält nun der bisherige Co-Referent Prof. Utschick alleine. Prof. Hagenauer hat 2009 seine *Kommunikations- und Informationstheorie in der Genetik* zum letzten Mal gelesen. Seit 2010 bietet Dr. Hausl die neue Vorlesung *Cooperative Communications* an.

Im Kapitel 3.2 finden Sie alle LNT-Veranstaltungen. An den meisten Vorlesungen und Praktika unserer Mitarbeiter und der Lehrbeauftragten Dr. Hindelang, Prof. Lenz, Dr. Mecking und Dr. Viering hat sich gegenüber 2008 nichts geändert.

Nur kleine Veränderungen gab es auch bei den Lehrveranstaltungen des Fachgebiets Leitungsgebundene Übertragungstechnik (Kapitel 3.3) und bei den Vorlesungen für das „Lehramt an Beruflichen Schulen“, die von Dr. Eichin und hauptsächlich von Prof. Hanik angeboten werden (siehe Kapitel 3.4). Obwohl alle diese Veranstaltungen den Zusatz „LB“ aufweisen, sind 90% der Hörer TUM-BWL-Studenten.

- 3.1 Einige allgemeine Bemerkungen
- 3.2 LNT-Veranstaltungen für EI und MSCE
- 3.3 LÜT-Veranstaltungen für EI und MSCE
- 3.4 Studiengang Lehramt an beruflichen Schulen (LB)
- 3.5 Hauptseminar Digitale Kommunikationssysteme
- 3.6 Seminar on Topics in Communications Engineering

3.2 LNT-Veranstaltungen für EI und MSCE

- Nr. 72101: PF (2V + 1Ü) im 4. Sem.
Nachrichtentechnik 1
SS 09: Söder mit Hausl
SS 10: Söder mit Heindlmaier
- Quellensignale und ihre Spektren. Abtasttheorem, Quantisierung. Basisbandübertragung: Impulsformen und ihre Spektren, Nyquist-Bedingung, Augendiagramm. Übertragungskanal, Detektion im Rauschen, Matched-Filter, Fehlerwahrscheinlichkeiten bei antipodischer und orthogonaler Übertragung. Lineare digitale Modulationsverfahren (PSK, QAM), Gauß-Kanal (AWGN), diskreter Kanal (BSC), PCM mit Fehlern, korrelative Codierung.
- Nr. 72111: WP (2V + 1Ü) im 5. Sem.
Nachrichtentechnik 2
WS 08/09: Kötter mit Zeitler
WS 09/10: Söder und Zeitler
- Elemente der Informationstheorie. Shannon-Grenze für AWGN und BSC. Bandpass-Signale und -Systeme: Analytisches Signal, Hilbert-Transformation. Digitale Modulationsverfahren: FSK, MSK, CPM, PSK, DPSK, QPSK, OQPSK, QAM. Demodulationsverfahren: Kohärente und nicht-kohärente Demodulationsprinzipien. Anwendungen: Satellitenfunk, Richtfunk, Daten-Modem, PN-Modulation. Analoge Modulation: AM, FM. Multiplexverfahren: FDM, OFDM, TDM, CDMA. Entzerrung.
- Nr. 72113: WP (2V + 1Ü) im 7. Sem.
Mobile Communications
Hindelang
Jeweils im Wintersemester
(in Englisch, auch für MSCE-1)
- Introduction to mobile communication systems. Models for mobile radio channels: path loss models, slow fading (shadowing), fast fading channel, frequency and time selective channels, delay and Doppler spread, multipath propagation. Derivation of error probabilities due to fading and noise. Equalization for mobile communication systems: maximum ratio combining, zero-forcing, MMSE equalizer, Viterbi algorithm. Channel and noise estimation. The physical layer of the existing UMTS and its successor LTE, associated with an introduction of CDM(A), OFDM(A), MIMO and scheduling techniques.
- Nr. 72120: WP (3V) im 7./8. Sem.
Hauptseminar Digitale Kommunikationssysteme
WS 08/09: Kötter, Hanik, Traskov
SS 09: Hanik, Söder, Traskov
WS 09/10: Hanik, Söder, Göbel
SS 10: Hanik, Söder, Hanus
- Für das Seminar werden verschiedene Themen aus den Gebieten der Digitalen Kommunikationstechnik ausgewählt, die von den Studenten selbständig bearbeitet werden, zum Beispiel Sprach- und Videocodierung, Multimedia-Übertragung, AdHoc-Netzwerke, optische Übertragungstechnik sowie Informationstheorie und Kanalcodierung. Jeder Student fasst die Ergebnisse seiner Arbeit schriftlich zusammen und hält anschließend einen wissenschaftlichen Vortrag. Themenliste siehe Kapitel 3.5.
- Nr. 72122: WP (2V + 1Ü) im 7. Sem.
Information Theory
Mecking
Jeweils im Wintersemester
(in Englisch, auch für MSCE-1)
- Review of probability theory: uncertainty and mutual information. Source models. Source coding principles. Asymptotic equipartition property. Lossless source coding: prefix-free codes, Shannon Fano codes, Huffman codes. Principles of arithmetic coding, run length coding. Universal source coding (Lempel-Ziv algorithm). Discrete channels and their capacity. Channel coding theorem. Application to practical modulation schemes. Continuous channels: discrete-time, continuous-time, band-limited, AWGN. Limits of communication. Parallel Gaussian channels, fading channels. Multiple-access channels: achievable rate region, orthogonal access techniques.

Cellular systems: cell layout, antenna pattern, pathloss, shadowing, link budgets, mobility/handover/cell selection. Radio access systems: WCDMA, distributed/localized OFDM/OFDMA, single carrier FDMA duplex methods. TDD/FDD interference: intracell interference, self-interference, intercell interference, methods for interference mitigation. PHY mechanisms: power control/loading, adaptive modulation and coding. MAC scheduling: channel dependence, QoS impact, frequency dependence, impact on physical layer. MAC/RLC/PDCP: IP convergence, robust header compression, segmentation. HARQ MIMO: diversity techniques, achievable gains, single/double stream, open/closed loop techniques. X-layer: OSI model, shared channels. Packet switched/circuit switched system architecture: mobile stations, base stations, central nodes, gateways, interfaces. Existing systems: UMTS/HSDPA/HSUPA/HSPA evolution, LTE (long term evolution), WiMAX. Coexistence: problems with neighboring bands services/applications/higher layer, codecs, broadcast services, bearers, QoS transfer.

Nr. 72124: WP (2V + 1Ü) im 7. Sem.
System Aspects in Communications
 Viering mit Traskov
 Jeweils im Wintersemester
 (in Englisch, auch für MSCE-3)

Introduction to error-control coding. Review of information theory: limits on data transmission, discrete-time channel models, the channel coding theorem(s). Binary block codes: properties, ML and MAP decoding, construction and performance of the single parity check code and the repetition code. Linear binary block codes: definition and properties of the Hamming space, syndrome decoding, cyclic codes, introduction to common code families (Hamming, Reed Muller, CRC codes, ...), performance and minimum distance bounds. Binary convolutional codes: descriptions, distance properties, puncturing, Viterbi decoding. Galois fields: properties, construction methods. Linear block codes over Galois fields (here: Reed Solomon codes): construction, properties, encoding algorithms, bounded minimum distance decoding (Berlekamp Massey algorithm). BCH codes: construction, properties. Concatenated codes: construction methods, iterative decoding.

Nr. 72127: WP (2V + 1Ü) im 6. Sem.
Channel Coding
 SS 09: Schreckenbach mit Brauchle
 SS 10: Liva mit Brauchle
 (in Englisch, auch für MSCE-2)

Charakteristische Versuche und Messungen an nachrichtentechnischen Systemen: Analoge Modulationsverfahren (AM, FM). Bildcodierverfahren (PCM, DPCM, DCT). Codemultiplexsysteme (CDMA). Digitale Modulationsverfahren (BPSK, QPSK, QAM). Digitale Signaldarstellung (Abtastung, Quantisierung, Binärcodierung). Digitale Basisbandübertragung (Kanäle, Eigenschaften digitaler Signale, Signaldetektion). Diversität (Zeit-, Frequenz- und Raumdiversität, schnelles Fading, langsames Fading).

Nr. 72140: WP (4P) im 5.–8. Sem.
Grundpraktikum Nachrichtentechnik
 Kötter bzw. Söder mit Lutz u. a.
 Jedes Winter- und Sommersemester

Einführung in die Mikroprozessor-Grundlagen und die Technik des Programmierens: Interrupts, I/O-Ports, Gerätetreiber. Anwendungsbeispiele: diskrete Faltung, PN-Generator, serielle Datenübertragung, rekursiver Sinusgenerator, Approximation analoger Filter durch digitale Systeme, Datenkompression (Huffman-Code), Kanal(de)codierung (Paritätsprüfung, Hammingcode), AWGN-Kanal.

Nr. 72141: WP (4P) im 6./8. Sem
Praktikum Anwendung des Mikroprozessors in der Nachrichtentechnik
 Söder, Hausl mit Weinhold
 Jeweils im Sommersemester

Nr. 72142: WP (4P) im 6./8. Sem.
**Praktikum Simulationsmethoden
in der Nachrichtentechnik**
Söder
Jeweils im Sommersemester

Grundlagen und Anwendungen der Systemsimulation in der Nachrichtentechnik mit Programmierbeispielen in C, insbesondere: Erzeugung diskreter und kontinuierlicher Zufallsgrößen, PN-Generatoren, Markovketten, zweidimensionale Zufallsgrößen, lineare zeitinvariante Systeme, diskrete Fouriertransformation, Spektralanalyse, stochastische Prozesse, Digitalfilterung, optimale Filter (Matched- und Wiener-Filter), digitale Basisbandübertragung, Übertragungs-codes, Nyquistsysteme.

Nr. 72143: WP (4P) im 7. Sem.
**Praktikum Simulation digitaler
Übertragungssysteme**
Söder
Jeweils im Wintersemester

Erarbeiten der charakteristischen Eigenschaften von Nachrichtenübertragungsverfahren mit Hilfe interaktiver Grafikprogramme, insbesondere: Analoge Modulationsverfahren (AM, PM, FM), digitale Modulationsverfahren (ASK, FSK, PSK), Impulsinterferenzen und Entzerrung (Nyquistsysteme, Entscheidungsrückkopplung, Korrelations- und Viterbi-Empfänger), digitale Kanalmodelle und deren Anwendung auf Multimediadateien, Mobilfunkkanal, Bandspreizverfahren und CDMA-Systeme, wertdiskrete Informationstheorie (Quellencodierung, Kanalkapazität, Lempel-Ziv- und Huffman-Algorithmus).

Nr. 72153: WF (2V) im 7. Sem.
**Digitale Fotografie und
Videometrie**
Lenz
Jeweils im Wintersemester

Grundlagen und Anwendungen der Messtechnik mit bildgebenden Halbleitersensoren. Bildsignalerzeugung: Funktionsprinzip von CCD-Zeilen- und Flächensensoren, Gewinnung von Farbinformation, erreichbare Auflösung in Ort und Zeit. Modellierung der systemtheoretischen, geometrischen und radiometrischen Eigenschaften des bildgebenden Systems einschließlich Analog-/Digitalwandlung für die weitere Bildsignalverarbeitung. Farbnormen und Farbmessung, radiometrische und geometrische Kamerakalibrierung, 3D-Objektvermessung.

Nr. 72158 WF (2V) im 7. Sem.
**Kommunikations- und
Informationstheorie in der
Genetik**
WS 08/09: Hagenauer mit Dingel,
Hanus, Weindl

Grundbegriffe der Informationstheorie. Grundlagen der Quellen- und Kanalcodierung. Basiswissen über molekulare Genetik. Beispiele von Anwendungen der Kommunikations- und Informationstheorie bei der Modellierung molekularbiologischer Prozesse: Genkartierung mit Hilfe von Transinformation, kompressionsbasierte Klassifizierung genetischer Daten, codierungstheoretische Modelle in der Genexpression, Detektion und informationstheoretische Analyse konservierter Bereiche im Genom.

Nr. 72172: PF (2V + 1Ü) im 2. Sem.
**Advanced Topics in Signal
Processing**
SS 09: Singer und Moulin mit
Thakur
(in Englisch, nur für MSCE)

Introduction to signal detection and estimation. Elements of statistical decision theory: a general framework for discussing the Bayes and minimax approaches to detection and estimation, M-ary hypothesis testing and Bayesian parameter estimation obtained as special cases. Binary Hypothesis Testing: Bayesian decision rules, Minimax decision rules, Neyman-Pearson decision rules (the radar problem), composite hypothesis testing. Signal detection in discrete time: models and detector structures, performance evaluation, Chernoff bounds. Parameter estimation: Bayesian estimation, non-random parameter estimation, maximum likelihood estimation, Cramer-Rao bounds, asymptotic optimality. Minimum Mean Squared Error (MMSE) Estimation: MMSE estimation and linear MMSE estimation for random vectors (the orthogonality principle), Kalman and Wiener filtering. Advanced topics: robust detection and estimation, non-parametric estimation, particle filtering.

Lecture: Tree algorithms. Shortest path routing (without multicast) and BGP. Congestion control and TCP. Markov chains, queues, Little's law, M/M/... queues. M/G queues, use of transforms, networks and reversibility. ALOHA and collision issues, details of 802.11, applications of queueing. Optimal routing, overview of switching, basic switching theory, matching and stability issues. *Projects:* Interaction between ARQ and coding. Retransmission versus heavier coding. Congestion control methods and their analysis. Proposals for routing mechanisms. Analysis and comparison of routing mechanisms. Building larger routers from small routers: analysis and proposed methods. To code or not in ALOHA. Queueing analysis of 802.11. Path lengths for different recovery methods. Pricing and routing. The effect of routing path choices on router buffer management.

This lecture is a joint seminar of the Institute for Communications Engineering and the Institute of Communication Networks. It is a mandatory course for the students in the 3rd semester of the Master of Science in Communications Engineering (MSCE) program. Each participant of the seminar is assigned a current topic from the areas of Multimedia Communications over the Internet, Coding and Signal Processing for Source, Channel and Equalization, Network Coding and Network Information Theory or Optical Communications. The aim of the seminar is that the students use scientific literature in order to gain a good understanding of the assigned topic, in order to be able to convey the main ideas in the form of a brief report and a scientific presentation, see Chapter 3.6 for a list of participants and presented topics.

Introduction to digital communication systems based on computer simulations: signal properties, signal processing (filtering, sampling, quantization). Principles in source and channel coding, channel properties, optimal receiver filters, baseband transmission, intersymbol interference. Nyquist criteria. Digital modulation schemes via carrier frequency.

Application scenarios for cooperative communications. Information-theoretic limits. Relaying strategies: decode-and-forward, compress-and-forward, amplify-and-forward. Half-duplex constrained and full-duplex relaying. Cooperative diversity. Resource allocation. Distributed channel coding. Network coding. Virtual antenna arrays. Relay selection.

Introduction: Problem statement of optimization, basic definitions, categorization. Convex Analysis: convex sets and functions. Optimality conditions: Karush-Kuhn-Tucker conditions, constraint qualifications. Lagrangian duality: duality theorems, solutions for the primal and dual problem. Algorithms for unconstrained and constrained optimization: gradient methods, Newton's method, subgradient methods, projection methods, fix-point algorithms. Applications: coding, filter design, belief propagation, network optimization, problems from multi-user information theory, resource allocation, parameter optimization in layered/distributed communication systems.

Nr. 72173: PF (2V + 1Ü) im 2. Sem.
Advanced Topics in Communications Engineering
SS 09: Médard und Katabi mit Traskov
(in Englisch, nur für MSCE)

Nr. 72174: WP (3V) im 3. Sem.
Seminar on Topics in Communications Engineering
WS 08/09: Kötter, Hanik, Hanus u. a.
WS 09/10: Eberspächer, Hanik, Thakur u. a.
(in Englisch, nur für MSCE)

Nr. 72175: WP (4P) im 1. Sem.
Communications Laboratory
Hausl
Jeweils im Wintersemester
(in Englisch, nur für MSCE)

Nr. 72177: WP (2V + 1Ü) im 8. Sem.
Cooperative Communications
SS10: Hausl
(in Englisch, auch für MSCE-2)

Nr. 74671: WP (2V+1 Ü) im 7. Sem.
Optimization in Communication and Signal Processing
WS 08/09: Utschik/Kötter mit Thakur
(in Englisch, auch für MSCE-3)

Nr. 72915: WP (2V + 1Ü) im 7. Sem.
**Leitungsgebundene
Übertragungstechnik**
Hanik mit Göbel
Jeweils im Wintersemester

3.3 LÜT-Veranstaltungen für EI und MSCE

Struktur des Kommunikationsnetzes: Zugangsnetz, Regional-/Fernnetz, globales Netz. Sendesignalformen und Leistungsdichtespektren digitaler Übertragungssysteme: NRZ, RZ, AMI, Duobinär, HDB3, 4B3T, QAM, CAP. Übertragungsmedium Kupfer-Doppelader: Leitungsgleichungen, Dämpfungs- und Phasenfunktion, Reflexionen, Nebensprechen. Eigenschaften von Koaxialkabeln. Digitale Übertragung: Augenmuster, Intersymbol-Interferenz, Augenöffnung, Rauschen, Bitfehlerwahrscheinlichkeit. Lineare und nicht-lineare Entzerrung. Optimale Empfänger. Übertragungssysteme über Kupferkabel: analoge und digitale Sprachübertragung, ISDN, xDSL, Kabel-TV. Übertragungsmedium „Glasfaser“: Laser, Standardfaser, Photodiode, optische Verstärker, Dispersionskompensation. Optische Signalübertragung: Dispersion, Polarisations-Modendispersion, Rauschakkumulation, Bitfehlerrate. WDM-Technik. Optisches Netz.

Nr. 72921: WP (2V + 1Ü) im 8. Sem.
Optical Communication Systems
Hanik mit Gaete
Jeweils im Sommersemester
(in Englisch, auch für MSCE-2)

Structure of optical WDM transmission systems. Basic properties of standard single mode fibres: attenuation, chromatic dispersion, polarisation mode dispersion. Fiber nonlinearities: four-wave mixing, Raman scattering, self- and cross-phase modulation, Brillouin scattering. Modelling optical signal propagation using the nonlinear Schroedinger equation. Optical amplifiers. Optical filters. Generation and detection of various modulation schemes: NRZ/RZ intensity modulation, suppressed carrier RZ, chirped RZ, RZ-DPSK, duobinary modulation, QAM. Direct detection, coherent detection. Optical transmission systems: Bit Error Rate, system margin, system penalty. Optimized system design: high-channel WDM systems, ultra-long-haul systems, ultra-high channel data rates, Soliton systems.

Nr. 72991: WP (4P) im 8. Sem.
**Simulation of Optical
Communication Systems
Laboratory**
Hanik mit Inan u. a.
Jeweils im Sommersemester
(in Englisch, auch für MSCE-2)

This Lab Course offers a hands-on introduction to the simulation, optimization and physical properties of optical communication systems using a commercially available photonic system design software (Optiwave Photonic Design Tools). In the first lab sessions, the basic components of optical transmitters and receivers are described and analyzed in simulations. The following sessions treat the linear and nonlinear effects that occur in transmission over optical fiber and the corresponding consequences for transmission quality. In the concluding sessions, the optimization of optical communication systems is covered as well as fiber amplifiers and transmission over multimode-fiber.

3.4 Studiengang Lehramt an beruflichen Schulen (LB)

Nr. 72183: WP (2V + 1Ü) im 8. Sem.
Kommunikationssysteme (LB)
Eichin
Jeweils im Sommersemester
(WP für BWL im 6. Semester)

Eigenschaften von Nachrichtensystemen und deren Komponenten, vorwiegend aus dem Bereich der Mobilfunksysteme: Zeitvariante Kanäle, Vielfachzugriffsverfahren. Bekannte Systeme: GSM, GSM2+, CDMA, Grundlagen von UMTS, HSPA.

Charakteristische Versuche und Messungen an Nachrichtentechnischen Systemen: Grundlagen der Statistik, Signale und Spektren, Amplitudenmodulation, Frequenzmodulation, Pulscodemodulation, Digitalsignalübertragung.

Nr. 72191: WP (3P) im 8. Sem.
Nachrichtentechnik-Praktikum (LB)
Eichin und Söder
Jeweils im Sommersemester
(WP für BWL im 6. Semester)

Klassifizierung von Signalen, Abgrenzung Datenverarbeitung – Datenübertragung. Grundlegende Elemente der Datenverarbeitung: Beschreibung von Schaltnetzen, Boolesche Algebra, Schaltfunktionen, disjunktive und konjunktive Normalform, Minimierung von Schaltfunktionen. Zahlensysteme, Rechnen im Dualsystem. A/D- und D/A-Umsetzung. Schaltwerke. Grundlegende Elemente der Datenübertragung: deterministische und stochastische Signale, periodische Signale (reelle und komplexe Darstellung), Fourier-Reihenentwicklung. Grundlagen der Statistik: Wahrscheinlichkeitsdichte, Verteilungsfunktion und Momente, stationäre und ergodische Prozesse.

Nr. 72981: PF (2V + 1Ü) im 1. Sem.
Grundlagen der Informationstechnik (LB)
Hanik mit Breyer
Jeweils im Wintersemester
(PF für BWL im 3. Semester)

Signale und Spektren: stochastische, periodische, aperiodische Signale. Fourierreihe, Fourierintegral und Fouriertransformation. Systemtheorie linearer zeitinvarianter Systeme: Übertragungsfunktion, Impulsantwort, lineare Verzerrungen, Faltung.

Nr. 72985: PF (2V + 1Ü) im 3. Sem.
Signaldarstellung (LB)
Hanik
SS 09, WS 09/10
(WP für BWL im 5. Semester)

Grundlagen der Modulation: ZSB- und ESB-Amplitudenmodulation und zugehörige Modulatoren/Demodulatoren. Winkelmodulation. Verzerrungen durch Modulation. Einfluss von Rauschstörungen. Prinzip der digitalen Modulationsverfahren: Zeitdiskrete Signaldarstellung, Pulscodemodulation. Grundlagen der Digitalsignalübertragung.

Nr. 72987: WP (2V + 1Ü) im 6. Sem.
Modulationsverfahren (LB)
Hanik
Jeweils im Wintersemester
(WP für BWL im 6. Semester)

3.5 Hauptseminar Digitale Kommunikationssysteme

Wintersemester 2008/2009

- 27.11.2008 **Thomas Delamotte** – Betreuer: Dr. Hausl
Der Turbo-Code des LTE-Standards
- 27.11.2008 **Manuel Wocheslander** – Betreuer: J. Brauchle
The Fundamental Iterative Algorithm for Decoding Reed Solomon Codes
- 27.11.2008 **Anh Nguyen** – Betreuer: T. Lutz
Algebraische Eigenschaften von Faltungscodes

Dieses Hauptseminar ist eine gemeinsame Wahlpflichtveranstaltung des Lehrstuhls für Nachrichtentechnik (LNT) und des Fachgebiets Leitungsgebundene Übertragungstechnik (LÜT), wobei alle Mitarbeiter in die Betreuung eingebunden sind. Das Seminar findet im Wintersemester und im Sommersemester statt. Die Vorträge können in deutscher oder englischer Sprache gehalten werden.

Die Organisatoren waren Danail Traskov, M.Sc. (WS 2008/2009 und SS 2009), Dipl.-Ing. Bernhard Göbel (WS 2009/2010) und Pavol Hanus, M.Sc. (SS 2010).

- 27.11.2008 **Thomas Breitenauer** – Betreuer: T. Lutz
Listendecodierung von Faltungscodes
- 11.12.2008 **Rainer Bodendorfer** – Betreuer: J. Hou
Meilensteine in der Entwicklung der Netzwerkcodierungstheorie
- 11.12.2008 **Yang Gao** – Betreuer: D. Traskov
Evolutionary Algorithms for Network Coding
- 11.12.2008 **Paul Martin Halm** – Betreuer: D. Traskov
Network Coding meets TCP
- 11.12.2008 **Xin Luo** – Betreuer: Dr. Hausl
Ein Relaiscodierschema mit verbesserter Diversität
- 18.12.2008 **Johannes Dorfner** – Betreuer: P. Hanus
Lossless Compression of Black and White Images
- 18.12.2008 **Yue Sun** – Betreuer: G. Zeitler
Compressed Sensing
- 18.12.2008 **Qi Pan** – Betreuer: G. Zeitler
The Information Bottleneck Method
- 08.01.2009 **Chen Tang** – Betreuer: J. Hou
Der Broadcast-Channel: Eine Einführung
- 08.01.2009 **Wenquan Dai** – Betreuer: F. Breyer
Passive Optical Networks: the High Bandwidth Access Technology
- 08.01.2009 **Martin Stingl** – Betreuer: B. Göbel
Überblick über Methoden zur Reduktion des PAPR in OFDM-Systemen
- 08.01.2009 **Jie Zhang** – Betreuer: S. Hellerbrand
Trellis Shaping for PAPR Reduction in OFDM Systems
- 15.01.2009 **Maximilian Schmidhuber** – Betreuer: S. Hellerbrand
Kohärente optische Empfänger
- 15.01.2009 **Qi Zhuang** – Betreuer: O. Gaete
Full Optical Field Reconstruction in Direct Detection Optical Systems
- 15.01.2009 **Onur Kayikci** – Betreuer: L. Coelho
Methods for Bit Error Rate Evaluation in Optical Communication Systems

15.01.2009 **Fabian Gansmann** – Betreuer: B. Göbel
OFDM in optischen Systemen

Sommersemester 2009

28.05.2009 **Martin Neudecker** – Betreuer: J. Hou
Einführung in den Vielfachzugriffskanal

28.05.2009 **Zhibo Wen** – Betreuer: Dr. Hausl
Ein Relaiscodierschema mit verbesserter Diversität

28.05.2009 **Yan Li** – Betreuer: M. Thakur
Optimal Design of LAN-WAN Internetworks: an Approach
using Simulated Annealing

28.05.2009 **Johannes Sinnhuber** – Betreuer: D. Traskov
Schedulingstrategien zur Maximierung des Datendurchsatzes
in Netzwerken

04.06.2009 **Sabine Schwarz** – Betreuer: J. Brauchle
The Fundamental Iterative Algorithm for Decoding Reed-
Solomon Codes

04.06.2009 **Rihab Quakel** – Betreuer: M. Heindlmaier
Algebraische Lösungen für das generelle lineare
Netzcodierungs-Problem

04.06.2009 **Hannes Bartz** – Betreuer: T. Lutz
Korrektur von Fehlern und Auslöschungen in
Kommunikationsnetzen basierend auf zufälliger
Netzcodierung

18.06.2009 **Florian Dollinger** – Betreuer: F. Breyer
Datenübertragung über das Stromnetz (Home Plug) – Stand
der Technik

18.06.2009 **Marko Ristic** – Betreuerin: B. Inan
Optical Wireless: Visible Light Communications

18.06.2009 **Matthias Götz** – Betreuer: O. Gaete
Implementierungsaspekte von OFDM in optischen
Übertragungssystemen

18.06.2009 **Ulli Brennenstuhl** – Betreuer: B. Göbel
Leitungscodierung und „Constrained Coding“ in
faseroptischen Kanälen

- 25.06.2009 **Mehdi Cheikh Rouhou** – Betreuer: G. Zeitler
The Information Bottleneck Method
- 25.06.2009 **Ina Schneider** – Betreuer: J. Dingel
Das Prinzip von MDL (Minimum Description Length)
- 25.06.2009 **Angelique Espinasse** – Betreuer: P. Hanus
Context Tree Weighting Models and Compression

Wintersemester 2009/2010

- 10.12.2009 **Anh Nguyen** – Betreuer: P. Hanus
Data Compression using Prediction by Partial Matching
- 10.12.2009 **Zhe Ren** – Betreuer: M. Thakur
Stability of End-to-End Algorithms for Joint Routing and Rate Control
- 10.12.2009 **Zhiqing Wan** – Betreuer: S. Hellerbrand
Numerical Simulation using Graphics Processing Units (GPU) and Application to Fiber Modeling
- 10.12.2009 **Rafaelli Vidal** – Betreuer: L. Coelho
Recent Advances in All-Optical Signal Regeneration
- 17.12.2009 **Matthieu Sciora** – Betreuer: O. Gaete
Increasing Spectral Efficiency in Direct Detected Optical-OFDM using an Iterative Estimation Technique
- 17.12.2009 **Sonia Landolsi** – Betreuer: F. Breyer
WDM-PON: Next Generation Access Networks
- 17.12.2009 **Beibei Wei** – Betreuerin: B. Inan
LEDs for Solid-State Lighting: Performance Challenges and Recent Advances
- 17.12.2009 **Yejing Xu** – Betreuer: B. Göbel
Secure Lightwave Communication
- 14.01.2010 **Silun Shen** – Betreuer: J. Hou
Introduction to the Broadcast Channel
- 14.01.2010 **Mehmet Dincer Beken** – Betreuer: Dr. Hausl
Transmit Diversity with Space-Time Coding
- 14.01.2010 **David May** – Betreuer: M. Heindlmaier
Interference Cancellation with ZigZag Decoding

- 14.01.2010 **Hristo Hristov** - Betreuer: O. Iscan
Doubly Selective Channel Estimation
- 21.01.2010 **Aymen Dhouib** – Betreuer: J. Brauchle
Belief Propagation for Reed-Solomon Codes
- 21.01.2010 **Minchen Wu** – Betreuer: T. Lutz
Information Theoretic and Algebraic Foundation of Network Coding
- 21.01.2010 **Yuqi Ding** – Betreuer: G. Zeitler
The Diversity-Multiplexing Trade-off
- 21.01.2010 **Wenda Zhu** – Betreuer: D. Traskov
Generalized Processor Sharing (for Flow Control)

Sommersemester 2010

- 10.06.2010 **Daniel Paulus** – Betreuerin: E. Georgieva
Powerline-Kommunikation im Fahrzeug
- 10.06.2010 **Martin Jäger** – Betreuer: L. Coelho
Capacity Limits of Optical Fiber Networks
- 10.06.2010 **Michael Häcker** – Betreuer: O. Gaete
Coherent 16-QAM for High Speed Transmission in Fiber Optics
- 17.06.2010 **Lingli Qian** – Betreuer: J. Hou
Random Coding or Not?
- 17.06.2010 **Paul Berg** – Betreuer: P. Hanus
Statistical Prediction Based on Universal Source Coding
- 17.06.2010 **Daniel Ebenhöch** – Betreuer: J. Brauchle
List-Decoding of Reed-Solomon Codes
- 24.06.2010 **Zied Maalej** – Betreuer: T. Lutz
Timing Strategies in Information Theory and Communications
- 24.06.2010 **Beril Günay** – Betreuer: M. Heindlmaier
Recent Approaches for Wireless Video Transmission
- 24.06.2010 **Ying Fan** – Betreuer: Dr. Hausl
Digitaler Fernseh Rundfunk mit hierarchischer Modulation

This lecture is a joint seminar of the Institute for Communications Engineering (LNT) and the Institute of Communication Networks (LKN) and a mandatory course of the Master of Science in Communications Engineering program in the 3rd semester. The presentations are given by MSCE students. During the Course the MSCE students are obliged to prepare a report and give a presentation on latest topics of the Communications Engineering field. Organization by Pavol Hanus, M.Sc. (WS 2008/2009) resp. Mohit Thakur, M.Sc (WS 2009/2010) and Dr. Christian Hartmann (LKN).

3.6 Seminar on Topics in Communications Engineering

Wintersemester 2008/2009

- 19.12.2008 **Abhishek Bit** – Betreuerin: J. Weindl (LNT)
Information Theoretic Measures in DNA Sequence Analysis
- 19.12.2008 **Burcu Sagel** – Betreuer: J. Dingel (LNT)
Algebraic Models for Gene Networks
- 19.12.2008 **Liwei Zhou** – Betreuer: P. Hanus (LNT)
Construction of Multiple Sequence Alignments
- 19.12.2008 **Burcu Barla** – Betreuer: Dr. Kuryshv (LNT)
Algorithms and Models for Constructing Phylogenetic Trees
- 09.01.2009 **Jad Noueihed** – Betreuer: J. Dingel (LNT)
Channels with Insertions and Deletions
- 09.01.2009 **Muhammad Faisal Arain** – Betreuer: M. Thakur (LNT)
Minimum Cost Multicast over Coded Packet Networks
- 09.01.2009 **Karim Khashaba** – Betreuer: M. Thakur (LNT)
Rate Control in Communication Networks
- 16.01.2009 **Thiago Martins de Moraes** – Betreuer: F. Leipold (LKN)
Advanced Methods for Solving the Set-Covering Problem in Wireless Networks
- 16.01.2009 **Mahmoud Hammoud** – Betreuer: J. Ellenbeck (LKN)
Application of Game Theory for Resource Management in Wireless Communications
- 16.01.2009 **Harald Burchardt** – Betreuer: Dr. Hartmann (LKN)
Cooperative Relaying in Wireless Communication Networks
- 23.01.2009 **Ahmad Awada** – Betreuerin: S. Meister (LKN)
Routing Algorithms for Wireless Ad-hoc Networks
- 23.01.2009 **Ioannis Tzelatis** – Betreuerin: S. Meister (LKN)
The Upcoming Standard IEEE 802.11n
- 23.01.2009 **Juan Naranjo Lopez** – Betreuer: U. Korger, Dr. Hartmann (beide LKN)
RTS/CTS Signaling in Ad-hoc Networks with Directional Antennas

23.01.2009 **Kaifeng Guo** – Betreuer: U. Korger, Dr. Hartmann (beide LKN)
Alleviating the „Deafness“ Problem in Ad-hoc Networks with Directional Antennas: Applying Multiuser Detection

Wintersemester 2009/2010

11.12.2009 **Tania Safar** – Betreuer: O. Iscan (LNT)
Analog Network Coding

11.12.2009 **Xiaoyu Gu** – Betreuer: Dr. Hartmann (LKN)
Cooperative Relaying from a MAC Perspective: How to realize cooperative relaying gains in wireless networks?

11.12.2009 **Xiaojun Ma** – Betreuer: U. Korger (LKN)
Frame Level Synchronisation in Wireless Ad-Hoc Networks

11.12.2009 **Qazi Safiullah** – Betreuer: F. Leipold (LKN)
Cognitive Radio for UWB Systems: Requirements, Prospects and Trends

29.01.2010 **Ramiro Chapparo Vargas** – Betreuer: J. Hou (LNT)
Rate Distortion: Compress and Forward

29.01.2010 **Ullrich Vollmann** – Betreuer: J. Ellenbeck (LKN)
Cooperative Multi-Point Tx/Rx for LTE/IMT-Advanced

29.01.2010 **Akin Soyasal** – Betreuer: R. Nagel (LKN)
Radio Broadcast Systems – FM, DAB and Beyond

29.01.2010 **Farish Kagalwala** – Betreuerin: S. Meister (LKN)
Wireless LAN: State of the Art and Future Technologies

05.02.2010 **Ali Koc** – Betreuer: G. Zeitler (LNT)
The Information Bottleneck Method

05.02.2010 **Yigit Arin** – Betreuer: O. Gaete (LNT)
LDPC Codes Applied to High Capacity Optical Networks

05.02.2010 **Hussein Jalloul** – Betreuerin: B. Inan (LNT)
Modulation Techniques in Optical Communications

05.02.2010 **Obaid Mushtaq** – Betreuer: J. Brauchle (LNT)
List-Decoding of Reed-Solomon Codes

4

Diplomarbeiten

Master Theses Bachelorarbeiten

4.1 Einige allgemeine Bemerkungen

Günter Söder

During the reporting period (10/2008–09/2010) a total of 18 Diploma Theses and 19 Master Theses were supervised by the Institute for Communications Engineering (LNT) and the Line Transmission Technology Department (LÜT). In addition, there were three Master Theses from other universities, four Theses for future vocational school teachers and 21 Bachelor Theses.

Between October 1, 2006 (official transition from Prof. Hagenauer to Prof. Kötter) and October 1, 2010 (Prof. Kramer's assumption of office) 92 students have completed their research work (Diploma or Master Thesis) at our institute. Moreover, 51 Bachelor Theses were supervised by the staff of LNT and LÜT.

Im abgelaufenen Berichtszeitraum wurden an unserem Lehrstuhl 18 Diplomarbeiten für den Studienabschluss *Dipl.-Ing.* (LNT: 13, LÜT: 5) und 9 Master Theses für den Studienabschluss *M.Sc.* der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik durchgeführt (LNT: 5, LÜT: 4). Drei der Absolventen mit dem Abschluss *Master of Science* kamen von der Tongji University in Shanghai und haben das Doppeldiplom im Rahmen des Chinesisch-Deutschen Hochschulkollegs erlangt. In den Kapiteln 4.2 und 4.3 sind diese 27 Arbeiten zusammengestellt.

Im Kapitel 4.4 sind diejenigen 10 Absolventen des englischsprachi-

gen MSCE-Studiengangs aufgeführt, deren Abschlussarbeiten zwischen Oktober 2008 und September 2010 von unseren Mitarbeitern betreut wurden (LNT: 8, LÜT: 2).

Die Abschlussarbeiten von Jacopo Cafarelli, Francisco Jose Viseras und Serrano L.S. Gomez Semeleder wurden zwar offiziell von den Heimatuniversitäten in Turin und Madrid bewertet, die fachliche Betreuung lag jedoch bei LNT bzw. LÜT (siehe Kapitel 4.5). Im Kapitel 4.6 sind vier Abschlussarbeiten im Zusammenhang mit der Berufsschullehrerausbildung aufgeführt, deren Bearbeitungszeit ebenfalls 6 Monate beträgt.

Das Kapitel endet mit der Auflistung der 21 während des Berichtszeitraums angefertigten Bachelor- und Studienarbeiten. Zwei dieser Arbeiten (Schultz, Hubert) wurden im Rahmen des Doppeldiplomabkommens mit der Telecom Bretagne in Brest durchgeführt. Ebenso wurden drei Diplomarbeiten (Chebli, Bartz, May) zumindest zu großen Teilen im Ausland (Texas, Portugal bzw. Ungarn) angefertigt.

Zwischen dem 01.10.2006 (Amtsübergabe von Prof. Hagenauer an Prof. Kötter) und dem 01.10.2010 (Amtsantritt von Prof. Kramer) haben somit 92 Studierende ihre wissenschaftliche Abschlussarbeiten (Diplomarbeit oder Master Thesis) bei uns abgelegt. Zudem haben die Mitarbeiter von LNT und LÜT noch 51 Bachelorarbeiten betreut.

4.1 Einige allgemeine Bemerkungen

4.2 Diplomarbeiten des Studiengangs EI

4.3 Master Theses des Studiengangs EI

4.4 Master Theses des Studiengangs MSCE

4.5 Diplomarbeiten/
Master Theses anderer
Hochschulen

4.6 Diplomarbeiten der
Studiengänge LB und DBP

4.7 Bachelor- und Studien-
arbeiten

LNT

4.2 Diplomarbeiten des Studiengangs EI

20.11.2008 **Lena Chebli** – Betreuer: Dr. Hausl, G. Zeitler, Prof. Aazhang (Rice University)
LDPC Code Design for the Cooperative Uplink of two Mobile Stations with the Help of one Relay

18.02.2009 **Mohamed Sami Bourgou** – Betreuer: Dr. Hausl, I. Trefz (BMW)
Digitale Übertragung von Verkehrsnachrichten

12.03.2009 **Mohamed Aziz Chaibi** – Betreuer: Dr. Hausl
Entwurf von Kanalcodes mit konstantem Gewicht

06.04.2009 **Lennart Gerdes** – Betreuer: M. Thakur
On the Dynamic Behavior of the Min-Cut for Wireless Networks

07.05.2009 **Khaled Soussi** – Betreuer: D. Traskov
Evaluation of the Performance of Wireless Video Transmission using Network Coding

10.09.2009 **Chao Chen** – Betreuer: J. Brauchle, D. Schoppmeier (Infineon Technologies)
Protocol, Modelling, and Optimization of a Layer 1 Retransmission Scheme

30.09.2009 **Georg Chalkidis** – Betreuer: P. Hanus
Adaptive Compression Techniques for DNA Multiple Sequence Alignments

19.11.2009 **Ines Abdelghani** – Betreuer: G. Zeitler, Dr. Feldhaus (Rohde & Schwarz)
Blind Channel Estimation for a Generic OFDM Decoder

22.04.2010 **Fabian Gansmann** – Betreuer: Prof. Lenz, C. Neumann (Fa. Kayser-Threde)
Development of a Short-Wave Infrared Camera Test Bench

06.05.2010 **Hannes Bartz** – Betreuer: T. Lutz, Dr. Hausl, Prof. Barros (Universidade do Porto)
Implementation of an Error-Correcting Network Code based on a Reed-Solomon Code

28.09.2010 **Yousra El Hadj** – Betreuer: Prof. Söder, T. Valtin (Rohde & Schwarz)
Wavelet Modulation for Efficient Data Transmission

28.09.2010 **David May** – Betreuer: Dr. Hausl, C. Szombathy (TU Budapest)
Design and Implementation of a DAB/DAB+ Receiver

30.09.2010 **Hichem Kallel** – Betreuer: D. Traskov
Network Coding based on the Backpressure Algorithm

11.12.2008 **Michael Lösch** – Betreuer: L. Coelho
Nonlinear Phase Noise in Optical Communication Systems

18.02.2009 **Alfred Günther Hildebrandt** – Betreuer: Prof. Hanik, Dr. Oswald (Fraunhofer ESK)
Untersuchung von Möglichkeiten zur Energieeinsparung im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologie

LÜT

26.02.2010 **Ikbal Megdich** – Betreuer: Prof. Hanik
Systeme der Weitverkehrsnachrichtenübertragung - Historie und technische Entwicklung

15.04.2010 **Ulli Brennenstuhl** – Betreuer: B. Göbel
System Analysis of Future All-Optical Access Networks

27.05.2010 **Johannes Sinnhuber** – Betreuer: O. Gaete, Dr. Kerner (Nokia Siemens Networks)
Evaluation of Filtering Penalties in Long-Haul DWDM Optical Networks

4.3 Master Theses des Studiengangs EI

09.10.2008 **Michael Heindlmaier** – Betreuer: D. Traskov LNT
Scheduling for Network Coded Multicast

24.03.2009 **Richard Zierhut** – Betreuer: D. Traskov
Implementierung und Charakterisierung eines 5 GHz-Flughafenkanals

15.10.2009 **Qi Zhuang** – Betreuer: Dr. Hausl, J. Brauchle
Doppeldiplom (Chinesisch-Deutsches Hochschulkolleg)
Soft-Decision Decoding for Constant-Weight Codes

28.10.2009 **Yue Sun** – Betreuer: J. Brauchle, Dr. Hausl
Optimized Channel Decoding for Digital Radio

21.01.2010 **Johannes Lenz** – Betreuer: D. Traskov
Asynchronous Network Coded Multicast

12.03.2009 **Michael Feilen** – Betreuer: B. Göbel, S. Peter (Fa. Atmel) LÜT
Symbol Timing Synchronisation and Fractional Frequency Synchronisation – Algorithms and Requirements for Digital Radio Mondiale Plus

29.09.2009 **Ferran Machi Canut** – Betreuer: O. Gaete, M. Alfiad (Nokia Siemens Networks GmbH)
Polarization Multiplexed Quadrature-Duobinary for Robust and Bandwidth-Efficient Optical Transmission

28.10.2009 **Gu Ning** – Betreuerin: B. Inan
Doppeldiplom (Chinesisch-Deutsches Hochschulkolleg)
Modeling Various Channels in Short Range Communication Links

09.09.2010 **Yuqi Ding** – Betreuer: L. Coelho
Doppeldiplom (Chinesisch-Deutsches Hochschulkolleg)
Transmission of 1 Tbit/s using Advanced Modulation Formats

4.4 Master Theses des Studiengangs MSCE

02.10.2008 **Dhananjay Vaidyanathan Rohini** – Betreuer: J. Brauchle, Dr. Pauli (Nomor Research) LNT
Time Division Duplex for 3GPP Long Term Evolution

09.10.2008 **Tushar Soni** – Betreuer: G. Zeitler, Dr. Widmer (DoCoMo Euro-Labs)
Reliable Broadcast for Streaming of Real-Time Traffic in 802.11

16.10.2008 **Onurcan Iscan** – Betreuer: D. Traskov, A. Seebens (LFK EADS)
Untersuchungen von Algorithmen zur Kanalschätzung für Datenübertragungen bei hohen und höchsten Geschwindigkeiten

16.10.2008 **Arash Saber Tehrani** – Betreuer: Prof. Kötter, J. Brauchle
Efficient Linear Programming Decoding

11.11.2008 **Berk Kirca** – Betreuerin: J. Weindl
Coding Theoretic Modeling of Translation in Eukaryotes

29.09.2009 **Imran Latif** – Betreuer: Dr. Hausl, J. Hou
Joint Network-Channel Coding for Extended Two-Way Relay Networks

29.09.2009 **Thiago Martins de Moraes** – Betreuer: J. Brauchle, G. Liebl (Nomor Research)
Scalable Video Coding over DVB-SH

28.10.2009 **Burcu Barla** – Betreuer: M. Thakur, F. Rambach, Dr. Schupke (beide Nokia Siemens Networks GmbH)
Network Coding for Transport Network Resilience

LÜT

16.10.2008 **Ömer Bulakci** – Betreuer: Prof. Hanik, M. Schuster (Nokia Siemens Networks)
Comparison of Fourier and Wavelet Transform in OFDM for Optical Long-Haul Communications

15.10.2009 **Juan Diego Naranjo** – Betreuer: Prof. Hanik, Dr. Gottwald (Nokia Siemens Networks)
Set-up Procedures in Optical Access Networks

4.5 Diplomarbeiten/Master Theses anderer Hochschulen

LNT

30.09.2010 **Jacopo Cafarelli** – Betreuer: M. Heindlmaier, D. Traskov
Politecnico di Torino, Italien
Network Coding for Relay Networks

LÜT

09.07.2009 **Francisco Jose Viseras Serrano** – Betreuer: O. Gaete
Universidad Politecnica de Madrid, Spanien
Experimental Realization and Evaluation of a Stereo-Multiplex Optical Communication System

27.05.2010 **Luis Simon Gomez Semeleder** – Betreuer: O. Gaete
Universidad Politecnica de Madrid, Spanien
Electronic Mitigation of Transmission Impairments in Digital Subcarrier Multiplexed Systems

4.6 Diplomarbeiten der Studiengänge LB und DBP

LNT

18.12.2008 **Thomas Pfeuffer** – Betreuer: Prof. Söder
Interaktive Multimedia-Anwendungen zur Beschreibung kausaler Systeme: Laplace-Transformation

10.07.2009 **Sebastian Seitz** – Betreuer: Prof. Söder, B. Göbel
Interaktionsmodule zum Dämpfungs- und Zeitverhalten von Kupferkabeln für das Lerntutorial LNTwww

28.01.2010 **Alexander Happach** – Betreuer: Dr. Eichin, Prof. Söder
Flash-Animationen zur Verdeutlichung von Dopplereffekt und
Laufzeitverzerrungen

10.08.2010 **Stefan Müller** – Betreuer: Prof. Söder, Dr. Eichin
Flash-Animationen zur Leitungscodierung - Pseudoternär-codes und 4B3T-
Codes

4.7 Bachelor- und Studienarbeiten

30.10.2008 **Christiane Bertram** – Betreuerin: J. Weindl
Statistical Analysis of DNA-Sequences using Markov Models

LNT

01.12.2008 **Thomas Breitenauer** – Betreuer: G. Zeitler
The Information Bottleneck Method and its Application to the Relay Channel

04.02.2009 **Hannes Bartz** – Betreuer: Dr. Hausl
Implementation of an Error Correction Code for a Wireless Sensor Network

20.02.2009 **Georg Chalkidis** – Betreuer: P. Hanus
Compression of Gap Puncturing Matrices in DNA Multiple Sequence
Alignments

08.07.2009 **Christian Schultz** – Betreuer: Dr. Eichin, J. M. Bonnin
(Telecom Bretagne)
Efficiency Evaluation of the Header Compression Mechanisms Provided by
the TuCP Protocol

17.07.2009 **David May** – Betreuer: Dr. Hausl
Transmission Schemes for Wireless Sensor Networks

21.09.2009 **Rares Sufana** – Betreuer: Dr. Eichin, Prof. Söder
Entwicklung einer Methode zur automatisierten HSDPA-Optimierung

01.12.2009 **Georg Rudnick** – Betreuer: Dr. Hausl, M. Heindlmaier,
D. Traskov
Wireless Network Coding Strategies for an N-Way Relay Network

04.12.2009 **Rihab Ouakel** – Betreuer: J. Brauchle, Dr. Hausl
Iterative Differential PSK Demodulation and Decoding for DAB

04.01.2010 **Mehdi Cheikh Rouhou** – Betreuer: G. Zeitler
Comparison of Decode-and-Forward and Compress-and-Forward in the
Orthogonal Multiple-Access Relay Channel

28.02.2010 **Néjib Kchouk** – Betreuer: Prof. Söder, Prof. Hanik
Didaktische und multimediale Aufbereitung von Digital Subscriber Line
(DSL) für ein Online-Tutorial

30.03.2010 **Julia Geib** – Betreuer: P. Hanus
DNA Mismatch Errors and Coding Theory

23.07.2010 **Tudor Ninacs** – Betreuer: Dr. Hausl, M. Heindlmaier
Network Coding Algorithms for Wireless Multi-Way Relaying

13.09.2010 **Daniel Seebauer** – Betreuer: M. Heindlmaier, Dr. Hausl
Digitale Kommunikation mit Schall unter Verwendung von
Frequenzmodulation

4

Diplomarbeiten
Master Theses
Bachelorarbeiten

LÜT

20.09.2010 **Zhe Ren** – Betreuer: Dr. Hausl, Ö. Bulakci, A. Saleh
(beide Nokia Siemens Networks GmbH)
LTE-Advanced Downlink Performance Considering the Relay Link as
Bottleneck

30.09.2010 **Franziska Hubert** – Betreuer: Dr. Eichin, P. Picouet, M. Arzel
(beide Telecom Bretagne)
Multi-Format-Daten: Transformation, Verwaltung sowie Überwachung der
Datenübertragung

30.09.2010 **Zied Maalej** – Betreuer: M. Heindlmaier
Simulation von Übertragungsstrategien für kabellose Sensornetze

30.09.2010 **Qing Zhou** – Betreuer: M. Heindlmaier
Digitale Übertragung mit Schall mit Amplitudenmodulation

17.04.2009 **Norman Haufe** – Betreuer: B. Göbel, S. Hellerbrand
Numerische Untersuchung und Vergleich von Methoden zur Reduktion des
PAPR in optischen OFDM-Systemen

31.03.2010 **Markus Klügel** – Betreuer: B. Göbel
Untersuchungen zur Kreuzphasenmodulation in WDM-Systemen

5

Dissertationen

Einige allgemeine Informationen

Günter Söder

The abstracts of six dissertations completed in the reporting period are listed in the following. The authors are Janis Dingel, Pavol Hanus, Bernhard Göbel, Danaïl Traskov, Leonardo Coelho, and Florian Breyer. Also listed is the thesis of Stephan Hellerbrand, which will be submitted to our department in fall 2010.

To date, the listing of all finished Ph.D. theses at our institute and the preceding organisations contains 205 entries. 69 doctoral candidates were supervised by Professor Heinke and Professor Piloty between 1906 and 1968, 73 by Professor Marko between 1965 and 1997. Professor Hagenauer supervised 40 doctoral candidates (1990–2010), Professor Hauske 12, and Professor Hanik's list now has five entries.

Im Berichtszeitraum vom 01.10.2008 bis zum 30.09.2010 haben fünf (ehemalige) wissenschaftliche Mitarbeiter des LNT ihre Promotion vollständig abgeschlossen: Dr. Thomas Stockhammer, Dr. Christoph Hausl, Dr. Johanna Weindl, Dr. Janis Dingel und Dr. Pavol Hanus. Die drei erstgenannten Dissertationen wurden bereits im letzten Tätigkeitsbericht (2008) vorgestellt.

Daneben beinhaltet dieser Bericht auch die vier Dissertationen von Danaïl Traskov, Bernhard Göbel, Leonardo Coelho und Florian Breyer, die zwar noch im Berichtszeitraum bei der Fakultät eingereicht und an-

genommen wurden, deren mündliche Prüfung aber erst im letzten Quartal 2010 oder Anfang 2011 stattfinden wird. Schließlich finden Sie auch die Zusammenfassung der Dissertation von Stephan Hellerbrand, der seine Arbeit erst Ende 2010 einreichen wird und somit weiterhin als „Dipl.-Ing.“ geführt wird.

Doktorvater von Janis Dingel und Pavol Hanus war Prof. Joachim Hagenauer, der vor etwa 6 Jahren die ComInGen Group (Anwendung der Kommunikations- und Informationstheorie in der Genetik) am LNT etabliert hatte. Prof. Norbert Hanik war Erstgutachter bei den anderen hier aufgeführten Promotionsverfahren. Damit hat die erste Assistentengeneration des Fachgebiets „Leitungsgebundene Übertragungstechnik“ das Ziel „Dr.-Ing.“ erreicht (oder wird es in Kürze erreichen).

Inzwischen haben der Lehrstuhl für Nachrichtentechnik und seine Vorgängerinstitutionen insgesamt 205 Doktoren hervorgebracht (inkl. Breyer und Hellerbrand). Die Jubiläumspromotion mit der laufenden Nummer 200 war Janis Dingel vorbehalten. Zwischen 1906 und 1968 betreuten Prof. Heinke und Prof. Piloty 69 Doktoranden. Prof. Marko war zwischen 1965 und 1997 Erstberichter bei 73 Promotionen. Prof. Hagenauer betreute zwischen 1990 (noch als Honorarprofessor) und 2010 insgesamt 40 Doktorarbeiten. Prof. Hauske hatte während seiner fast

- **Einige allgemeine Informationen**
- **Weitere Promotionsverfahren mit LNT-Beteiligung**
- **Kurzfassung Dingel**
- **Kurzfassung Hanus**
- **Kurzfassung Traskov**
- **Kurzfassung Göbel**
- **Kurzfassung Coelho**
- **Kurzfassung Breyer**
- **Kurzfassung Hellerbrand**
- **Personalien der Doktoranden**

Nebenstehender Liste ist zu entnehmen, dass Prof. Hanik im Berichtszeitraum bei fünf Promotionsverfahren in München, Berlin, Darmstadt und Eindhoven als Zweitgutachter mitgewirkt hat. Prof. Hagenauer war Koreferent bei vier Promotionsverfahren in Erlangen, Paris, Johannesburg und an einer belgischen Universität.

30-jährigen Professorenzeit 12 Doktoranden und bei Prof. Hanik sind nun 5 Doktorarbeiten zu vermelden.

Zunächst folgt eine Liste der Promotionen an anderen Hochschulen mit LNT-Beteiligung. Danach finden

Sie Zusammenfassungen der Dissertationen und die Kurzbiografien der Kandidaten. Über laufende Doktorarbeiten können Sie sich im Kapitel 6 und im Internet unter www.lnt.ei.tum.de informieren.

Weitere Promotionsverfahren mit Beteiligung von LNT-Professoren

06.10.2008 Dr.-Ing. **Patrick-Felix Nickel**

Interference Cancellation for Single Carrier Transmission Systems

1. Bericht: Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Koch, FAU Erlangen-Nürnberg
2. Bericht: Prof. (i.R.) Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. *Joachim Hagenauer*

07.11.2008 Dr.-Ing. **Mirosława Malach**

Faserunabhängiges Dispersionsmanagement zur Unterdrückung von SPM und XPM in 10 Gb/s NRZ-modulierten WDM-Übertragungssystemen

1. Bericht: Prof. Dr.-Ing. Klaus Petermann, TU Berlin
2. Bericht Prof. Dr.-Ing. *Norbert Hanik*

30.05.2009 **Harold Sneessens**, Ph. D.

Coded Transmission Systems for the Orthogonal Relay Channel

1. Bericht: Prof. Luc Vandendorpe, Univ. Louvain-la-Neuve, Belgien
2. Bericht: Prof. (i.R.) Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. *Joachim Hagenauer*

16.06.2009 Dr.-Ing. **Stefan Böhm**

Messung und Kompensation der Polarisationsmodendispersion in faseroptischen Übertragungssystemen

1. Bericht: Prof. Dr.-Ing. Peter Meissner, TU Darmstadt
2. Bericht Prof. Dr.-Ing. *Norbert Hanik*

19.10.2009 Dr.-Ing. **Matthias S. Müller**

Untersuchungen zu Kraft-Momenten-Sensoren auf der Basis von Faser-Bragg-Gittern

1. Bericht: Prof. Dr.-Ing. habil Alexander W. Koch, TU München
2. Bericht Prof. Dr.-Ing. *Norbert Hanik*

12.11.2009 Dr.-Ing. **Johannes Fischer**

Scaling Laws of Optical Fibre Nonlinearity in Dispersion-managed Transmission Systems

1. Bericht: Prof. Dr.-Ing. Klaus Petermann, TU Berlin
2. Bericht Prof. Dr.-Ing. *Norbert Hanik*

10.12.2009 **Jeffrey Lee**, Ph. D.

Discrete Multitone Modulation for Short-range Optical Communications

1. Bericht: Prof. A. M. J. Koonen, TU Eindhoven
2. Bericht Prof. Dr.-Ing. *Norbert Hanik* (u.a.)

16.03.2010 **D. J. J. Versfeld**, Ph. D.

Reed-Solomon Coding for Power Line Communications and Networks

1. Bericht: Prof. H. Ferreira, Univ. of Johannesburg, South Africa
2. Bericht: Prof. (i.R.) Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. *Joachim Hagenauer*

22.05.2010 **Daniele Cerra**, Ph. D.

Pattern-oriented Algorithmic Complexity: Towards Compression-based Information Retrieval

1. Bericht: Prof. Dr. Toshinori Watanabe, Telecom, Paris
2. Bericht: Prof. (i.R.) Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. *Joachim Hagenauer* (u.a.)

Communication Theory applied to Selected Problems in Computational Genetics

Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. Jörg Eberspächer
1. Bericht: Prof. (i.R.) Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Joachim Hagenauer
2. Bericht: Prof. Olgica Milenkovic (University of Illinois)

Tag der mündlichen Prüfung: 16.11.2009

Communication and information theory provide the framework for the design of modern digital systems. Recent collaboration between communication engineers and biologists is based on the observation that information processing in living cells has a digital basis. The genetic information of any organism is encoded in its DNA and is therefore represented by a sequence of symbols from the quaternary symbol alphabet $\{A, C, G, T\}$.

Within this framework, our thesis approaches several problems arising in computational genetics from a communication theoretic point of view. We outline algorithms for unbiased detection of conserved (functional) regions in multiple DNA sequence alignments and the reverse engineering of convolutional codes suitable to detect coding structure in DNA sequences.

We use the list-decoding of Reed-Muller codes for inference of dynamics in stochastic gene network models. The algorithms are evaluated using simulations and subsequently applied to genomic data obtained from databases.

Our work shows that important insights into biological problems can be gained by approaching them from a communication theoretic perspective.

Die Kommunikations- und die Informationstheorie bilden heutzutage die Grundlage für den Entwurf digitaler Übertragungssysteme. Die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Biologen und Kommunikationsingenieuren baut darauf auf, dass der Träger der genetischen Information als Abfolge von Symbolen aus einem diskreten Alphabet $\{A, C, G, T\}$ und damit als digitales

Signal aufgefasst werden kann. Die zelluläre Informationsverarbeitung basiert also auf Digitalsignalen. Deshalb werden in dieser Arbeit kommunikationstheoretische Ansätze für ausgewählte Probleme in der Genetik vorgestellt.

Ein Algorithmus zur Detektion konservierter Bereiche in multiplen, ausgerichteten DNA-Sequenzen wird entwickelt, der ein sensitiveres Maß für die Konserviertheit einer Sequenz liefert als etablierte Methoden. Konservierte DNA-Sequenzen sind potenzielle Kandidaten für funktionelle Bereiche im Genom, deren Detektion von großer Bedeutung für die heutige Genomforschung ist. Unser Verfahren beruht auf probabilistischen Modellen der Bioinformatik, die teilweise in enger Beziehung zu Modellen der Informations- und Kommunikationstheorie stehen und mit deren Methoden analysiert werden können.

Die digitale Basis der genetischen Information wirft die Frage auf, inwiefern auch die Natur Fehlerschutzmechanismen, wie aus der digitalen Kommunikationstechnik bekannt, entwickelt hat, um wichtige Information vor „Rauschen“ (Mutationen, z.B. verursacht durch Strahlung oder Replikationsfehler) zu schützen. Tatsächlich ist die Informationsverarbeitung in der Zelle erstaunlich zuverlässig.

Die Existenz von fehlerkorrigierenden Codes in der DNA wurde bereits von einigen Forschern vermutet und untersucht. Wir betrachten zunächst, unabhängig von der DNA, das rein technische Problem der Rekonstruktion von Faltungscodes in einem verrauschten Digital-signal. Dazu formulieren wir das Optimierungsproblem zur Maximum-Likelihood-Schätzung des Faltungs-

coders entsprechend dem so genannten „Soft-Tap“-Modell und suchen Lösungen, die auf lokaler (EM-Algorithmus) und globaler (stochastische Differentialgleichungen) Optimierung basieren.

Simulationsergebnisse für binäre und vierwertige Datenströme zeigen, dass die von uns verwendeten Algorithmen die Faltungscodes-Parameter auch bei hohem Rauschlevel zuverlässig rekonstruieren. Die Anwendung auf die DNA erweist sich jedoch – wie in der Arbeit diskutiert – als schwierig, so dass wir bezüglich der Frage nach der Existenz von Fehlercodes in der DNA zu keiner endgültigen Aussage kommen. Vermutlich sind jedoch solche Mechanismen auf einer höheren Informationsebene und eventuell in Gennetzwerken organisiert.

Im dritten und letzten Teil der Arbeit betrachten wir die Dynamik solcher Gennetzwerke und entwerfen Methoden für die Inferenz von Gennetzwerkmodellen, basierend auf Listen-Decodierung und einem kürzlich vorgestellten algebraischen Modell. Wir konnten dabei zeigen, dass das formulierte Rekonstruktionsproblem äquivalent zur Decodierung von Reed-Muller-Codes ist. Die Ergebnisse anhand des bekannten Netzwerks des Bakteriums *E.coli* zeigen darüber hinaus, dass unser Ansatz die Schätzungen über Eigenschaften der Dynamik von Gennetzwerken signifikant verbessern kann.

Alle in der Dissertation betrachteten Algorithmen wurden mittels Simulationen evaluiert und anschließend auf genbiologische Daten aus Datenbanken angewandt. Die Ergebnisse zeigen, dass der kommunikationstheoretische Ansatz wichtige Erkenntnisse für biologische Problemstellungen liefern kann.



Dr.-Ing. Pavol Hanus

Selected Communications Theoretic Aspects in Genetics

Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. Jörg Eberspächer
 1. Bericht: Prof. (i.R.) Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Joachim Hagenauer
 2. Bericht: Prof. Dr.-Ing. Martin Bossert (Universität Ulm)

Tag der mündlichen Prüfung: 06.08.2010

Modern communication systems are digital. Representing information digitally offers the possibility to code it in a way such that it can be losslessly compressed or transmitted with an arbitrarily small error probability over a noisy channel. Interestingly, the genetic information of each organism is stored in the DNA as a quaternary digital signal. Therefore, the theory and methods developed to design and analyze communication systems can also be used to study the storage, processing, and transmission of genetic information on the molecular level. Recent progress in DNA sequencing technology has led to an exponential growth of the available sequence data. The sequencing of the human genome and other vertebrate genomes has enabled comparative genomics. The genetic information was found to comprise more than protein coding genes. It has been revealed that the information stored in the DNA and its processing is far from understood.

In form of interdisciplinary research communication engineers and information theorists help to tackle the open problems. On the one hand, methods to store, distribute and analyze the large amounts of collected data are contributed. On the other hand, new insights are gained by modeling and studying molecular information processing from the perspective of communications theory.

This thesis represents contributions in both areas. In the first part the focus is placed on applying source coding techniques to reduce the storage requirement of multiple genome alignment data sets used in comparative genomics. A highly efficient lossless compression algorithm relying on well established models of genome evolution and from binary

image compression techniques is introduced and evaluated.

The second part studies parallels between sequence specific protein binding on the molecular level and marker synchronization. The engineering concept of threshold based marker synchronization over noisy channels is revised and extended. Binding site models and in silico inference techniques are reviewed using information theory. Synchronization properties of selected molecular markers are analyzed and evidence for natural selection pressure towards good markers is found.

Moderne Kommunikationssysteme arbeiten digital. Ein Vorteil der digitalen Informationsübertragung ist, dass digitale Signale verlustfrei komprimiert und mit beliebig kleinem Fehler übertragen werden können. Interessanterweise ist die genetische Information in der DNA in Form eines quaternären digitalen Signals gespeichert. Methoden zur Analyse und für den Entwurf digitaler Kommunikationssysteme können somit genutzt werden, um die Speicherung, Verarbeitung und Übertragung genetischer Information auf der molekularen Ebene zu studieren. Jüngster Fortschritt in der DNA-Sequenzierung führte zu einem exponentiellen Zuwachs an verfügbaren Sequenzdaten und befeuerte die comparative Genomik. Es hat sich herausgestellt, dass die in der DNA gespeicherte Information viel komplexer ist als ursprünglich angenommen und sich nicht nur auf das Codieren von Proteinen beschränkt.

Im Rahmen von interdisziplinärer Forschung können Nachrichtentechnik-Ingenieure und insbesondere Informationstheoretiker helfen, die

neuen Fragestellungen anzugehen. Zum einen können Methoden beigetragen werden, um die gesammelten Daten effizient zu speichern und zu analysieren. Zum anderen können durch die Modellierung der molekular-biologischen Prozesse mittels der Kommunikationstheorie neue Einblicke gewonnen und ein besseres Verständnis erlangt werden.

Die Dissertation liefert Beiträge in beiden Bereichen. Im ersten Teil der Arbeit wird Quellencodierung genutzt, um die Speicheranforderungen von genomweiten Sequenzalignment-Datensätzen, die von der comparativen Genomik benötigt werden, zu verringern. Das Erstellen solcher Datensätze ist sehr rechenaufwändig, weshalb diese von großen Labors vorher berechnet und zentral verfügbar gemacht werden.

Im Rahmen der Arbeit wurde ein hocheffizienter Kompressionsalgorithmus basierend auf statistischen Modellen der Evolution und Techniken aus der binären Bildcodierung entworfen. Im Vergleich zu alternativen Verfahren wird hier die Codiereffizienz verdoppelt. Ein wesentlicher Vorteil dieses Verfahrens ist, dass die benötigten Bereiche des Sequenzalignments einzeln und unabhängig dekomprimiert werden können.

Im zweiten Teil der Dissertation werden Parallelen zwischen der Marker-Synchronisation über verrauschte Kanäle und der Protein-DNA-Bindungsstellensuche studiert. Statistische Bindungsstellenmodelle und Inferenztechniken werden aus informationstheoretischer Sicht analysiert und erweitert. Synchronisationseigenschaften von ausgewählten molekularen Markern werden evaluiert und Evidenz für Selektionsdruck zugunsten effizienter Marker gefunden.

Network Coding for the Multiple Access Layer

- Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. Jörg Eberspächer
1. Bericht: Prof. Dr.-Ing. Norbert Hanik
2. Bericht: Prof. Muriel Médard (Massachusetts Institute of Technology)
3. Bericht: Prof. Michelle Effros (California Institute of Technology)

Tag der mündlichen Prüfung: 22.10.2010

Diese Arbeit untersucht das Mehrfachzugriffsproblem in drahtlosen Netzwerken, wenn Netzcodierung verwendet wird. Es wird ein Algorithmus zur Ressourcenallokation hergeleitet, der nicht einzelne Kanten aktiviert, sondern sogenannte Hyperkanten, und der dadurch aus den Vorzügen von zufälliger Netzcodierung Nutzen ziehen kann.

Es wird sowohl durch theoretische Untersuchungen als auch durch Simulationen gezeigt, dass ein deutlich höherer Datendurchsatz erreicht wird, wenn Mehrfachzugriff und Netzcodierung gemeinsam optimiert werden, als wenn man beide Probleme separat betrachtet. Darauf aufbauend wird in der Arbeit ein verteilter heuristischer Algorithmus hergeleitet, der das zu Grunde liegende Optimierungsproblem dezentralisiert löst.

Weiterhin wird untersucht, in welchem Umfang eine Synchronisation des Netzwerks nötig ist, um eine korrekte Konvergenz von verteilten Algorithmen zu gewährleisten. Es wird die Frage behandelt, in wie weit Netzcodierung Vorteile bringt, wenn man mehrere Verbindungen betrachtet und dadurch die Netzcodes nicht mehr zufällig sein können. Eine bestimmte Klasse von Codes – die sog. sofort decodierbaren Codes – werden analysiert, und es wird durch Simulationen belegt, dass durch ihre Verwendung der Datendurchsatz erhöht werden kann. Schließlich wird auf den Zusammenhang zwischen Datendurchsatz und Verzögerung bei netzcodierter Übertragung eingegangen und es werden Verfahren zur Reduktion der Verzögerung entwickelt.

The advent of network coding, in the early years of the new millennium, awoke the entire community of com-

puter networking from a dogmatic slumber. Ever since computers were connected to exchange data, nobody had questioned the implicit assumption that the flow of information satisfies the same rules as the flow of a liquid through a network of pipes. In a sequence of works by Ahlswede et al., Li et al., and Kötter and Médard, it was shown that this simple analogy falls short of characterizing the nature of information and of capturing the rich set of operations within which we can manipulate it. It soon became clear that the notion of network coding can have a profound impact on the design of communication networks and promises significant gains – in terms of performance as well as better and more robust architectures.

In this work, we address network coding for the multiple access layer in wireless networks. We propose a scheduling technique that activates hyperarcs rather than arcs, as in classical link-based scheduling, and therefore can harness the gains of random network coding.

We encapsulate the constraints on valid network configurations in a conflict graph model and formulate a joint optimization problem taking into account both the network coding subgraph and the schedule. By means of simulations, we show that jointly optimizing the network coding subgraph and the transmission schedule leads to a substantial performance improvement. Using Lagrangian relaxation, we decompose the overall problem into two subproblems, a multiple shortest path problem, and a maximum weighted stable set (MWSS) problem. We show that, if we use a greedy heuristic for the MWSS part of the problem, the overall algorithm is completely distributed. We provide extensive simulation

results for both the centralized optimal and the decentralized algorithms.

Next, we look at relaxing the assumption of synchronization in the network. We propose an asynchronous algorithm for computing multicast subgraphs, in analogy to the well-known distributed asynchronous Bellman-Ford algorithm for routing. It turns out that asynchronous algorithms require a strictly convex problem formulation, which poses certain restrictions on the network model, most importantly the schedule has to be assumed fixed.

We provide extensive simulation results showing fast convergence, despite the lack of any central clock in the network, and robustness with respect to link or node failures. We then extend network coding to take place across different independent sessions. We propose a framework for joint optimal scheduling of packet transmissions and network coding with the restriction that packets have to be decoded after one hop. We compute the stability region of this scheme and propose an online algorithm that stabilizes every arrival rate vector therein. The online algorithm requires computation of stable sets in an appropriately defined conflict graph. We show by means of simulations that this inherently hard problem is tractable for some instances and that network coding extends the stability region over routing and leads, on average, to a smaller backlog.

Finally, we look at the relationship between throughput and delay for network coded transmissions in erasure broadcast channels. We present a systematic framework for the minimum of decoding delay under instantaneous decoding constraints.



Dr.-Ing. Bernhard Göbel

Information-Theoretic Aspects of Fiber-Optic Communication Channels

Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. Eckehard Steinbach
 1. Bericht: Prof. Dr.-Ing. Norbert Hanik
 2. Bericht: Prof. Dr. sc. techn. Gerhard Kramer (USC, Los Angeles)

Tag der mündlichen Prüfung: 05.11.2010

Optical networks transport nearly all data traffic worldwide. The bit rate at which data is transmitted in these networks used to be limited by optical and electrical components rather than by the transmission properties of the fibers themselves.

The progress in the area of optical and electronic components has created increased interest in spectrally efficient modulation schemes and, consequently, in the information-theoretic limits of the fiber-optic channel.

The optical data transmission over single-mode fibers is impaired by a multitude of physical effects. These include linear phase distortions, nonlinear effects as well as additive noise from optical amplifiers, which is distributed along the transmission link. The interaction of these effects is one of the main difficulties in calculating the information-theoretic limits of data transmission over fiber-optic channels, which have so far been determined only for simplified scenarios or by means of extensive numerical simulations.

This work starts with a review of the physical basics of data transmission over single-mode fibers, which provide the background for a formulation of abstract channel models. These models are based on the AWGN channel and include additional signal-dependent additive and phase-modulating noise processes. An information-theoretic method that is suitable for the analysis of such (so-called partially coherent) channels is developed. This method decomposes the mutual information in terms of polar coordinates.

A channel model in the frequency domain allows the separate analysis of interacting nonlinear effects. The capacity of the fiber-optic channel is

estimated with this model for various scenarios.

A typical result for all discussed nonlinear channel models is that the capacity has a maximum in the signal power (and hence the SNR) – see the cover page. The maximum capacity is reached by a channel that is impaired only by noise and by the nonlinear interaction of signal and noise.

A phenomenological time-domain channel model is developed to obtain an additional estimate of the capacity of wavelength division multiplexing systems. This model confirms existing results.

This thesis will be published by Dr. Hut Verlag in the series „Informationstechnik“.

Nahezu das gesamte weltweite Datenaufkommen wird über optische Netze übertragen. Die Bitrate, mit der in diesen Netzen die Datenübertragung erfolgt, war in der Vergangenheit eher durch die optischen und elektrischen Komponenten als durch die Übertragungseigenschaften der Glasfasern selbst begrenzt. Bedingt durch den technischen Fortschritt im Bereich optischer und elektronischer Komponenten gewinnen aber seit einiger Zeit spektral effiziente Modulationsformate und damit die Frage nach den informationstheoretischen Grenzen des Faserkanals zunehmend an Bedeutung.

Die optische Datenübertragung über Monomode-Glasfasern wird durch eine Vielzahl physikalischer Effekte gestört. Hierzu zählen lineare Phasenverzerrungen, nichtlineare Effekte sowie das verteilt auf der Übertragungsstrecke auftretende additive Rauschen der optischen Verstärker. Vor allem wegen der Wechselwirkung dieser Effekte konnten die in-

formationstheoretischen Grenzen der Datenübertragung über faseroptische Kanäle bisher nur für vereinfachte Sonderfälle oder mit Hilfe aufwändiger numerischer Simulationen ermittelt werden.

In der Dissertation werden zu Beginn die physikalischen Grundlagen der Datenübertragung über Monomodefaser beleuchtet, anhand derer in späteren Kapiteln abstrahierte Kanalmodelle formuliert werden. Diese Modelle basieren auf dem AWGN-Kanal und berücksichtigen zusätzlich signalabhängige additive und phasenmodulierende Rauschprozesse. Eine für die Analyse solcher (sogenannter partiell kohärenter) Kanäle geeignete informationstheoretische Methode wird durch Zerlegung der Transinformation in Polarkoordinaten entwickelt.

Ein Kanalmodell im Frequenzbereich erlaubt die getrennte Analyse miteinander wechselwirkender nichtlinearer Effekte. Mit diesem Modell wird die Kapazität des faseroptischen Kanals für verschiedene Szenarien abgeschätzt.

Typisch für alle betrachteten nichtlinearen Kanalmodelle ist, dass die Kapazität bezüglich der Signalleistung (und damit des SNRs) ein Maximum aufweist, wie es auf der Titelseite dieses Heftes zu sehen ist. Die höchste Kapazität erreicht ein Kanal, der nur durch Rauschen und durch die nichtlineare Wechselwirkung von Signal und Rauschen gestört wird.

Für die Abschätzung der Kapazität von Systemen im Wellenlängenmultiplex wird zusätzlich ein phänomenologisches Kanalmodell im Zeitbereich entwickelt, das bestehende Ergebnisse bestätigt.

Die Dissertation wird im Verlag Dr.-Hut, München, in der Reihe „Informationstechnik“ erscheinen.

Dr.-Ing. Leonardo D. Coelho

Modeling, Simulation, and Optimization of Optical Communication Systems using Advanced Modulation Formats

Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. Thomas Eibert
1. Bericht: Prof. Dr.-Ing. Norbert Hanik
2. Bericht: Prof. Dr.-Ing. Werner Rosenkranz, Universität Kiel

Tag der mündlichen Prüfung: 01.12.2010



Diese Arbeit beschreibt verschiedene numerische Modelle und Algorithmen zur Simulation und Optimierung optischer Übertragungssysteme, die mehrstufige Modulationsverfahren anwenden. Der Schwerpunkt liegt auf Systemen mit Direktdetektion. Als Modulationsverfahren werden Phase Shift Keying (PSK) oder On-Off Keying (OOK) oder eine Kombination von beiden verwendet.

Eine semi-analytische Methode, die auf der Karhunen-Loève-Reihenentwicklung basiert, wurde abgeleitet, um die Bitfehlerrate (BER) genau auswerten zu können. Die Methode wurde durch den Vergleich der berechneten BER mit experimentellen Ergebnissen, analytischen Formeln und Standard- bzw. multikanonischen Monte-Carlo-Verfahren überprüft. Von allen untersuchten Modulationsverfahren hat DPSK die beste „Back-to-Back“ BER für eine feste Datenrate, gefolgt von DQPSK.

Schließlich werden in der Arbeit verschiedene Optimierungsstrategien untersucht. Zum einen wird eine einfache Methode zur Ermittlung des theoretischen Optimums der Faser-eingangleistung für einen festen nichtlinearen Phasenversatz vorgestellt. Daneben werden noch einige schnelle Optimierungsregeln angepasst: Die sog. Straight-Line-Regel wurde verbessert, um die Nichtlinearität der dispersionskompensierenden Faser (DCF) zu berücksichtigen. Vorgestellt wird zudem eine Optimierungsmethode, die auf dem Nonlinear Phase-Shift Criterion basiert. Um den Optimierungsprozess zu beschleunigen, wurde noch ein globaler Optimierungsalgorithmus entwickelt.

Es wurde gezeigt, dass für Symbolraten kleiner als 40 Gsym/s die Auswirkungen von nichtlinearem

Phasenrauschen dominant ist, während bei größeren Symbolraten die Systemqualität durch Polarisationsmodendispersion (PMD) begrenzt wird. Wird PMD nicht berücksichtigt, so zeigen DPSK und DQPSK ähnliches Verhalten.

Die Dissertation wird in der Reihe „Informationstechnik“ im Verlag Dr. Hut veröffentlicht.

This work describes several numerical models and algorithms, which enable the fast and accurate simulation and optimization of fiber-optic communication systems using advanced modulation formats. The focus was put on systems using direct-detection and phase-shift keying (PSK), on-off keying (OOK) and a combination of both as modulation format.

The performance of an optical communication system is measured in terms of bit-error rate (BER), where the main source of performance degradation are: the accumulated amplified spontaneous emission (ASE) noise generated by the optical amplifiers, polarization-mode dispersion (PMD) and fiber dispersion and nonlinearity. When the light propagates inside the fiber, the ASE noise interacts with the optical signal through the fiber nonlinearity, inducing nonlinear phase noise (NPN). These effects, together with arbitrary filtering, make the accurate evaluation of the BER the most complex part of the receiver model. In order to accurately evaluate the BER in the presence of NPN, a semi-analytical method is presented, where a Hermitian kernel is derived for each modulation format. It is based on the principle of Karhunen-Loève series expansion and on a system transmission matrix. The method was validated by comparing the calculated BER with

experimental results, analytical formulas and the standard and multicanonical Monte Carlo simulation methods. Among all investigated modulation formats, differential phase shift keying (DPSK) has shown the best back-to-back BER, followed by DQPSK for a fixed data rate.

The best performance of a fiber-optic communication system operating in the linear regime occurs when the chromatic dispersion is fully compensated. If fiber nonlinearities are of concern, then the best performance may not be at full dispersion compensation. Therefore, the location and length of the dispersion compensating fibers (DCF) strongly affects the performance and should be optimized.

To this aim, three optimization strategies were investigated. First, a simple method for identifying the theoretical optimum fiber input power for a fixed nonlinear phase-shift was presented. Then, two fast optimization rules were investigated: the straight-line rule was improved to include the nonlinearity of the DCF and an optimization method based on the nonlinear phase-shift criterion was presented. Finally, a global optimization algorithm was developed in order to speed up the optimization process.

An optimum range of symbol rates around 40 Gsym/s ($4 \cdot 10^{10}$ symbols per second) was identified. It was shown that the effect of NPN was dominant for symbol rates below 40 Gsym/s while PMD limits the system performance for symbol rates above 40 Gsym/s. Moreover, in the absence of PMD, DPSK and DQPSK have similar performance.

This thesis will be published by Dr. Hut Verlag in the series “Informationstechnik”.

Dipl.-Ing. Florian Breyer

Multilevel Transmission and Equalization for Polymer Optical Fiber Systems

Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Rigoll
 1. Bericht: Prof. Dr.-Ing. Norbert Hanik
 2. Bericht: Prof. ir. A.M.J. Ton Koonen (TU Eindhoven, NL)

Tag der Annahme durch die Fakultät EI: 05.05.2010

This thesis deals with equalized multilevel transmission schemes for polymer optical fiber (POF) systems. The standard 1 mm step-index Polymer optical fiber (SI-POF) is increasingly used in short range communication links due to its large core diameter of 1 mm, its robustness and its ease of use.

The main drawbacks of this fiber are the small bandwidth-length product of about $50 \text{ MHz} \cdot 100 \text{ m}$ due to modal dispersion and the big attenuation of about 150 dB/km . One way to overcome this bandwidth limitation is to use digital signal processing at the transmitter or the receiver which is investigated in this thesis.

In particular, the standard 1 mm PMMA-based SI-POF is investigated. A fiber model is developed which includes the three major fiber effects such as mode-dependent attenuation, modal dispersion, and mode coupling. As only intensity modulation can be applied for directly-modulated light sources, multi-level modulation is combined with receiver equalization schemes to overcome the bandwidth limitations due to modal dispersion and the active components.

This combination is evaluated in terms of theoretical equalizer bounds and various experiments. It is experimentally shown that record bit-rates of up to 2 Gbit/s over 100 m SI-POF can be achieved by the use of receiver equalization and a red laser diode.

Finally, a full working Gigabit Ethernet media converter is implemented on a FPGA platform using a red LED, PAM-4 modulation, linear receiver equalization, forward error correction, and clock recovery. This demonstrator represents the first reported Gigabit Ethernet connection

using a commercial red LED and up to 25 m SI-POF.

This thesis will be published by Dr. Hut Verlag in the series "Informationstechnik".

Diese Arbeit behandelt die Anwendung mehrstufiger Modulationsformate mit Empfängerentzerrung für optische Polymerfaser (POF) Systeme. Die Standard 1 mm Stufenindex POF (SI-POF) wird dabei detailliert untersucht. Diese Faser wird mehr und mehr in kurzen optischen Kommunikationsverbindungen eingesetzt aufgrund ihres großen Kern-durchmessers von 1 mm. Daraus resultiert eine einfache Verarbeitung, große Robustheit und die Möglichkeit zur steckerlosen Konfektionierung.

Für diese Faser wurde ein Kanalmodell entwickelt, das die drei wichtigsten Mehrmoden-Fasereffekte beinhaltet, nämlich die modenabhängige Dämpfung, die Modendispersion und die Modenkopplung. Dieses Modell wurde durch Messungen im Labor evaluiert. Die Abweichungen des Modells waren relativ gering, so dass der optische Plastikfaserkanal mit Hilfe des entwickelten Modells sehr gut approximiert werden kann.

In solchen POF-Systemen kann nur Intensitätsmodulation angewendet werden, da nur eine direkte Modulation der optischen Lichtquelle möglich ist. Deshalb wird eine Mehrstufigen-Modulation mit empfangenseitiger Entzerrung kombiniert, um die Bandbreitenbeschränkung aufgrund von Modendispersion und den aktiven optischen Komponenten zu kompensieren.

Diese Kombination wird sowohl in theoretischen Betrachtungen der maximalen Entzerrerleistungsfähigkeit als auch in zahlreichen Experimenten

untersucht. Es wird gezeigt, dass die Übertragung einer Rekord-Bitrate von bis zu 2 Gbit/s über 100 Meter SI-POF durch Verwendung einer Laserdiode als optisches Sendeelement und der Kombination aus Mehrstufigenmodulation und Entzerrung möglich ist.

Des Weiteren wurde erstmalig die Übertragung von 1.25 Gbit/s über 50 m SI-POF unter Verwendung einer kommerziellen roten LED nachgewiesen. Alle diese Ergebnisse wurden mit sogenanntem „Offline Processing“ erreicht. Es steht für das blockweise Abspeichern mittels eines Oszilloskops und der anschließenden Verarbeitung in einem PC. Somit stellt diese Art der Messung einen Zwischenschritt zwischen reiner Simulation und einer Echtzeit-Übertragung dar.

Zu Beginn dieser Arbeit lagen die Rekord-Datenraten-Längen-Produkte bei $53.1 \text{ Mbit/s} \cdot \text{km}$ für Laser und bei $12.5 \text{ Mbit/s} \cdot \text{km}$ für LED. Diese Rekorde konnten im Rahmen dieser Arbeit auf $200 \text{ Mbit/s} \cdot \text{km}$ für Laser bzw. $75 \text{ Mbit/s} \cdot \text{km}$ für LED erhöht werden.

Abschließend wird in dieser Dissertation die Implementierung eines Medienconverters zur Gigabit-Ethernet-Übertragung vorgestellt, der mit einer LED als Sendeelement arbeitet und auf einer FPGA-Plattform basiert, die folgende Signalverarbeitungsalgorithmen ausführt: PAM-4 Modulation, lineare Empfängerentzerrung, Fehlerkorrektur und Taktrückgewinnung. Mit diesem Demonstrator konnte erstmalig eine Ethernet-Verbindung im Gigabit-Bereich mit roten LEDs und bis zu 25 m SI-POF realisiert werden.

Die Arbeit wird im Verlag Dr. Hut München in der Reihe „Informationstechnik“ erscheinen.

Electronic Compensation of Transmission Impairments in Fiber-Optic Communication Systems

Vorsitzender: N.N.
1. Bericht: Prof. Dr.-Ing. Norbert Hanik
2. Bericht: Prof. Polina Bayvel, PhD, University College London

Einreichung bei der Fakultät EI im letzten Quartal 2010

Fiber-optic transmission is subject to several impairments, which result from the transmission fiber's material and geometry. The dominant effects are chromatic dispersion (CD), polarization mode dispersion (PMD) and Kerr-nonlinearity. The interaction of these effects leads to intersymbol interference (ISI). In long-haul, high-speed communication links these effects have to be mitigated. In conventional optical communication systems CD, which is responsible for the major part of the ISI, is compensated by means of dispersion compensating fiber (DCF). By appropriate dispersion management the distortion caused by fiber nonlinearity can be mitigated, too. While this technique has proven efficient it also has disadvantages: DCF modules lead to additional signal loss, increase in system cost and lack of flexibility.

The use of electronic signal processing techniques has emerged as a flexible and cost efficient alternative. In this thesis techniques are discussed, which are based either on signal processing in the transmitter or the receiver. A direct detection receiver is considered in both cases.

The transmitter based scheme we investigate is electronic predistortion (EPD). Using a generalized DSP model we derive the prefiltering required for the compensation of the channel response. Different approaches are shown: nonlinear back-propagation based on the Split-Step Fourier Method for joint compensation of CD and nonlinearity and linear filtering for compensation of CD and PMD. The performance of these schemes as well as complexity reduced versions is shown based on numerical simulations for single channel and WDM-systems. In addition the complexity of the scheme as

well as the performance penalties due to hardware limitations are discussed.

Using a Feed-Forward and Decision Feedback Equalizer is one of the receiver methods dealt with in this thesis. Different diversity receiver structures are evaluated. The adaptation of filters based on various criteria is examined and the performance of the schemes for the compensation of CD and PMD is presented.

As an alternative receiver based approach we analyzed probabilistic equalizers based on the MLSE and the MAP criterion. The performance of these schemes as well as approaches for complexity reduction is discussed.

Die Übertragung in faseroptischen Systemen wird bedingt durch Fasermaterial und Wellenleitergeometrie verschiedenartig beeinträchtigt. Die dominanten Effekte sind Chromatische Dispersion (CD), Polarisationsmodendispersion (PMD) und Fasernichtlinearität. Das Zusammenwirken dieser Effekte führt zu Intersymbolinterferenzen (ISI). In hochbitratigen Weitverkehrssystemen müssen diese Effekte kompensiert werden. In konventionellen Systemen, in denen CD dominiert, verwendet man Dispersionskompensierende Fasern (DCF). Durch passendes Dispersionsmanagement können auch die durch das Zusammenwirken von CD und Nichtlinearität entstehenden Störungen verringert werden. Diese Technik hat leider auch Nachteile: DCF-Module führen zu zusätzlichem Leistungsverlust, sie erhöhen die Systemkosten und sind nicht flexibel.

Die Nutzung von Signalverarbeitung stellt eine interessante Alternative dar. In dieser Arbeit werden sowohl sender- als auch empfangen-

basierende Techniken behandelt. In beiden Fällen werden Systeme mit Direkttempfang untersucht.

Eine senderseitige Methode ist die elektronische Vorverzerrung (EPD). Die für die Entzerrung einer gegebenen optischen Übertragungsstrecke nötigen Vorverzerrungsfilter werden in der Arbeit aus einem allgemeingültigen Modell hergeleitet. Im Anschluss werden verschiedene Ansätze präsentiert: Nichtlineare Vorverzerrung basierend auf der Split-Step Fourier Methode für die gemeinsame Entzerrung von CD und Nichtlinearität, und lineare Filterung zur Kompensation von CD und PMD. Die Leistungsfähigkeit dieser Techniken bei idealer Implementierung bzw. reduzierter Komplexität wird durch numerische Simulation sowohl für Einkanal- als auch für WDM-Systeme gezeigt. Zusätzlich diskutiert werden die Komplexität der verwendeten Verfahren sowie Auswirkungen von Aspekten einer Hardware-Implementierung.

Eines der betrachteten empfangenseitigen Verfahren ist ein Feed-Forward und Decision Feedback Equalizer. In diesem Kontext werden in der Dissertation verschiedene Empfängerstrukturen mit Diversität untersucht. Die Anpassung der Filterparameter auf Basis verschiedener Kriterien wird betrachtet und die Leistungsfähigkeit des Verfahrens zur Kompensation von CD und PMD präsentiert.

Alternativ dazu werden Entzerrer untersucht, die auf dem MAP- oder MLSE-Kriterium basieren. Dargestellt werden für diese die Leistungsfähigkeit und Komplexität sowie verschiedene Möglichkeiten zur Komplexitätsreduktion.

Das Promotionsverfahren wird Anfang 2011 abgeschlossen sein.



Dipl.-Ing. Florian Breyer, geboren 1979 in Ravensburg, studierte an der



Universität Stuttgart Elektrotechnik und Informationstechnik. Von 2005 bis April 2010 war er wissenschaftlicher Mitarbeiter von Prof. Hanik im Fachgebiet Leitungsgebundene Übertragungstechnik. Er bearbeitete dabei in Kooperation mit der Siemens AG – Corporate Technology das Projekt *Optimierung und Entzerrung der optischen Signalübertragung über Plastikfasern*. Die Forschungsschwerpunkte lagen in der Modellierung optischer Plastikfasersysteme, der Optimierung von Übertragungsverfahren und der experimentellen Evaluierung dieser Verfahren im Labor. Die Implementierung eines Demonstrators in Echtzeit stellte den Abschluss dieser vorwiegend anwendungsbezogenen Forschungsarbeit dar.

In der Lehre betreute F. Breyer die Hanik-Vorlesung *Grundlagen der Informationstechnik (LB)*. Seit August 2010 ist er bei Rohde & Schwarz in München im Geschäftsbereich Messtechnik in der Abteilung „Center of Competence“ tätig.

Dr.-Ing. Leonardo D. Coelho, geboren 1979 in Recife, Brasilien, kam



nach dem Studium an der UFPE in Recife als MSCE-Student an die TU München. Seit Ende 2005 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter von Prof. Hanik im Fachgebiet Leitungsgebundene Übertragungstechnik. Er bearbeitete in Kooperation mit Nokia-Siemens Networks das BMBF-Projekt *Optimierung optischer WDM-Übertragungssysteme für Kanaldatenrate von*

Personalien der Doktoranden

10 Gbit/s bis 100 Gbit/s unter besonderer Berücksichtigung mehrstufiger Modulationsverfahren. Sein Forschungsschwerpunkt lag in der Simulation, der Modellierung sowie der Optimierung optischer Übertragungssysteme. Ein Teil seiner Forschungsarbeit entstand in enger Zusammenarbeit mit der Forschungsgruppe von Dr. Ronald Freund am Heinrich-Hertz-Institut in Berlin, das er 2006 und 2007 für jeweils zwei Monate als Gastwissenschaftler besuchte. Im Sommer 2009 absolvierte L. Coelho einen zweimonatigen Aufenthalt an der DTU in Lyngby bei Kopenhagen, wo er in der Gruppe von Prof. Peucheret an parametrischen Verstärkern für faseroptische Systeme forschte.

In der Lehre war er für die inhaltliche Gestaltung und Durchführung der Vorlesung *Optical Communications Systems* (die er zusammen mit B. Göbel 2006 auch als Blockkurs an der AUB in Beirut, Libanon, hielt) und des zugehörigen Praktikums *Simulation of Optical Communication Systems Laboratory* verantwortlich.

Dr.-Ing. Janis Dingel, 1980 in Marburg geboren, studierte Elektrotechnik und Informationstechnik an der TU München.



Von 2006 bis 2009 war J. Dingel wissenschaftlicher Mitarbeiter des LNT. Er bearbeitete in Kooperation mit dem Max-Planck-Institut für Ornithologie das DFG-Projekt *Methoden der Kommunikationstheorie zur funktionsorientierten Analyse konservierter DNA-Sequenzen*. In der Lehre war er mitverantwortlich für Inhalt und Durchführung der Vorlesung *Informations- und Kommunikationstheorie in der Genetik*.

Sein Forschungsschwerpunkt am LNT lag in der Anwendung von Methoden der Informations- und Codierungstheorie auf Probleme der Genetik und der Bioinformatik. Ein Teil seiner Forschungsarbeit entstand in enger Zusammenarbeit mit der Forschungsgruppe von Prof. Olgica Milenkovic an der University of Illinois at Urbana-Champaign, die er 2007 für

drei Monate als Gastwissenschaftler besuchte.

Seit September 2009 arbeitet Dr. Dingel bei Rohde & Schwarz SIT in München in der Abteilung Kryptogeräte.

Dr.-Ing. Bernhard Göbel, 1978 in München geboren, studierte an der



TUM Elektrotechnik und Informationstechnik. Während des Studiums absolvierte er mehrmonatige Auslandsaufenthalte an der University of Southampton in England und bei Siemens Corporate Research, Princeton, USA. Nach Abschluss seiner Diplomarbeit am LNT, die sich mit der Anwendung statistischer und informationstheoretischer Methoden auf die Humangenetik befasst, war B. Göbel von 2004 bis 2010 wissenschaftlicher Assistent von Prof. Hanik. Sein wissenschaftliches Interesse galt den informationstheoretischen Aspekten faseroptischer Nachrichtenkanäle. 2009 verbrachte er einen dreimonatigen Forschungsaufenthalt bei den Bell Laboratories in Holmdel, USA.

In der Lehre konzipierte und betreute er die Übungen zu den Vorlesungen *Leitungsgebundene Übertragungstechnik* und *Optical Communication Systems*, betreute das Hauptseminar *Digitale Kommunikationssysteme* sowie je einen Versuch des *Grundpraktikums Nachrichtentechnik* und des *Simulation of Optical Communication Systems Lab*. Er organisierte 2006 das *International Graduate Seminar on Information Technology* (LNT gemeinsam mit der University of Southampton und der American University of Beirut, AUB), hielt 2006 an der AUB gemeinsam mit L. Coelho die Blockvorlesung *Optical Communication Systems* sowie 2007 die Übung zu *Ausgewählte Kapitel der Nachrichtentechnik* an der Tongji-Universität in Shanghai.

Seine weiteren Aufgaben waren die Leitung des EU-Projekts *Collaborative IT Program for Education and Research* (Projektpartner: TUM,

AUB, University of Southampton, Siemens AG) und die Organisation der 2010 in München stattgefundenen 12th International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON, siehe Kapitel 9.5).

Dr.-Ing. Pavol Hanus, 1980 in der Slowakei geboren, studierte ab 1999



an der TU München Elektrotechnik und Informationstechnik. Anschließend promovierte er von 2005 bis 2010 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am LNT in der Genetik-Gruppe von Prof. Hagenauer.

Seine interdisziplinär ausgerichtete Forschungstätigkeit konzentrierte sich auf die Anwendung der Kommunikations- und Informationstheorie auf Problemstellungen aus der Genetik. Seine Arbeiten zur Kompression von genomischen Sequenzalignment-Datensätzen und zu Parallelen zwischen der Protein-Bindungsstellenerkennung und Markersynchronisation wurden im Rahmen internationaler Konferenzen prämiert.

Zu seinen Kernaufgaben zählte die Organisation und das Management des internationalen Studiengangs „Master of Science in Communications Engineering – MSCE“. In der Lehre war er mitverantwortlich für die Gestaltung und Durchführung der Vorlesung *Informations- und Kommunikationstheorie in der Genetik* und das *Hauptseminar Digitale Kommunikationstechnik*. Darüber hinaus war er zuständig für den LNT-Webserver.

Dipl.-Ing. Stephan Hellerbrand, geboren 1980 in München, studierte



von 1999 bis 2005 an der TU München Elektro- und Informationstechnik mit Schwerpunkt Nachrichtentechnik. Nach einem Semester an der University of Melbourne schloss er sein Studium mit einer Diplomarbeit über trellisbasierende Quantisierung ab, die er größtenteils am Lund Institute of Technology in Schweden anfertigte.

Von Herbst 2005 bis Frühjahr 2010 arbeitete S. Hellerbrand in der Optikgruppe von Prof. Hanik an elektronischen Methoden zur Störungskompensation auf Glasfaserstrecken, teilweise im Rahmen des BMBF-Projekts EIBONE (*Efficient Integrated BackBONE*) in Zusammenarbeit mit T-Systems.

Er wirkte 2009 drei Monate als Gastforscher in der Optical Networks Group von Prof. Bayvel am University College London an Forschungsarbeiten über kohärente optische Übertragungssysteme für Datenraten größer als 40 Gbit/s mit. Er konzipierte zudem das Praktikum *Simulation of Optical Communication Systems* und betreute dieses von 2006 bis 2009.

Daneben war er über viele Jahre mit der Verwaltung der Computersysteme am Lehrstuhl betraut.

Seit August 2010 ist Stephan Hellerbrand als Projektleiter für ein Projekt im Bereich „Mobile Multimedia“ bei der ubitexx GmbH in München tätig.



Dr.-Ing. Danail Traskov, received the BS degree from Technical Uni-



versity Darmstadt in 2004 and the MS degree from the University of Illinois at Urbana-Champaign in 2006, both in Electrical Engineering. From 2007 until 2010 he has been a research assistant at the LNT.

His research has been the field of network coding with particular emphasis on wireless networks, e.g. the interaction of network coding with the multiple access layer, or asynchronous algorithms for computing multicast subgraphs. He has interned at Bell Labs from May to July 2006 working with Prof. Gerhard Kramer, and has visited the Massachusetts Institute of Technology for the summers of 2007 and 2008 working with Prof. Muriel Médard.

At LNT his teaching responsibilities have been the courses *System Aspects in Communication*, the seminar *Communication Systems*, and the lecture *Data Networks*. He was also responsible for the European Union project NEWCOM++, and supervised the thesis projects of 8 students.

Überblick über die Forschungsthemen am Lehrstuhl für Nachrichtentechnik und im Fachgebiet Leitungsgebundene Übertragungstechnik

Norbert Hanik und Christoph Hausl

For years a focus of our institute has been source and channel coding for conventional communication systems. It was Ralf Kötter's groundbreaking work to extend it by the coding theory for networks. Ralf Kötter initiated a series of highly innovative research projects in this area which could be carried on substantially after his death. This was supported through the helpfulness and vital contributions of many of his colleagues and friends. We would like to express our gratitude to Michelle Effros (California Institute of Technology) for her cooperativeness during her several visits to Munich. We are also much obliged to Gerhard Kramer (University of Southern California), Muriel Médard (Massachusetts Institute of Technology) and Andrew Singer (University of Illinois) for mentoring our doctoral candidates during their stay abroad.

The reports referring to channel and network coding can be found on pages 54–61. *Joschi Brauchle* focuses on efficient encoding and decoding of Reed-Solomon codes. He is currently the only person at our institute handling the subject of classical channel coding for a point-to-point channel.

The majority of the scientists at LNT deal with different versions of wireless relay communication. *Tobias Lutz* and *Christoph Hausl* describe their research subject about half-duplex restricted relay communication. Lutz focuses on the theoretical

information aspects while Hausl centers on the code design.

Georg Zeitler's and *Jie Hou's* research subject is the multiple-access relay channel consisting of two sources communicating via a relay station with a common sink. The intent is to find suitable coding strategies in case the relay cannot decode accurately as well as methods to efficiently utilize the reverse feedback channel from the relay station to the sources. *Onurcan Iscan's* subject is the multi-way relay channel. He considers a network with three terminals, communicating with each other via a relay.

Mohit Thakur deals with network optimization in regard to network coding focusing on large networks. *Michael Heindlmaier* discusses in the first part of his article the equivalence theory of communication networks and in the second part the efficient insert of network coding. In this context we refer to *Danail Traskov's* thesis on p. 43 in Chapter 5. His thesis demonstrates that the data flow can be significantly raised in wireless networks by a joint optimization of multiple-access and network coding.

Furthermore, LNT had two Ph. D. theses on the subject of „Information and Coding Theory in Genetics“. *Jannis Dingel* (p. 41) outlines approaches for selected problems arising in computational genetics from a communication theoretic point of view. He develops algorithms for detection

of conserved regions in multiple DNA sequence alignments and contributes to the analysis of codes suitable to detect coding structure in DNA sequences.

Pavol Hanus (p. 42) designs a highly efficient lossless compression algorithm using well established models of genome evolution and binary image compression techniques and discusses parallels between sequence specific protein binding on the molecular level and marker synchronization from a technical point of view.

LNT's final article describes the eLearning Tutorial LNTwww (p. 62) initiated by *Klaus Eichin* and *Günter Söder*. Developed with the assistance of Diplom degree candidates it enjoys great popularity.

Let us now take a look at the topics of *Line Transmission Technology* (LÜT) which was founded in 2004. A change from the first generation to the next has taken place. Within the last two years four Ph. D. theses have been written:

Florian Breyer analyzed communication links using polymer optical fibers (POF), focussing on the insertion of multistage amplitude modulation and suitable procedures to the receiver-sided signal equalization.

Stephan Hellerbrand worked in the area of high rate optical transmission via a standard single mode fiber with the aim to compensate disturbing linear and non-linear effects.

6

Arbeitsgebiete

His approach uses an optimized broadcasting-sided pre-distortion and a receiver-sided equalization.

Leonardo D. Coelho analyzed the optimization of the transmission performance of optical systems for data rates up to 100 Giga-symbols per second. This rate was made possible by the optimized choice of the modulation process and the optimization of the optical link design.

Bernhard Göbel describes optical transmission systems from an information-theoretic point of view and calculates the channel capacity, a high challenge due to the various non-linear qualities of the fiberglass.

The day-to-day work continued during the time period of this report. *Oscar Gaete* did his research within a joint project with Nokia Siemens Networks (NSN). The focus of the research was the transmission of Ethernet signals over optical standard-single mode fiber with a data rate of 100 Gbit/s. Another research project in cooperation with NSN is being done by *Beril Inan*. She works on developing an OFDM transmitter for 100 Gbit/s and a coherent receiver with FPGAs.

Our new colleagues are working on the recently acquired research projects. Within the scope of a common project with the BMW AG *Elisabeth Georgieva* examines the optimized use of innovative modulation and coding processes for the powerline communication in motor vehicles. *Ulli Brennenstuhl* studies within the scope of a BMBF project the investigation of new concepts and transmission processes for passive optical networks in future purely optical access networks.

Please find more information regarding the LÜT-subjects on pp. 44–47 and 63–66.

Traditionell decken die Forschungsaktivitäten des Lehrstuhls für Nachrichtentechnik (LNT) einen sehr großen Bereich der theoretischen und anwendungsbezogenen Themen der Informations- und Kommunikationstechnik ab. Die seit Jahren bearbeitete Quellen- und Kanalcodierung für konventionelle Kommunikationssysteme wurde durch die wegweisenden Arbeiten von Ralf Kötter um die Codierungstheorie für Netze erweitert. Unter seiner Leitung wurden am LNT auf diesem Gebiet eine Reihe hochinnovativer Forschungsprojekte initiiert, die nach seinem Tode im wesentlichen fortgeführt wurden und 2009 noch um einen neuen Aspekt, nämlich die Anwendung von Network Coding in der Satellitenkommunikation, ausgebaut werden konnten.

Die Hilfsbereitschaft vieler Kolleginnen, Kollegen und Freunde von Ralf Kötter hat dazu beigetragen, dass unsere Doktoranden weiterhin von den Ratschlägen und Anregungen erfahrener Forscher enorm profitieren. Insbesondere möchten wir uns an dieser Stelle bei Michelle Effros für ihre Diskussionsbereitschaft bei mehreren Besuchen in München bedanken, aber auch bei Gerhard Kramer, Muriel Médard und Andrew Singer für die Betreuung der Doktoranden während etlicher Auslandsaufenthalte.

Die behandelten Forschungsthemen zur Kanalcodierung, Netzcodierung und Informationstheorie folgen auf Seite 54–61 dieses Berichts. *Joschi Brauchle* befasst sich mit der effizienten Codierung und Decodierung von Reed-Solomon-Codes. Er ist der einzige LNT-Mitarbeiter, der sich in erster Linie mit der klassischen Kanalcodierung für einen Punkt-zu-Punkt-Kanal auseinandersetzt.

Die Mehrzahl der Mitarbeiter des LNT beschäftigt sich derzeit mit verschiedenen Varianten drahtloser Relaiskommunikation. *Tobias Lutz* und *Christoph Hausl* beschreiben in ihren Beiträgen auf Seite 55 und 56 ihr gemeinsames Forschungsthema zur Codierung für halbduplex beschränkte Relaiskommunikation. Der Schwerpunkt der Forschung liegt bei Lutz eher auf den informations-

theoretischen Aspekten, wohingegen bei Hausl der Codeentwurf im Zentrum seiner Arbeit steht.

Das Forschungsthema von *Georg Zeitler* ist der Relaiskanal mit Mehrfachzugriff, der aus zwei Quellen besteht, die mit einer gemeinsamen Senke mit Hilfe einer Relaisstation kommunizieren. Er sucht geeignete Strategien für den Fall, dass das Relais nicht fehlerfrei decodieren kann. Er beschreibt hier unter anderem die Kooperation in Funknetzen.

Auch *Jie Hou* befasst sich mit diesem Mehrfachzugriffsrelaiskanal. Er untersucht hierfür Methoden, die einen Rückkanal von der Relaisstation zu den Quellen effizient ausnutzen können.

Der Beitrag von *Onurcan Iscan* beschreibt seine derzeitigen Arbeiten zum mehrdirektionalen Relaiskanal. Er betrachtet dabei ein Netzwerk mit drei Terminals, wobei diese über ein Relais miteinander kommunizieren. Wendet man beim Relais Netzcodierung an, so wird dadurch die spektrale Effizienz deutlich erhöht.

Die beiden nächsten Beiträge behandeln verschiedene Aspekte der Netzoptimierung bezüglich Netzcodierung, wobei im Gegensatz zu den vorherigen Beiträgen große Netze im Blickpunkt stehen. *Mohit Thakur* beschäftigt sich dabei mit der Netzplanung und der Optimierung für AWGN-Kanäle mit niedrigem SNR.

Auch bei den Forschungsarbeiten von *Michael Heindlmaier* werden große Netze betrachtet. Sein Beitrag ist zweigeteilt: Er beschreibt zuerst die Äquivalenztheorie von Kommunikationsnetzen und danach setzt er sich mit dem effizienten Einsatz von Netzcodierung auseinander.

Im Sommer 2010 hat mit *Danail Traskov* der erste Kötter-Doktorand seine Dissertation abgegeben. Im Kapitel 5 auf Seite 43 finden Sie eine Zusammenfassung. Traskov zeigt, dass der Datendurchsatz in drahtlosen Netzen durch die gemeinsame Optimierung von Mehrfachzugriff und Netzcodierung deutlich erhöht werden kann. Für das zu Grunde liegende Optimierungsproblem wird ein dezentraler Algorithmus vorgeschlagen.

Der letzte LNT-Beitrag in diesem Kapitel 6 stammt von *Klaus Eichin* und *Günter Söder*. Sie beschreiben auf Seite 62 das von ihnen initiierte und zusammen mit Diplomanden stetig ausgebaut eLearning-Tutorial LNTwww. Dieses hat sich nach über 10-jähriger Arbeit zu einem schier unerschöpflichen Fundus an Wissen auf allen Gebieten der Nachrichtentechnik – von den Grundlagen bis hin zu aktuellen Anwendungen – entwickelt.

Seit 2004 wurden unter großer nationaler und internationaler Beachtung verschiedene Forschungsthemen auf dem Gebiet der Informations- und Codierungstheorie in der Genetik bearbeitet. Die am LNT von Prof. *Jochim Hagenauer* geleiteten Arbeiten hatten maßgeblichen Anteil an der Einrichtung des DFG-Schwerpunktprogramms „Informations- und Kommunikationstheorie in der Molekularbiologie“ im Jahre 2008.

Im Berichtszeitraum gab es zwei Dissertationen zu diesem Thema. Damit endet vorerst dieses interessante Forschungsgebiet am LNT. Es wird zukünftig allein von Prof. Bossert in Ulm fortgeführt.

Janis Dingel stellt auf der Seite 41 im Kapitel 5 verschiedene kommunikationstheoretische Ansätze für ausgewählte Probleme der Genetik vor. Unter anderem entwickelt er einen Algorithmus zur Detektion konservierter Bereiche in multiplen, ausgerichteten DNA-Sequenzen und liefert Beiträge zur Analyse von Netzwerken.

Auch *Pavol Hamus* liefert Beispiele für die erfolgreiche Anwendung der Informations- und Kommunikationstheorie auf die Genetik. Er entwirft einen hocheffizienten Quellencodierungsalgorithmus für die Kompression großer genbiologischer Datensätze. Zusätzlich werden Protein-DNA-Bindungen aus technischer Sicht diskutiert. Die gewonnenen Erkenntnisse sind auch für technische Probleme relevant und untermauern so den beidseitigen Nutzen interdisziplinärer Forschung.

Kommen wir nun zu den Mitarbeitern und deren Forschungsthemen im Fachgebiet *Leitungsgebundene Übertragungstechnik* (LÜT), das seit 2004

(Berufung von *Prof. Norbert Hanik*) besteht und als Extra-Ordinariat in den Lehrstuhl für Nachrichtentechnik eingebunden ist. 2010 hat sich hier der erste Generationswechsel vollzogen. Vier Dissertationen wurden verfasst, auf die hier kurz eingegangen werden soll. Details findet der interessierte Leser im Kapitel 5.

Florian Breyer untersuchte die Datenübertragung über optische Polymerfasern (POF). Er konzentrierte sich hier auf den Einsatz von mehrstufiger Amplitudenmodulation und von unterschiedlichen Verfahren zur empfängerseitigen Signalentzerrung. Hier gelangen ihm mehrere Rekord-Experimente im Bereich der Gbit/s-Übertragung über POF sowie die Realisierung eines voll funktionsfähigen Medienkonverters zur Giga-bit-Ethernet-Übertragung.

Stephan Hellerbrand arbeitete auf dem Gebiet der hochratigen optischen Übertragung über Standard-Einmodenfasern. Es gelang ihm, durch den gleichzeitigen optimierten Einsatz einer sendeseitigen Vorverzerrung und einer empfängerseitigen Signalentzerrung die störenden linearen und nichtlinearen Effekte bestmöglich zu kompensieren.

Leonardo D. Coelho widmete sich der Optimierung der Übertragungsgüte optischer Systeme für Datenraten bis 100 Giga-Symbole pro Sekunde. Diese Rate wurde durch die optimierte Auswahl des Modulationsverfahrens und die Optimierung des Streckenaufbaus, dem so genannten Link Design, erreicht. Seine Arbeit umfasste neben der eigentlichen Systemoptimierung die Entwicklung neuartiger physikalischer Modelle für die untersuchten komplexen optischen Modulatoren- und Empfängerstrukturen.

Die Arbeit von *Bernhard Göbel* beschäftigt sich schließlich mit der informationstheoretischen Beschreibung optischer Übertragungssysteme und der Ermittlung ihrer Kanalkapazität, was besonders durch die vielfältigen nichtlinearen Eigenschaften der Glasfaser eine große Herausforderung darstellt.

Neben diesen nun abgeschlossenen Arbeiten wurden im Berichts-

zeitraum laufende Arbeiten fortgeführt. Mitte 2010 wurden auch neue Projekte begonnen.

Oscar Gaete beschäftigt sich im Rahmen eines Projektes mit Nokia Siemens Networks weiterhin mit der Übertragung von Ethernet-Signalen über optische Standard-Einmodenfasern mit 100 Gbit/s. Besonderer Wert wird hier auf eine möglichst einfache direkte Signaldetektion gelegt. Es gelang ihm, ein neuartiges Verfahren zur bandbreiteneffizienten Übertragung zu entwickeln, das im weiteren Verlauf der Arbeit noch zu optimieren ist.

Beril Inan arbeitet in Kooperation mit Nokia Siemens Networks ebenfalls auf dem Gebiet der optischen Übertragung, wobei sie Orthogonal Frequency Division Multiplex (OFDM) zur Datenmodulation und einen kohärenten Empfänger einsetzt. Im Rahmen ihrer Arbeit werden sowohl der OFDM-Sender als auch der Empfänger bei 100 Gbit/s mit FPGA's realisiert.

Unsere aktuell akquirierten Forschungsprojekte werden von „unseren Neuen“ bearbeitet. *Elisabeth Georgieva* untersucht im Rahmen eines Forschungsprojektes mit der BMW AG den optimierten Einsatz von innovativen Modulations- und Codierungsverfahren für die Powerline-Kommunikation in Kraftfahrzeugen. *Ulli Brennenstuhl* schließlich untersucht im Rahmen eines BMBF-Projektes, das erst vor Kurzem angelaufen ist, neuartige Konzepte und Übertragungsverfahren für passive optische Netzwerke (PONs) in zukünftigen rein optischen Zugangnetzen.

Mehr Informationen zu den Themen des Fachgebiets *Leitungsgebundene Übertragungstechnik* finden Sie auf folgenden Seiten: 44–47 (Kapitel 5) und 63–66 (Kapitel 6).

Effiziente Codierung und Decodierung von Reed-Solomon-Codes

Joschi Brauchle

Even 50 years after their invention, Reed-Solomon (RS) codes are still one of the most widely used classes of forward error correction codes. In the recent ATSC-M/H standard for mobile TV, a special encoding with arbitrary parity positions is used. In cooperation with Rohde & Schwarz an efficient encoder [1] for this specific application was designed, requiring very low computational complexity and memory. The same algorithm can also be used for the very similar problem of efficient erasure decoding of Reed-Solomon codes. In terms of forward error correction using list decoding of RS codes [2], the aim of our research is to extend the ideas in [3] to make more efficient use of available soft-information as well as to reduce overall computational complexity.

Selbst knapp 50 Jahre nach ihrer Entdeckung zählen Reed-Solomon-Codes immer noch zu den am häufigsten verwendeten Fehlerkorrekturverfahren. Sie werden überall dort eingesetzt, wo ein hohes Maß an Zuverlässigkeit bei der Übertragung und Speicherung von Daten benötigt wird. Zu ihren vielen Anwendungsgebieten in digitalen Übertragungssystemen – wie beispielsweise Weltraumkommunikation, optische Datenübertragung und DSL sowie Speichermedien wie Festplatten, DVDs und Blu-ray-Disks – kommen auch heute immer neue Anwendungsbereiche hinzu. So werden im gerade verabschiedeten nordamerikanischen Standard für mobiles digitales Fernsehen (ATSC-M/H) Reed-Solomon-Codes in einer speziellen Form eingesetzt, bei der die Paritätssymbole an beliebigen Positionen innerhalb des Codewortes erstellt werden müssen.

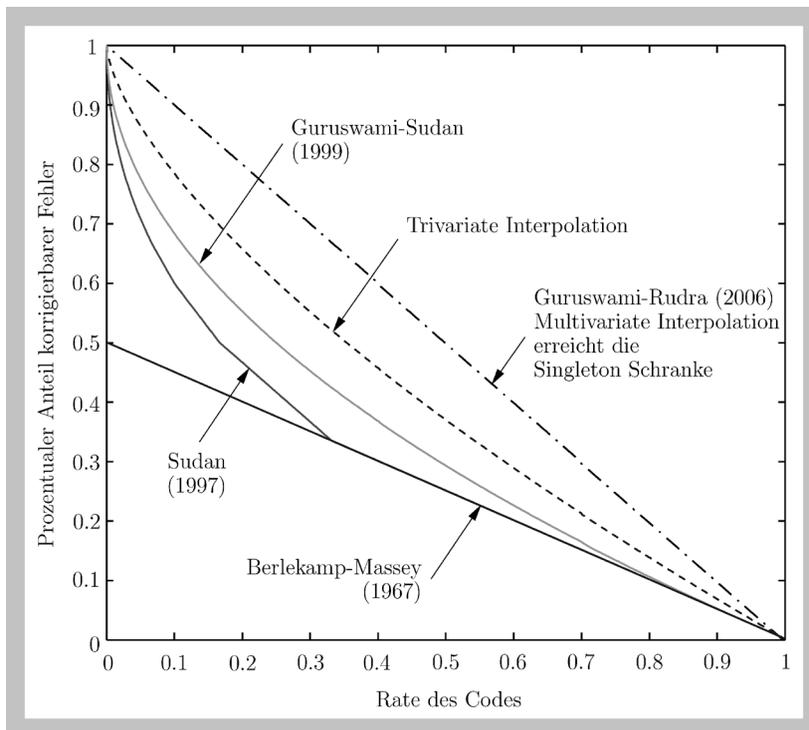
In Zusammenarbeit mit der Rohde & Schwarz GmbH wurde für diese spezielle Aufgabe ein sehr effizienter Reed-Solomon-Encoder [1]

entwickelt, der durch Ausnutzung der algebraischen Struktur eine hohe Verarbeitungsgeschwindigkeit bei gleichzeitig sehr geringem Speicherbedarf erzielt. Das zugrunde liegende Problem tritt in gleicher Form beispielsweise in verketteten Systemen bei der Decodierung von Symbolauslöschungen auf, so dass der entworfene Algorithmus auch in diesem Fall Anwendung finden kann.

Bei der Vorwärtsfehlerkorrektur mittels Listen-Decodierung von Reed-Solomon-Codes wurde durch Erweiterungen der Arbeit von Sudan aus dem Jahr 1997 der Abstand zum theoretisch möglichen Maximum an korrigierbaren Fehlern (Singleton-Schranke) in den letzten Jahren schrittweise verringert und schließlich 2006 durch Guruswami-Rudra [2] für alle Raten erreicht (siehe Abbildung). Ziel unserer Forschung auf diesem Gebiet ist es, die vom Übertragungskanal zur Verfügung gestellte Soft-Information ähnlich dem Kötter-Vardy-Ansatz [3] durch Gewichtung der Interpolationspunkte in Form von Multiplizitäten für diese neuartigen Verfahren verwertbar zu machen. Eine wichtige Frage ist dabei, wie diese Multiplizitäten mit ausreichender Genauigkeit und vertretbarem Aufwand – etwa mit Hilfe verketteter Faltungscodes – bestimmt werden können. Weiteres Augenmerk liegt auf der Reduzierung der benötigten Alphabetgrößen sowie der Komplexität des Interpolationsprozesses insgesamt.

Literatur:

- [1] Brauchle, J.; Kötter, R.: A Systematic Reed-Solomon Encoder with Arbitrary Parity Positions. In: *Proc. IEEE Globecom*, Dec. 2009
- [2] Guruswami, V.; Rudra, A.: Explicit Capacity-Achieving List-Decodable Codes. In: *Proc. ACM Symposium on Theory of Computing*, May 2006
- [3] Kötter, R., Vardy, A.: Algebraic Soft-Decision Decoding of Reed-Solomon Codes. In: *IEEE Trans. on Information Theory*, Nov. 2003.



Vergleich der Leistungsfähigkeit verschiedener Decodierverfahren für Reed-Solomon-Codes in Abhängigkeit der Coderate sowie deren zeitliche Entwicklung

Kapazitätserreichende Codierverfahren für halbduplex beschränkte Kommunikationsnetze

Tobias Lutz



Most wireless networks are half-duplex constrained, i.e. the network nodes cannot transmit and receive simultaneously. In order to handle the half-duplex constraint, transmission protocols deterministically split the time of each network node into transmission and reception periods. This approach is easy to realize since nodes do not have to change rapidly between their transmission and reception modes. However, the approach is sub-optimal from an information theoretic point of view. It does not take into account that the throughput of each half-duplex node can be increased by allowing it to choose the transmission-reception patterns in dependence of the information to be sent. This observation goes back to Kramer [1] who introduced a binary, deterministic channel model for half-duplex constrained relays and demonstrated, using the example of a three node line network, that larger rates as compared to time-sharing are possible by modulating the operation modes of the relay based on the underlying information. We extended the coding strategy to line networks of arbitrary length with multiple sources and arbitrary discrete alphabet and proved optimality for various scenarios [2–4].

Viele drahtlose Kommunikationsnetze sind halbduplex beschränkt, d.h. die Netzknoten sind nicht in der Lage, gleichzeitig Daten zu senden und zu empfangen. In der Praxis wird deshalb folgender naheliegender Ansatz verfolgt: Übertragungsprotokolle teilen die jedem Knoten zur Verfügung stehende Zeit auf deterministische Weise in Sende- und Empfangszeiten ein. Der Vorteil dieses Verfahrens besteht darin, dass die Netzknoten nicht abrupt zwischen Sende- und Empfangsmodus umschalten müssen. Allerdings ist dieses Verfahren aus informationstheoretischer Sicht suboptimal. Es macht nicht von der Möglichkeit Gebrauch, durch Auswahl der Sende-Empfangs-

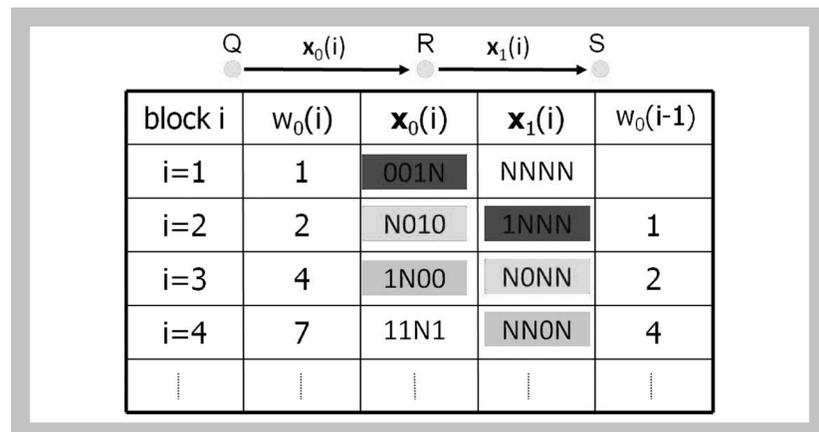
muster abhängig von der Quelleninformation zusätzliche Bits zu übertragen. Diese Beobachtung geht auf Kramer [1] zurück, der ein binäres, deterministisches Kanalmodell für halbduplex beschränkte Relais einführte. Anhand einer Kaskade bestehend aus drei Knoten wurde in [1] demonstriert, dass im Vergleich zu Time-Sharing höhere Übertragungsraten möglich sind, indem der Betriebsmodus des Relais in Abhängigkeit der zu übertragenden Information moduliert wird. In [2–4] wurde dieses Verfahren erweitert, so dass es in Kaskaden beliebiger Länge mit mehreren Quellen anwendbar ist. Des Weiteren wurde die Optimalität der Codierstrategie für verschiedene Szenarien nachgewiesen.

In der Abbildung wird die Grundidee eines Timing-Codes exemplarisch beschrieben [3]. Betrachtet wird eine Kaskade bestehend aus einer Quelle, einem Relais und einer Senke. Das Symbol N bezeichnet einen Slot, in welchem der entsprechende Knoten nicht sendet. Die Quelle beabsichtigt, in jedem Übertragungsblock der Länge vier eine von acht möglichen Nachrichten an die Senke zu übertragen ($R = 0.75$ bit/use). Der Vektor $\mathbf{x}_0(i)$ wird vom Quellknoten versendet und repräsentiert die Nachricht $w_0(i)$ in Block i . $\mathbf{x}_1(i)$ bezeichnet das Codewort des Relais, um die in Block $i-1$ von der Quelle versendete Nachricht $w_0(i-1)$ in Block i

darzustellen. Die Idee besteht nun darin, dass die beiden ersten Bits in $\mathbf{x}_0(i)$ die Position des Übertragungsslots in $\mathbf{x}_1(i+1)$ bestimmen. Das dritte Bit in $\mathbf{x}_0(i)$ ist schließlich das Symbol, welches in $\mathbf{x}_1(i+1)$ übertragen wird. Die Senke decodiert anhand von Position und Wert des empfangenen Bits und kann somit um einen Block verzögert eindeutig auf die gesendete Nachricht schließen.

Literatur:

- [1] Kramer, G.: Models and Theory for Relay Channels with Receive Constraints. In: *Proc. 42nd Annual Allerton Conf. on Communication, Control, and Computing*, Sept. 2004
- [2] Lutz, T.; Hausl, C.; Kötter, R.: Coding Strategies for Noise-Free Relay Cascades with Half-Duplex Constraint. In: *Proc. IEEE Int. Symp. on Information Theory*, July 2008
- [3] Lutz, T.; Hausl, C.; Kötter, R.: Bits through Relay Cascades with Half-Duplex Constraint. In: *arXiv:0906.599v2 [cs.IT]*.
- [4] Lutz, T.; Kramer, G.; Hausl, C.: Capacity for Half-Duplex Line Networks with Two Sources. In: *Proc. IEEE Int. Symp. on Information Theory*, June 2010



Das Relais repräsentiert einen Teil der Information mittels der Position des Sendesymbols. (N bedeutet „Nicht senden“)

Relaiskommunikation mit datenabhängigem Zeitmultiplex

Christoph Hausl

Half-duplex relays play an important role in practical application due to their low costs and low size. Normally, it is determined a priori whether the half-duplex relay is in the receive- or in the transmit-mode. It was shown in [1] that the data rate can be increased when the relay-mode is determined dependent on the data. In [2], we proposed an approach how distributed turbo coding can be improved with a data-dependent relay mode. This allows transferring additional code bits to the sink and improves the error protection capabilities of the code.

In drahtlosen Funknetzen wird die Kommunikation von der Quelle zur Senke oft durch ein Relais unterstützt, das halbduplex beschränkt ist. Dies bedeutet, dass es nicht gleichzeitig im gleichen Frequenzband senden und empfangen kann. Halbduplex-Stationen haben große Bedeutung in vielen praktischen Anwendungen, da sie günstig und klein produziert werden können.

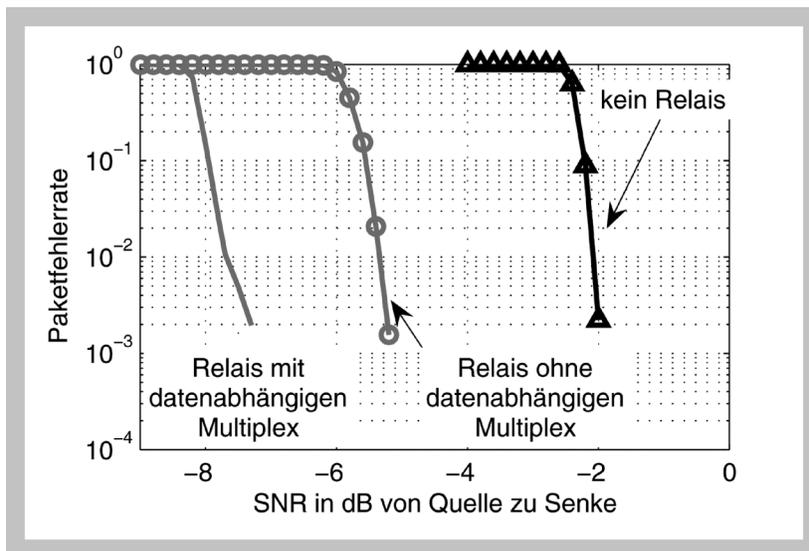
Klassischerweise wird ein halbduplex beschränktes Relais in einem fixen Zeit- oder Frequenzmultiplex betrieben. Zum Beispiel kann das Relais immer die ersten 10 Symbole eines Rahmens mit 20 Symbolen nutzen, um zu empfangen, und die zweiten 10 Symbole, um zu senden.

In [1] wurde erstmals gezeigt, dass ein solcher Ansatz mit fixem Zeitmultiplex das Halbduplex-Relais nicht optimal ausnützt, und dass die Datenrate erhöht werden kann, wenn in Abhängigkeit der zu übertragenden Daten bestimmt wird, welche Symbole das Relais zum Empfangen und welche zum Senden benutzt. Dabei ist es im Gegensatz zum fixen Multiplex der Senke nicht bekannt, welche Symbole das Relais zum Empfangen bzw. zum Senden benutzt. Dies muss die Senke für jeden Rahmen neu detektieren, z. B. anhand der empfangenen Signalstärke. Beim vorigen Beispiel gibt es übrigens „10 aus 20“ = 184.756 mögliche Send- und Empfangsreihenfolgen, wodurch 17 Bit codiert werden können.

Die informationstheoretische Arbeit in [1] wurde am LNT in [2] erweitert. Der Entwurf zeigt, wie eine Relaiskommunikation mit einem verteilten Turbo-Code um ein datenabhängiges Zeitmultiplex erweitert

werden kann. Dabei generiert die Quelle per Turbo-Code genügend Codebits, so dass das Relais zuverlässig decodieren kann. Anschließend versendet das Relais zusätzliche Codebits, so dass auch die Senke decodieren kann.

In dem in [2] vorgeschlagenen Ansatz werden weitere zusätzliche Codebits übertragen, die die Send-/Empfangsreihenfolge des nächsten Rahmens bestimmen. Diese Codebits müssen sehr gut geschützt werden, da ein Fehler bei der Detektion eine starke Fehlerfortpflanzung nach sich ziehen kann. Die Abbildung zeigt die simulierte Paketfehlerrate an der Senke, wobei alle Systeme gleiche spektrale Effizienz aufweisen. Die Relaiskommunikation mit datenabhängigem Zeitmultiplex gewinnt mehr als 2.2 dB in Vergleich zum System mit fixem Zeitmultiplex, das wiederum mehr als 3.3 dB besser ist als ein System ohne Relais. Noch nicht berücksichtigt ist, dass praktische Transceiver eine gewisse Umschaltzeit zwischen Send- und Empfangsmodus benötigen. Da beim datenabhängigen Multiplex wesentlich öfter umgeschaltet wird als beim fixen Multiplex, geht der gewonnene Datendurchsatz dadurch teilweise wieder verloren. Moderne Transceiver erreichen aber schon Umschaltzeiten unter 300 ns [3].



Durch datenabhängiges Zeitmultiplex wird die Paketfehlerrate des verteilten Turbo-Codes deutlich verringert

Literatur:

- [1] Kramer, G.: Models and Theory for Relay Channels with Receive Constraints. – In: *Proc. Allerton Conf. on Communication, Control, and Computing*, Sept. 2004.
- [2] Hausl, C.; Lutz, T.; Kötter, R.: Distributed Turbo Coding with Information Transfer via Timing of the Half-Duplex Relay-Phases. – In: *Proc. International Conf. on Communications (ICC)*, Juni 2009.
- [3] Cho, T. B. et al.: A 2.4-GHz Dual-Mode 0.18- μ m CMOS Transceiver for Bluetooth and 802.11b. In: *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, Vol. 39, No. 11, Nov. 2004.

Transinformations-erhaltende Quantisierung und Analog-zu-Digital Wandlung in der Kommunikationstechnik

Georg Zeitler

Quantization and Analog-to-Digital (A/D) conversion form an integral part of today's communication and digital signal processing systems. Traditionally, those quantizers are designed to closely represent the source signal with closeness usually defined in terms of the mean squared error (MSE) between the analog signal and the reconstruction. The MSE as a figure of merit, however, turns out to be suboptimal especially in case of very low precision (one or two bit) quantization. Two alternative approaches are investigated in this work.

First, a relay communication is considered and a method is proposed that can be applied at the relay for the quantization of the transmissions of several mobile stations. Second, an efficient low-precision A/D-converter for channels with intersymbol interference is proposed.

Kooperation in Funknetzen

Durch den Einsatz von Relaisstationen in Funknetzen kann neben einer erhöhten Datenrate und dem Gewinn an Diversität auch eine größere Gebietsabdeckung erreicht werden, wobei die Aufstellung von Relaisstationen für den Netzbetreiber finanziell erheblich günstiger sein kann als das Betreiben zahlreicher Basisstationen in großer Dichte. Beispielsweise werde das in der Grafik gezeigte Funknetz betrachtet, bestehend aus zwei Mobilstationen, einer Relaisstation sowie einer Basisstation. In einem ersten Zeitschlitz sendet Mobilstation 1 ihre Nachricht x_1 an die Relaisstation und die Basisstation, ebenso die Mobilstation 2 ihre Nachricht x_2 in einem zweiten Zeitschlitz. Durchgehend sei die Annahme gemacht, dass die Relaisstation die Nachrichten der beiden Mobilstationen nicht notwendigerweise fehlerfrei decodieren kann. Im Gegenzug sei die Verbindung vom Relais zur Basisstation von guter Qualität, was beispielsweise durch eine günstige Platzierung des Relais

erreicht werden kann. Obwohl sie nicht fehlerfrei decodieren kann, ist die Relaisstation trotzdem in der Lage, sogenannte Soft-Information über die Nachrichten beider Quellen zu gewinnen, welche – entsprechende Übertragung an die Basisstation vorausgesetzt – dort zur Decodierung verwendet werden kann. Dieser Ansatz lässt sich mit Netzcodierung (*Network Coding*) verbinden, indem die Relaisstation die Soft-Information beider Teilnehmer verknüpft und die Soft-Information über $x_1 \oplus x_2$ an die Basisstation sendet, welche mittels eines iterativen Algorithmus unter Zuhilfenahme der beiden direkten Übertragungen und der Übertragung vom Relais decodiert.

Um eine effiziente Übertragung vom Relais zu ermöglichen, wurde ein Quantisierer für die Softwerte an der Relaisstation entworfen [1]. Dabei wird der Quantisierer abhängig von der Kanalqualität zwischen Mobil- und Relaisstation so konzipiert, dass möglichst viel relevante Information, also Information über $x_1 \oplus x_2$ zur Basisstation übertragen werden kann. Diese quantisierte Art der Übertragung kann auch auf zweidimensionale Quantisierung der Soft-Information verallgemeinert werden [2], wobei in diesem Fall die Berechnung der Softwerte über $x_1 \oplus x_2$ entfällt.

Entwurf von A-D-Wandlern

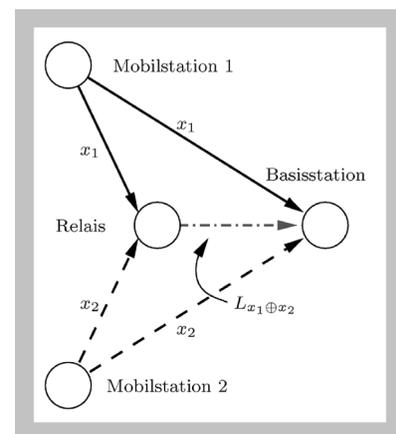
Die Umsetzung eines analogen Empfangssignals in digital verarbeitbare Werte ist ein unerlässlicher Schritt in modernen Kommunikationssystemen, welche ausnahmslos auf digitaler Signalverarbeitung basieren. Mit zunehmender Bandbreite der verwendeten Übertragungs-Signale wird die A/D-Wandlung jedoch mehr und mehr leistungshungrig – besonders bei hohen Abtastraten und hoher Präzision. Abhilfe schafft die Verwendung von A/D-Wandlern äußerst geringer Präzision, die nur mehr mit 2 oder 3 Bit pro Abtastwert auskommen, denn durch jedes eingesparte Bit an Präzision sinkt die



Anzahl der nötigen Komparatoren und somit auch der Leistungsbedarf auf die Hälfte. Wiederum zeigt sich, dass diese A/D-Wandler geringer Präzision so entworfen werden sollten, dass die digitale Repräsentation möglichst viel Information über das gesendete Bit enthält. Dabei werden Ergebnisse aus [3] auf Kanäle mit Intersymbolinterferenzen verallgemeinert.

Literatur:

- [1] Zeitler, G.; Kötter, R.; Bauch, G; Widmer, J.: Design of Network Coding Functions in Multihop Relay Networks. In: *Proc. 5th Int. Symp. Turbo Codes and Related Topics*, 2008
- [2] Zeitler, G.; Kötter, R.; Bauch, G; Widmer, J.: On Quantizer Design for Soft Values in the Multiple-Access Relay Channel. In: *Proc. Int. Conf. on Communications (ICC)*, Juni 2009
- [3] Singh, J.; Dabeer O.; Madhow, U.: On the Limits of Communication with Low-Precision Analog-to-Digital Conversion at the Receiver. In: *IEEE Trans. on Commication*, Vol. 57, No. 12, pp. 3629–3639, Dec. 2009



Funknetz mit Relaisstation: die Relaisstation kann die Nachrichten von Mobilstation 1 und Mobilstation 2 nicht decodieren, sendet aber Soft-Information über die netzcodierte Nachricht an die Basisstation.

Information Theory and Coding for Relay Networks

Jie Hou

In recent years, cooperative communications especially relay communications has been attracting more research interest, since it can extend coverage in wireless communications as well as provide diversity gains. Our research interest lies in the Multiple Access Relay Channel (MARC) where many users communicate with a destination with the help of a common relay. This channel model is so interesting since it can give us insights about two essential aspects in wireless communications, namely broadcast and interference.

Inspired by previous work [1] that feedback can increase the capacity region of multi-user networks, we also introduce feedback to the MARC to enable the cooperation between the users in order to achieve better rates. In [2], our achievability result showed that feedback can indeed in-

crease the capacity region for the MARC.

Our next goal is to find a potentially tighter outer bound of the MARC with feedback using dependence-balance bound [4], which precludes those inadmissible distributions and thereby gives us a tighter outer bound. We also would like to prove the optimality of Gaussian distributions for the derived dependence balance bounds.

Also, we are interested in finding practical codes that could approach the theoretical limits.

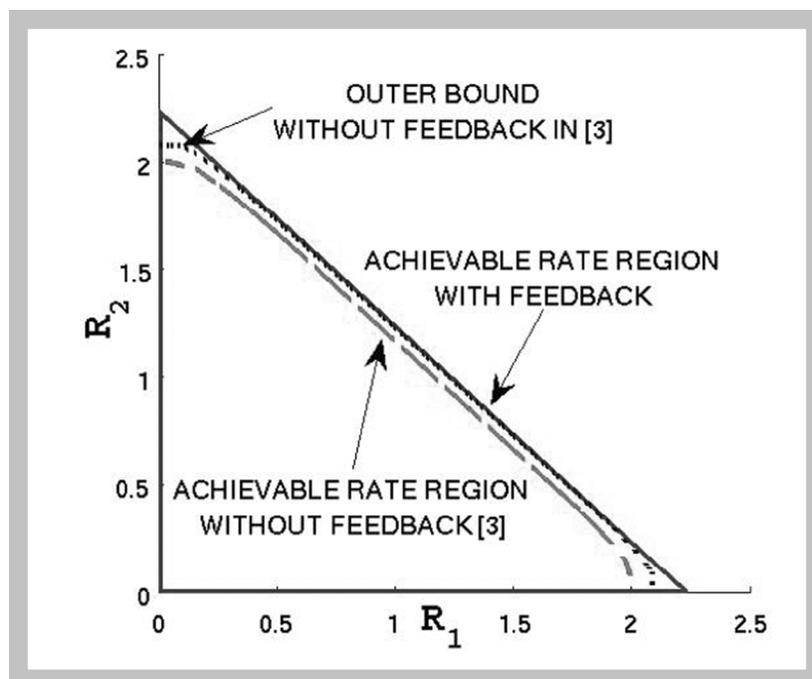
Kooperative Kommunikation, insbesondere Relaiskommunikation, hat in den letzten Jahren viele Forschungsinteressen geweckt, weil sie zum Beispiel eine größere Reichweite erlaubt und zudem bei drahtloser Kommunikation zu einem Diversitätsgewinn führt.

Wir fokussieren uns bei unseren Arbeiten auf den *Multiple Access Relay Channel* (MARC), bei dem mehrere Sender gleichzeitig mit einem Empfänger kommunizieren, unterstützt

durch ein Relais. Dieser Kanal ist deswegen so interessant, weil er Einsichten über zwei fundamentale Aspekte der drahtlosen Kommunikation geben kann, nämlich der Rundsendung und Interferenz.

Die Autoren von [1] haben schon gezeigt, dass die Kapazität einer Mehrbenutzerkommunikation durch Feedback erhöht werden kann. Wir führen Feedback aber auch deshalb ein, um die Kooperation zwischen Nutzern zu ermöglichen und somit eine höhere Rate zu erzielen. Unser Ergebnis in [2] zeigt, dass Feedback die Kapazitätsregion von MARC tatsächlich erhöht.

Unser nächstes Forschungsziel ist es, mit dem Ansatz „Dependence Balance Bound“ [4], der alle unzulässigen Eingangswahrscheinlichkeitsverteilungen von vorne herein ausschließt, eine möglichst enge „Outer Bound“ zu finden. Wir möchten weiterhin zeigen, dass für die hergeleiteten Dependence Balance Bounds Gaußsche Verteilungen optimal sind. Schließlich sind wir auch daran interessiert, möglichst gute praktische Codes zu finden.



Rate region for the AWGN Multiple Access Relay Channel with feedback from the relay with $P_1/N_1 = P_2/N_1 = 30$, $P_1/N_2 = P_2/N_2 = 1$, $P_r/N_2 = 10$

Literatur:

- [1] Leung, C.; Cover, T.: An Achievable Rate Region for the Multiple-Access Channel with Feedback. In: *IEEE Transactions on Information Theory*, Vol. 27, No. 3, pp. 292–298, May 1981
- [2] Hou, J.; Kötter, R.; Kramer, G.: Rate Regions for Multiple Access Relay Channels with Relay-Source Feedback. – In: *Proc. IEEE Information Theory Workshop (ITW)*, Oct. 2009
- [3] Kramer, G.; van Wijngaarden, A.J.: On the White Gaussian Multiple-Access Relay Channel. In: *Proc. Int. Symposium on Information Theory*, June 2000
- [4] Hekstra, P.; Willems, M.: Dependence Balance Bounds for Single-Output Two-Way Channels. In: *IEEE Transactions on Information Theory*, Vol. 35, No. 1, pp. 44–53, Sept. 1989

Network Coded Multiway Relaying

Onurcan Iscan



In wireless communication, fading caused by multipath propagation can have an important influence on the system performance. Diversity techniques are known as a good way to combat fading in a wireless environment. We have shown in [1] how network coding can be applied to a 3-terminal network with a relay to achieve full diversity at rates up to 3/4 which was not possible for such a system without using network coding at the relay.

Moreover, we proposed two different schemes for this system: one separate coding scheme where the network and channel codes are fully separated and one joint network-channel coding scheme, which exploits the redundancy provided by the network code for enhancing the performance of the channel decoder.

In drahtlosen Netzen kann Fading aufgrund von Mehrwegeausbreitung die Systemleistung stark beeinflussen. Um dieses Fading zu beseitigen, werden verschiedene Diversitätsmethoden angewendet.

In unserer Arbeit betrachten wir ein Netzwerk mit drei Terminals, wobei die Terminals über ein Relais in einem Rayleigh-Fading-Kanal miteinander kommunizieren. Dabei wird beim Relais Netzcodierung angewendet, wodurch die spektrale Effizienz deutlich erhöht wird.

Netzcodierung ist ein neues Konzept mit dem Ziel, Informationen in einem Kommunikationssystem effizienter übertragen zu können. Die grundsätzliche Idee ist dabei, dass die Zwischenknoten (Relais) die empfangenen Informationen nicht einfach weiterleiten, sondern diese vor der Weiterleitung kombinieren.

Im betrachteten System tauschen drei Terminals ihre Pakete gegenseitig aus. Jedes Terminal schickt seine Pakete in dem für ihn reservierten Zeitintervall mit einem Broadcast-Signal, das von allen Terminals und auch vom Relais empfangen wird. Nachdem alle Pakete versendet wurden, kombiniert das Relais die emp-

fangenen Pakete und versendet das resultierende Paket per Broadcast.

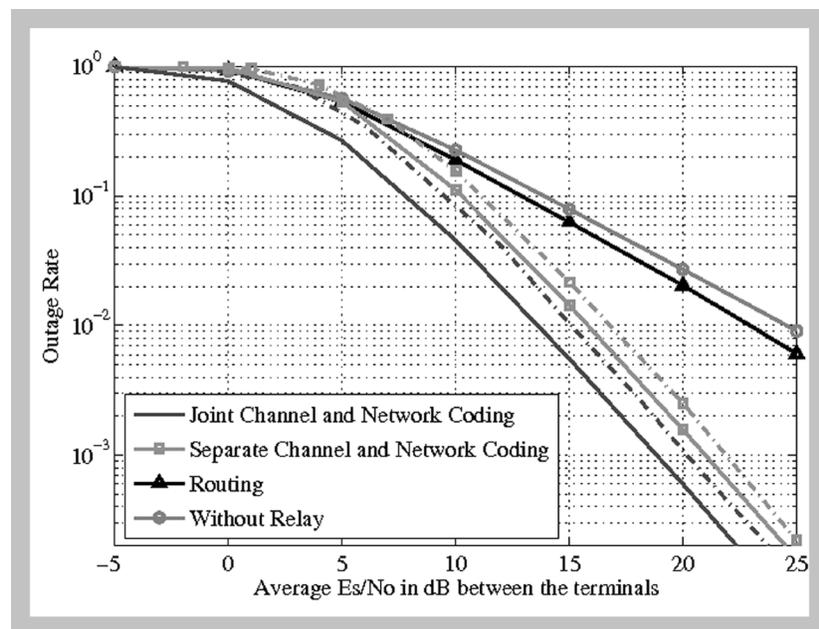
Zur Übertragung werden somit insgesamt vier Zeitintervalle benötigt, eines für jedes Terminal und ein weiteres für das Relais. Auch wenn ein Link aufgrund von Fading nicht nutzbar ist, ist eine Kommunikation immer noch möglich, da die gleiche Information auch über das Relais übertragen wird. In einem System ohne Netzcodierung würde das Relais insgesamt drei zusätzliche Zeitintervalle benötigen (anstatt eines mit Netzcodierung), um alle empfangenen Signale separat weiterleiten zu können, so dass eine Diversitätsordnung von 2 erreicht wird.

Nachdem die Terminals die Signale der anderen Terminals und des Relais empfangen haben, werden alle Signale gemeinsam mit einem iterativen *Joint Channel and Network Decoder* verarbeitet. Darunter versteht man eine Methode, bei der die durch die Netzcodierung gebildete Redundanz für die Kanaldecodierung genutzt wird. In [1] wird ein solches Codierungsschemata vorgestellt, bei dem *Soft Information* zwischen dem Kanal- und dem Netzdecoder iterativ ausgetauscht wird.

Die Abbildung zeigt theoretisch erreichbare Ausfallraten und Simulationsergebnisse (gestrichelte Linien) für Systeme mit gemeinsamer bzw. getrennter Kanal- und Netzcodierung. Betrachtet man die Steigungen der Kurven, so erkennt man, dass das vorgeschlagene System mit Netzcodierung die Diversitätsordnung 2 erreicht, während die Referenzsysteme (ohne Relais, ohne Netzcodierung) nur die Diversitätsordnung 1 haben und einen Ausfall von einem Link nicht kompensieren können. Außerdem ist eine gemeinsame Auswertung besser als eine getrennte Kanal- und Netzcodierung.

Literatur:

[1] Iscan, O.; Latif, I.; Hausl, C.: Network Coded Multi-way Relaying with Iterative Decoding. - In: *Proc. 21st Annual IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications*, Sept. 2010



Theoretisch erreichbare Ausfallraten und Simulationsergebnisse (gestrichelte Linien) und für die vorgeschlagenen Systeme und Referenzsysteme

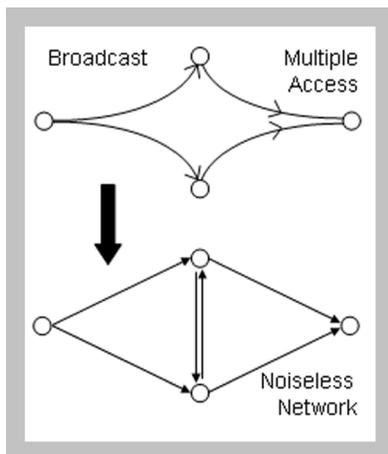
Equivalence Theory

Since the fundamental information theoretic results of Shannon in 1948, a lot of effort has been spent to extend these results to bigger networks. Unfortunately, many problems are still open and capacity regions are just known for some special cases of small networks.

Kötter, Effros and Médard showed in their work [1] that equivalences of capacity regions can be established between noisy (stochastic) networks and deterministic networks. For point-to-point networks there are exact transformations. For networks containing broadcast-, interference- and multiple-access-channels there are approximate transformations that let upper and lower bound the network capacity (see figure). Our goal is to extend the set of models for network components and to help developing a toolbox to determine the capacity region of big networks.

Efficient Use of Network Coding

Advantages of network coding are increased throughput and high reliability in information networks. While practical algorithms exist that achieve



Äquivalente Kommunikationssysteme

Äquivalenztheorie von Kommunikationsnetzen und effizienter Einsatz von Netzcodierung

Michael Heindlmaier

the theoretical bounds [5], decoding complexity can still be a limiting factor for the applicability in mobile user devices.

The goal is to develop network coding algorithms with low decoding complexity, preserving the useful encrypting properties of rateless codes.

Äquivalenztheorie von Netzen

Shannons informationstheoretische Ergebnisse aus dem Jahr 1948 für die Kommunikation von einer Quelle zu einer Senke waren bahnbrechend. Leider ist es seitdem nur in wenigen Fällen gelungen, diese Ergebnisse auf größere Netze zu erweitern. Selbst Kapazitätsregionen von einfach erscheinenden Netzen mit drei Knoten sind ungelöst. Für größere Netze existieren nur sehr wenige und ungenaue Grenzen, die in der Praxis bis auf wenige Ausnahmen unbrauchbar sind, um die Kapazitätsregion zu bestimmen.

In der Arbeit von Kötter, Effros und Médard im Jahre 2009 [1] wurde gezeigt, dass sich für Netze mit Punkt-zu-Punkt-Verbindungen das Kapazitätsproblem exakt in ein kombinatorisches Problem transformieren lässt. Für Netze mit Broadcast-, Multiple-Access- und Interferenzkanälen gibt es keine exakte Transformation [2, 3], aber es lassen sich deterministische Netze konstruieren, die jeweils eine obere bzw. untere Grenze der Kapazitätsregion des ursprünglichen Netzes darstellen, siehe Grafik. Die Kapazitätsregion der deterministischen Netze ist oft auch nur mit großem Aufwand zu ermitteln [4], aber deutlich einfacher als die des ursprünglichen Netzes.

Der Fokus für Erweiterungen liegt in der Modellierung oberer und unterer Schranken für Netzwerkkomponenten sowie auf den Auswirkungen der Approximierung auf die Gesamtkapazitätsregion. Ziel ist es, eine Toolbox zu entwickeln, mit deren Hilfe sich die Kapazitätsregionen großer Netze so genau wie möglich bestimmen lassen.

Effiziente Netzcodierung

Netzcodierung hat den Vorteil, höhere Übertragungsraten und eine höhere Zuverlässigkeit für Übertragungen in den Netzen zu ermöglichen. Schon durch Netzcodieralgorithmen mit sehr einfacher Struktur [5] lassen sich die theoretischen Grenzen erreichen.

Für den Einsatz auf mobilen Endgeräten kann jedoch die Decodierkomplexität ein limitierender Faktor sein. Ziel unserer Forschung ist es daher, Algorithmen zur Netzcodierung zu entwickeln, die mit geringer Komplexität zu decodieren sind, trotzdem die Vorteile der Netzcodierung beibehalten und von der theoretischen Grenze nicht allzu weit abweichen.

Dabei sollen vor allem auch die nützlichen verschlüsselnden Eigenschaften von Netzcodierung bewahrt werden [6], die den Einsatz z.B. für Multimedia-Anwendungen besonders interessant machen.

Literatur:

- [1] Kötter, R.; Effros, M.; Médard, M.: On a Theory of Network Equivalence. In: *Proc. Information Theory Workshop*, June 2009
- [2] Kötter, R.; Effros, M.; Médard, M.: Beyond Network Equivalence. In: *Proc. Allerton Conference on Communication, Control and Computing*, Sept. 2009
- [3] Effros, M.: On Capacity Outer Bounds for a Simple Family of Wireless Networks. In: *Proc. IEEE Int. Symp. on Information Theory*, Feb. 2010
- [4] Yeung, R.: *Information Theory and Network Coding*. Springer, Berlin, 2008
- [5] Ho, T.; Médard, M.; Kötter, R.; Karger, D.R.; Effros, M.; Jun Shi; Leong, B.: A Random Linear Network Coding Approach to Multicast. In: *Trans. on Information Theory*, 2006
- [6] Bhattad, K.; Narayanan, K. R.: Weakly Secure Network Coding. In: *Proc. IEEE Int. Symp. on Network Coding*, April 2010

Planning and Optimization for Low SNR Networks Using Network Coding

Mohit Thakur



Man kann einen AWGN-Kanal mit niedrigem SNR als interferenzfreien Kanal approximieren. Mit Hilfe von „Superposition Coding“ lässt sich daraus ein Hypergraph-Modell des Netzwerks erstellen. Die Netzwerkoptimierung hinsichtlich einer beliebigen zu minimierenden Kostenfunktion kann mit Hilfe eines einfachen linearen Programms geschehen. Wendet man dieses Prinzip bei der Planung eines Kommunikationsnetzes an, so kann man das Ziel, ein Relais optimal in ein bestehendes Netz zu integrieren und damit die Kostenfunktion zu maximieren, näherungsweise durch ein konvexes Programm erreichen, das durch die Anwendung effizienter Techniken gelöst werden kann. Die Anwendungen umfassen Mobilfunknetze mit einem LTE, das in der Lage ist, die Netzwerk-Performance zu verbessern.

Since the advent of network coding, the data network optimization has taken a new and superior line of direction. The breaking of the transport model and dealing with packets as electronically modifiable commodities has provided a platform where the already answered research questions could be answered in a more efficient way. Our work on network optimization for low-SNR (AWGN) networks using superposition coding takes a similar approach. It is well known that the superposition coding divides the broadcast channel in n hyperarcs instead of 2^n hyperarcs for n destination set. Also, it could be shown that the effect of interference for the MAC in the above setting could be ignored based on the fact that the SNR approximates capacity of the channel in the limit of disappearing SNR per degree of freedom. The above facts help the network to be interference free and thus modelled as a linear program, e.g. if the aim is to maximize the multicast rate for a given set of

power constraints of the network nodes. We propose a dual algorithm which could be implemented in a distributed way to solve the problem efficiently using network coding.

Once this was shown, it opened possibilities for asking more difficult questions. Considering a source and a destination, where could we put the relay to enhance/help the communication from the source to the destination set of nodes? This problem has a good analogy in the real world. Imagine a cellular network and a cell in that network, let's say a set of users in that network are experiencing low performance. The reason for this could be bad weather, cell might be overcrowded or simply some physical obstruction.

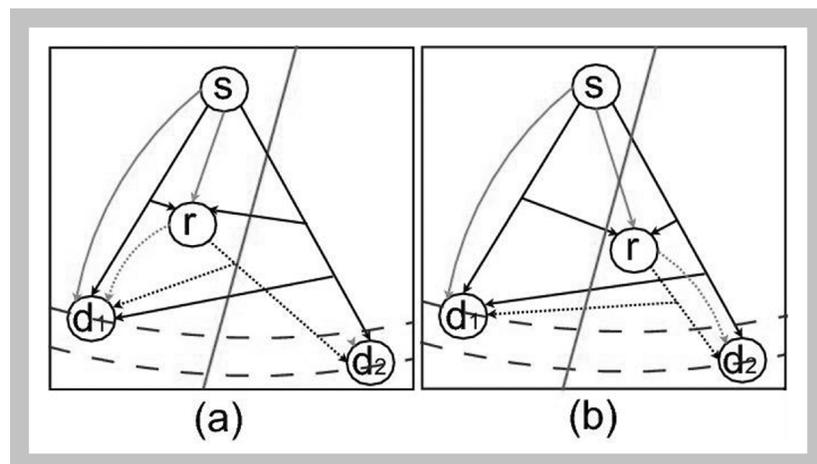
This problem is combinatorial in nature as in this problem the graph changes for different locations of the relay node (see figure). Normally all the network optimization algorithms work on a given graph but here we need to choose the optimal graph from a set of graphs. To solve this problem in an efficient manner, we take a 3-faceted approach dealing with information theory, computational geometry and numerical analysis. To bring all these aspects together and have a smooth and simple interplay we first change the nature of the problem from discrete to

continuous by the use of switch functions at the same time keeping the essence of the problem same on all aspects. Then we convert the problem into a convex program using the techniques from GP (Geometric Programming) and p -th norm surrogate approximation. What results is a standard continuous convex program that could be solved in an efficient manner.

Our approach could be extended to model the networks with high SNR also, which remains to be further investigated, but there are strong reasons that it's a matter of simple extension. Other future directions that could be build on this work can be to investigate whether more complex networks could be designed this way.

Literature:

- [1] Thakur, M.; Médard, M.: On Optimizing Low SNR Wireless Networks using Network Coding. In: *Proc. IEEE Globecom*, Dec. 2010
- [2] Kötter, R.; Médard, M.: An Algebraic Approach to Network Coding. In: *IEEE/ACM Transactions on Networking (TON)*, Oct. 2003



The two figures show the different hypergraphs along each side of the bisector

We are giving an intermediate statement concerning the E-learning tutorial LNTwww. Meanwhile being active on this project for nearly 10 years we show how much of our electronic learning material is finished and is available in the Internet with URL <http://www.LNTwww.de>.

1984 bis 1996 entstanden am Lehrstuhl die beiden Lehrsoftwarepakete *LNTsim* und *LNTwin* mit insgesamt 30 Programmen, die noch heute in unseren Lehrveranstaltungen eingesetzt und von den Studierenden auch gerne benutzt werden.

Mit der ersten Internet-Euphorie häuften sich Anfragen von Studenten, ob wir die Programme netzfähig machen könnten. Da wir eine reine Portierung für ineffizient hielten, beschlossen wir, etwas völlig Neues zu machen. Das war der Beginn von *LNTwww*, einem Lerntutorial für die Nachrichtentechnik im world wide web.

Vor Beginn der Arbeiten 2001 gaben wir uns selbst 10 Gebote vor, die wir seitdem nicht (wesentlich) revidieren mussten, unter anderem:

Nach 10 Jahren Entwicklungsarbeit: LNTwww – ein webbasiertes Lerntutorial für die Nachrichtentechnik

Klaus Eichin und Günter Söder

- Präsentiert werden die Telekommunikationstechnik und alle zugehörigen Grundlagenfächer in didaktisch aufbereiteter Form.
- Die Theorie wird wie in einem herkömmlichen Fachbuch für Ingenieure durch Texte, Grafiken und Herleitungen dargestellt.
- Jeder Abschnitt beinhaltet (mindestens) ein multimediales Element, sei es ein Lernvideo oder ein interaktives Flash-Modul.
- Zusammenhänge zwischen Lehrgebieten werden durch intensive Nutzung von Hyperlinks und eine konsistente Nomenklatur aufgezeigt.
- LNTwww bietet je nach Vorwissen des Nutzers zwei Lernmodi an: sequenzielles Lernen (für Anfänger) oder Nutzung als Tutorial.
- Letzteres bedeutet: Kenntnisse über ein Fachgebiet anhand der Aufgaben überprüfen und nur bei Bedarf Sprung zum Theorieteil.
- Obwohl der Nutzer viele Interaktionsmöglichkeiten hat, muss trotzdem jederzeit ein zielgerichteter Weg zu erkennen sein.
- Aus Gründen der Nachhaltigkeit des Lernerfolgs müssen neben der Online-Version auch (stets synchrone) PDF-Dateien verfügbar sein.

Unser Ziel ist es weiterhin, in zehn Fachbüchern Offline-Vorlesungen (V) im Umfang von 23 Semesterwochenstunden (SWS) und zusätzlich 13

SWS Übungen (Ü) über das Internet bereit zu stellen. Im Einzelnen:

- 0: Biografien und Bibliografien.
- 1: Signaldarstellung (3V + 2Ü),
- 2: LZI-Systeme (2V + 1Ü),
- 3: Stochastische Signaltheorie (3+2),
- 4: *Informationstheorie* (2V + 1Ü),
- 5: Modulationsverfahren (3V + 2Ü),
- 6: Digitalsignalübertragung (3 + 2),
- 7: *Mobilkommunikation* (2V + 1Ü),
- 8: *Kanalcodierung* (2V + 1Ü),
- 9: Systembeispiele (3V + 1Ü).

Im Herbst 2010 haben wir unsere eigene Vorgabe zu 75% erreicht. Alle nicht kursiv gesetzten Bücher in der Auflistung sind zu mehr als 95% fertig gestellt. Neben mehr als 1000 Theorieseiten, 1400 Grafiken und 430 Aufgaben gibt es etliche Multimedia-Anwendungen: 30 Lernvideos und über 40 auf Flash basierende interaktive Berechnungsmodule.

Das Lerntutorial ist im Internet unter www.LNTwww.de frei zugänglich; es wird inzwischen jährlich von ca. 6000 Nutzern besucht. Die multimedialen Module werden auch in unseren Vorlesungen und Übungen eingesetzt und kommen damit direkt den TUM-Studenten zu gute, aus deren Studienbeiträgen einige Arbeiten zu LNTwww bezahlt wurden.

Für diese Unterstützung bedanken wir uns, ebenso bei einigen Kollegen und etwa 30 Studenten, die bei der Erstellung der multimedialen Elemente beteiligt waren. Der bisherige Arbeitsaufwand wird mit 25 Personenjahren abgeschätzt. Besonders hervorzuheben ist die Eigenentwicklung des datenbankbasierten Auto-rensystems durch Martin Winkler und Yven Winter.

Bei der Realisierung des Tutorials ist vieles so abgelaufen, wie wir es uns vor 10 Jahren erhofften. Etwas unterschätzt hatten wir den Aufwand. Deshalb sind jetzt kurz vor unserer Pensionierung noch die drei kursiven Bücher mit insgesamt 9 SWS leer. Mal schauen, wie viel sich hiervon noch füllen lässt und ob vielleicht noch das eine oder andere Buch neu hinzukommt.



Bücherregalseite des Lerntutorials „LNTwww“.

Modulation Formats and Equalization for 100 Gbit/s Ethernet in Single Mode Fiber

Oscar Gaete



Es ist abzusehen, dass Ethernet mit 100 Gbit/s der nächste Standard für die Übertragung optischer Signale in den Kernnetzen sein wird. Erhöhte Kapazitätsanforderungen erfordern die Verwendung von spektral effizienten Modulationsformaten. Obwohl kohärent empfangende Systeme die beste Leistung bieten, sind sie relativ komplex zu implementieren. Eine attraktive Alternative bietet der Direktempfang. In Verbindung mit pulsformenden Techniken bieten diese Systeme eine hohe spektrale Effizienz und Robustheit in Bezug auf Übertragungsstörungen.

Due to the exponential increase in data traffic through the optical communication networks, intensive research is being conducted in order to expand the channel data rate capacity. In this scenario, spectrally efficient modulation formats are of prime importance in the design of the next generation optical networks. It is also commonly accepted, that the future data transmission through optical fiber will be based on the communication and switching technology Ethernet. At present, 10 Gbit/s Ethernet channels are available. In the future, 100 Gbit/s are expected.

In conjunction with digital coherent receivers, polarization multiplexing allows robust transmission with high spectral efficiency and it is expected to be the enabling technology for the first generation of 100G systems. However, the implementation of such advanced modulation format is complex and therefore costs are rather high. Alternatively, differential multilevel phase shift keying and direct detection seem attractive when implementation complexity must be kept low. In direct detected systems, polarization multiplexing is not straight forward to implement. Therefore in direct detected systems without polarization multiplexing, the modulation levels must be double, compared to the coherent case, in order to preserve spectral efficiency.

This, consequently, reduces the tolerance to noise.

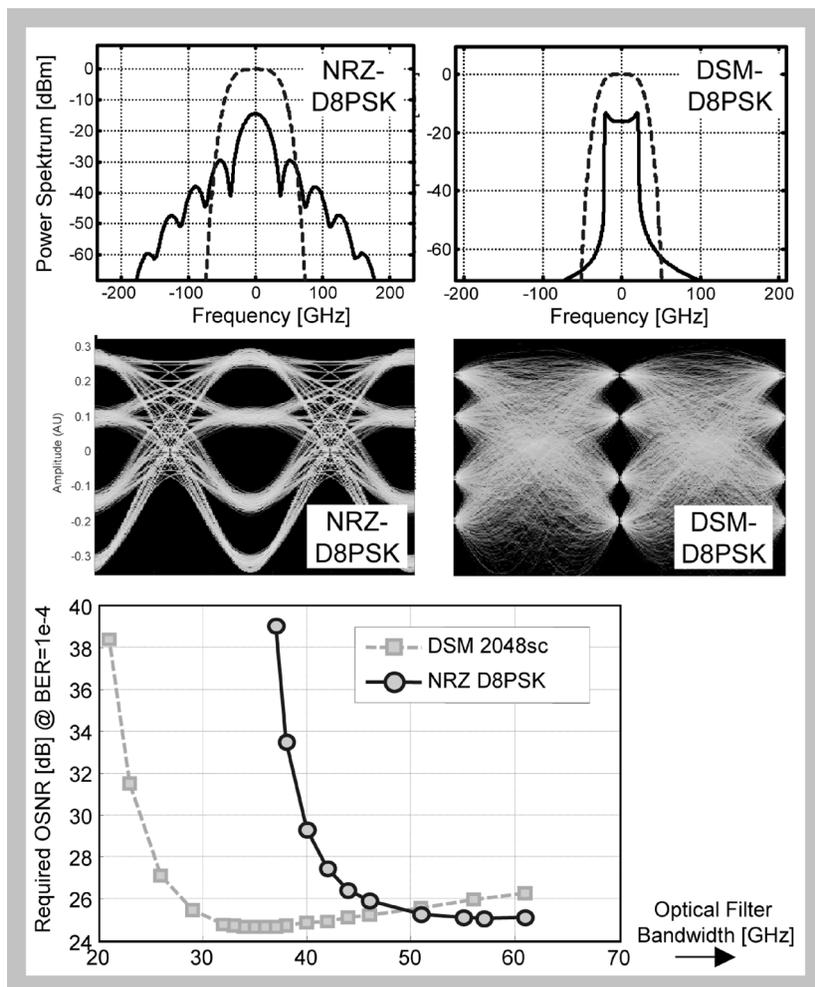
In this project we have focused on assessing the possibility of using direct detection for 100G systems with high spectral efficiency (50 GHz channel spacing). In order to do so, we are studying different pulse/spectrum shaping techniques to compress the spectrum of the signal so that maximum spectral efficiency might be achieved without sacrificing robustness against noise [1]. For example, by using pulse shaping, a D8PSK-100G signal can be transmitted within one DWDM channel (50 GHz) without suffering penalty due to strong narrowband filtering.

Additionally, a number of careful considerations must be taken when

using pulse shaped signals. Several effects due to the interaction of light with the fiber limit the robustness of the system, i.e., chromatic dispersion, PMD, SPM, and XPM.

Literatur:

[1] Gaete, O.; Coelho, L.D.; Spinnler, B.; Schmidt, E.-D.; Hanik, N.: A Digital Subcarrier Multiplexing Technique for Increased Spectral Efficiency in Optical Systems using Direct Detection. – In: *Proc. Optical Fiber Conference (OFC 2010)*, March 2010.



Spectrum and eye-diagram of NRZ and pulse shaped (DSM) signals and tolerance to filtering of 111 Gbit/s. DSM can be filtered up to the symbol rate without any penalty

In Power-Line Communication, communication signals are superimposed with energy signals on an existing power grid. First, powerline systems were deployed already in the 1920s. In high-voltage engineering the technology of carrier frequency on high-voltage lines was used for signalling and control. The achieved transmission rates for carrier frequencies between 15 and 500 kHz were only a few bits per second. Nowadays, powerline systems are commonly used in building services engineering. For example, in Germany communication signals are being modulated onto line voltage with an effective voltage of 230 V and a frequency of 50 kHz to provide broadband internet access.

Bei der sog. Powerline-Kommunikation (englisch: Power-Line Communication, PLC) werden Kommunikationssignale und Energiesignale auf einem bestehenden Energienetz überlagert. Die erste Powerline kam bereits in den 1920er Jahren in der Hochspannungstechnik zum Einsatz. Die sog. „Trägerfrequenztechnik auf Hochspannungsleitungen“ diente der Betriebsführung. Die im Rahmen dieses Standards bei Trägerfrequenzen

Powerline-Kommunikation (PLC) in Kraftfahrzeugen

Elisabeth Georgieva

zwischen 15 und 500 kHz realisierten Datenraten haben nur wenige Bits pro Sekunde betragen.

Heutzutage ist die bekannteste PLC-Anwendung in der Gebäudetechnik zu finden. Hierbei werden der in Deutschland üblichen Netzspannung von 230 V (effektiv) Kommunikationssignale mit 50 kHz aufmoduliert, zum Beispiel für die Anbindung von Breitbandinternet.

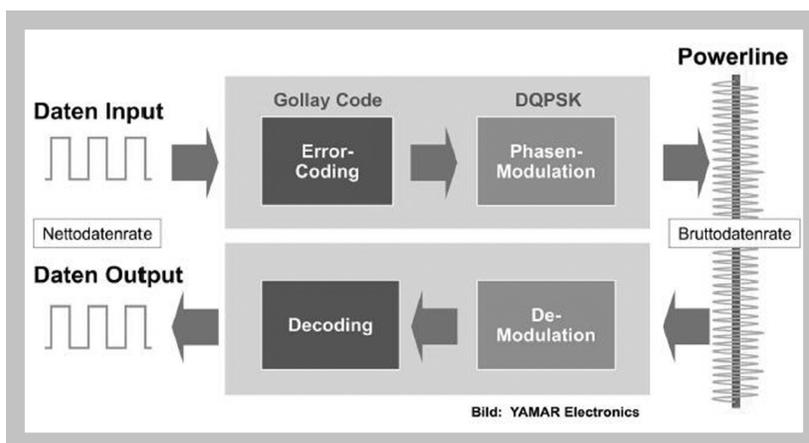
In der Entwicklung moderner Automobile ist bereits heute absehbar, dass der Anteil an elektrischen und elektronischen Komponenten immer weiter ansteigt. Ein moderner Mittelklassewagen beinhaltet heutzutage ungefähr 3 km Kabel, bestehend aus 1900 Leitungen mit 3800 Steckverbindungen, die ein stark verzweigtes Netz der verschiedenen Busse realisieren. Dieses Netz dient einerseits zur Energieversorgung der elektrischen Komponenten und wird andererseits zur Kommunikation zum Beispiel im Bereich Komforttechnik, Unterhaltung, Motormanagement, Antrieb und Fahrwerk verwendet.

Vor allem folgende Gründe machen die Verwendung von PLC in Kraftfahrzeugen interessant:

- Einsparen von Kosten und Gewicht im Vergleich zur normalen Verdrahtung;
- simple Installation sowie eine deutlich vereinfachte Fehlersuche und Reparatur;
- flexible Erweiterbarkeit.

Das Gewicht des Kabelbaums beeinflusst das Gesamtgewicht des Autos maßgeblich. Der Kabelbaum ist nach Motor und Getriebe einer der Hauptgewichtsfaktoren im Fahrzeug. Aufgrund des erheblichen Einflusses des Gewichts auf die Leistung und den Verbrauch eines Fahrzeugs wird versucht, das Gewicht an allen möglichen Stellen zu reduzieren. Durch den immer größer werdenden Elektronikanteil im Kfz sind hier viele Einsparungen möglich. Da PLC-basierte Komponenten nur einen DC-Stromanschluss benötigen und über diesen auch Daten übertragen werden können, ist ein Fahrzeug mit PLC-System deutlich flexibler als ein Fahrzeug mit herkömmlichem Kabelbaum. Durch die verringerte Komplexität wird die Fehlersuche vereinfacht, zudem sind Reparaturen und andere Serviceleistungen mit geringerem Zeitaufwand möglich.

Die bisherigen Anwendungen unterscheiden sich insofern grundsätzlich von PLC im Kfz, da in allen bisherigen PLC-Netzen zur Energieversorgung Wechselspannung verwendet wird, im Bordnetz jedoch eine Gleichspannung. Dabei wird mit PLC das Stromkabel multifunktional genutzt. Wie in der Abbildung gezeigt, wird dabei ein Trägersignal kapazitiv in das Stromnetz eingekoppelt, auf welches dann mit einem Modulationsverfahren die Informationsbits aufmoduliert werden. Mittlerweile bevorzugt man Verfahren, die nicht anfällig gegenüber bestimmten Arten von Störungen sind. Es zeigt sich, dass z. B. Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) und Code Division Multiple Access (CDMA) vorteilhaft sind, gerade aufgrund ihrer Eigenschaften bezüglich solcher Störungen, die im Bordnetz auftreten. Allerdings ist dabei immer der technische und wirtschaftliche Aufwand zu berücksichtigen, weshalb nicht zwangsläufig das technisch am besten geeignete System verwendet wird.



Prinzip von Power-Line Communication (PLC)

Real Time Implementation of 100G OFDM Transmission

Beril Inan



Die erforderlichen Datenraten für die optische Übertragungstechnik steigen ständig. Der nächste Standard für IP-Netzwerke wird 100 Gigabit Ethernet (100GbE) sein. Das Ziel dieser Kooperation mit Nokia Siemens Networks ist die Echtzeitimplementierung eines kohärent-optischen OFDM-Systems für 100 Gbit/s.

In the long run, a single-wavelength solution will be the most cost-effective approach as a long-haul Ethernet transport solution for the physical layer for 100GbE [1].

Different modulation formats such as on-off keying and differential quadrature phase-shift-keying employing direct detection resulted in a limited chromatic dispersion (CD) and polarization mode dispersion (PMD) tolerance. This can be alleviated through optical compensation, but this is not suitable for cost-sensitive applications. The tolerance towards these linear impairments can be increased significantly through the use of coherent detection. Several high data rate experiments have been reported, showing a large CD and PMD tolerance. Although all of these experiments employ a coherent receiver, they are differentiated into systems that use blind or training symbol (TS) based channel estimation. Blind channel estimation requires a careful design of the channel estimation algorithm so that the system converges under all conditions. When training symbols are used, channel estimation becomes straightforward. However, the main disadvantage of TS-based channel estimation is that the overhead is increased by about 8%. All systems that employ orthogonal subcarriers are often referred to as OFDM system [2].

In this project, a real time CO-OFDM employing TS transmitter and receiver will be implemented for 100 Gbit/s data rate over 2000 km single mode fiber. The system will be realized with field-programmable

gate arrays (FPGA) with the help of VHDL programming. The algorithms in FPGAs will include not only fast Fourier transform, equalization and sample frequency offset correction but also laser phase noise compensation required for coherent detection.

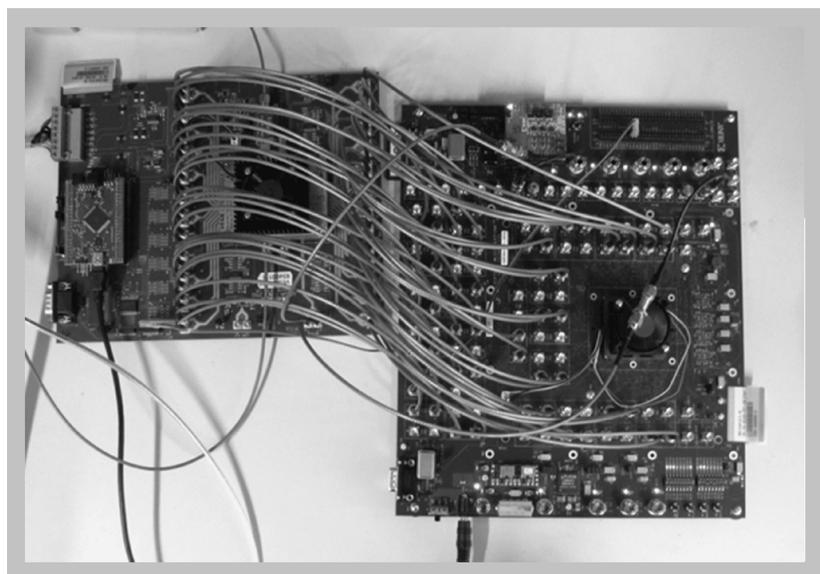
It is a challenge to realize such a system due to limited capacities of DAC, ADC and FPGA boards available today. At the transmitter side, 4 synchronized DAC boards working at a speed of 25 Gsymbols/s with 6 bit resolution and a 12.5 GHz bandwidth will be used. An IFFT size of 1024 is aimed and each subcarrier will be modulated with multi-level modulation. The FPGA boards we are using have 24 differential outputs at 6.25 Gbit/s which are multiplexed at the DAC. The receiver is more difficult to realize due to the insufficient resources of FPGA boards. The signal will again be received by 4 boards, each two of them for one polarization and I and Q of each polarization. However, one FPGA board after the ADC is not enough. The digital signal processing of the receiver does not fit into one FPGA board. So, two of them have to be concatenated. As a result 8 FPGA boards will be used

on the receiver side and 4 of them connected directly to ADCs must be in synchronization.

The author has started her work with simulations to analyze the possibility of using the possible laser phase noise method also for non-linearity compensation. At present she is working on transmitter realization and receiver concept design.

Literature:

- [1] Winzer, P. J.; Raybon, G.; Chandrasekhar, S.; Doerr, C. R.; Kawanishi, T.; Sakamoto, T.; Higuma, T.: 10107-Gb/s NRZ-DQPSK Transmission at 1.0 b/s/Hz over 12 100 km including 6 Optical Routing Nodes. In: *Proc. Opt. Fiber Communication Conference, 2007*, PDP 24.
- [2] Jansen, S. L.; Morita, I.; Tanaka, H.: 10121.9-Gb/s PDM-OFDM Transmission with 2-b/s/Hz Spectral Efficiency over 1,000 km of SSF. In: *Proc. Opt. Fiber Communication Conference, 2008*, PDP 2



The FPGA and DAC boards used for transmitter

Due to the constantly increasing demand for broadband Internet access the feasible capacity of traditional copper-wire based access networks has been reached. As a result, parts of the access network have already been replaced step-by-step by optical fibers, for example in VDSL systems at maximum the last 300 meters are still copper-wire based. The next logical step in this process is the transition to all-optical access networks. As a possible candidate for such networks especially Passive Optical Networks (PONs) have gained interest because of lower operation and administration costs. Passive in this context means, that there are no active, i.e. power consuming components employed between the transmitter and the receiver. While the first generation of such networks has already been deployed, it is already evident that these networks will also meet their capacity limit within the next years.

Current systems support multiple users by using Time Division Multiple Access (TDMA) which does not scale well with increasing transmission speeds. For this reason Wavelength Division Multiplex (WDM) based networks are considered, especially in combination with ad-

Passive Optische Netzwerke

Ulli Brennenstuhl

vanced modulation formats like Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM).

While it is sure that next generation systems will be WDM based, huge costs are the major obstacle and prevent a cost-effective and fast deployment. Currently there is a lot of research towards new concepts which would allow cost-effective implementation combined with low administration and operation expenditures.

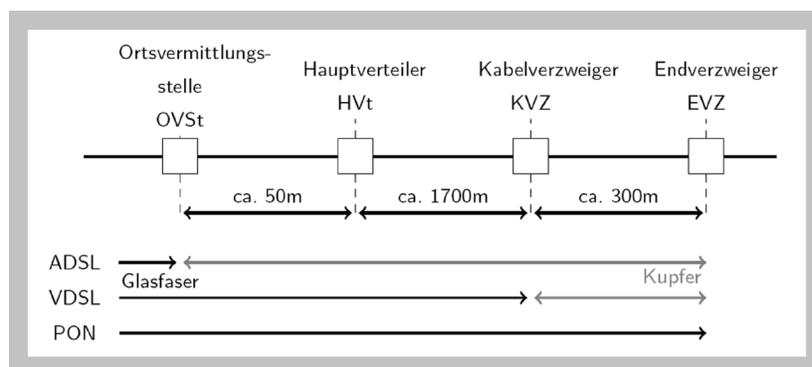
Durch den anhaltend steigenden Bedarf an breitbandigen Internetzugängen sind in den letzten Jahren klassische kupferbasierte Zugangnetze an ihre Kapazitätsgrenzen gestoßen. Teile dieser kupferbasierten Zugangnetze wurden bereits nach und nach abschnittsweise durch Glasfaserleitungen ersetzt. So sind beispielsweise bei modernen VDSL-Anschlüssen lediglich die maximal letzten 300 Meter der Leitung noch aus Kupfer. Der nächste logische Schritt in diesem Prozess ist der Übergang zu rein optischen Zugangnetzen. Da hierfür erhebliche Kosten für den Netzaufbau und Netzbetrieb anfallen, ist einer der wichtigsten Aspekte die kostengünstige Realisierung.

Hierbei sind besonders passive optische Netze – *Passive Optical Networks* (PONs) – eine vielversprechende Technologie. Die Eigenschaft „passiv“ bezieht sich hierbei darauf, dass zwischen Sender und Empfän-

ger, also z. B. zwischen der Zentrale des Anbieters und dem Teilnehmeranschluss, keine weiteren aktiven, stromverbrauchenden Komponenten eingesetzt werden. Dadurch sinken nicht nur die laufenden Kosten, sondern es wird auch die Komplexität des Betriebs und der Wartung reduziert.

Die erste Generation solcher Systeme ist bereits in einigen Ländern in Betrieb, vor allem in den Ballungsgebieten. Es ist jedoch absehbar, dass die Übertragungsgeschwindigkeiten dieser Systeme, die auf dem Mehrfachzugriffsverfahren „Zeitmultiplex“ aufbauen, längerfristig nicht ausreichen werden. Aber bereits jetzt stehen auf Wellenlängenmultiplex (WDM) basierende Systeme in den Startlöchern und gelten als sichere Nachfolger, mit denen Übertragungsgeschwindigkeiten bis in den zweistelligen Gigabit-Bereich realisiert werden können.

Dies soll gerade auch in Kombination mit erweiterten Modulationsverfahren wie OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplex*) erreicht werden. Prinzipiell wären solche Systeme schon derzeit möglich, die (noch) hohen Kosten verhindern jedoch eine zeitnahe und wirtschaftliche Einführung. Das Hauptaugenmerk der momentanen Forschung liegt auf neuen Konzepten und Technologien, die eine kostengünstige Implementierung ermöglichen und gleichzeitig den Aufwand für Wartung und Betrieb minimieren.



Übersicht über den Glasfasereinsatz bei verschiedenen Zugangstechnologien

Literatur:

- [1] Lam, C.F.: *Passive Optical Networks: Principles and Practice*. In: *Academic Press*, 2007
- [2] Armstrong, J.: *OFDM for Optical Communications*. In: *Journal of Lightwave Technology*, Vol. 27, No. 3, pp. 189–204, Febr. 2009
- [3] Kani, J. et al.: *Next-generation PON – Part I: Technology Roadmap and General Requirements*. In: *Communications Magazine, IEEE* Vol. 47, No.11, pp. 43–49, Nov. 2009

7

Extern geförderte Projekte

7.1 Einige allgemeine Bemerkungen

Günter Söder

The following articles compactly describe 11 projects conducted during the report period. These have been supported mainly by industrial partners, the Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), and the European Union. Six of these projects were initiated by LNT (Professors Kötter and Hagenauer) and five by Professor Hanik (LÜT).

As only half a page is assigned to each project, the reader is kindly referred to Chapter 5 and 6 for further information.

Neben der Anzahl der Publikationen und den Lehraktivitäten ist jeweils die Drittmittelforschung ein wichtiges Kriterium der universitären Leistungsbewertung und damit ein entscheidender Faktor für die finanzielle Ausstattung der Lehrstühle. Es ist aus unserer Sicht sehr erfreulich, dass im Berichtszeitraum trotz der bereits mehrfach erwähnten widrigen Umstände noch elf Forschungsprojekte bearbeitet werden konnten.

Von den vor dem 30.09.2008 gestarteten und am Stichtag noch nicht beendeten Drittmittelprojekten wurden nach dem Tod von Ralf Kötter nur die beiden Verbundprojekte ITMANET und „Sicherheitsaspekte der Netzcodierung“ mit amerikanischen Partnern (MIT bzw. Stanford University) in beiderseitigem Einverständnis aufgelöst. Die von J. Dingel et al. bzw. J. Brauchle bearbeiteten DFG-Projekte zur Untersuchung

hochkonservierter DNA-Sequenzen bzw. zur algebraischen Decodierung von Reed-Solomon-Codes wurden 2009 termingerecht beendet. Ohne Unterbrechung weitergelaufen sind die zwei EU-Projekte NEWCOM++ und N-Crave, die von D. Traskov und M. Heindlmaier bzw. T. Lutz betreut wurden.

Besonders erfreulich ist, dass es LNT-Mitarbeitern gelungen ist, neue Projekte zur Netzcodierung zu akquirieren. G. Zeitler arbeitet nach nur zwei Monaten Unterbrechung wieder mit DoCoMo Communications Lab Europe zusammen. Dr. Hausl und O. Iscan forschen gemeinsam mit Kollegen der DLR Oberpfaffenhofen zum Thema „Netzcodierung für die Satellitenkommunikation“.

Das von Prof. Hanik geleitete Fachgebiet Leitungsgebundene Übertragungstechnik bearbeitete in den beiden letzten Jahren vier von der Industrie (BMW AG, Siemens AG sowie zweimal Nokia Siemens Networks) finanzierte Projekte durch E. Georgieva, F. Breyer, O. Gaete und B. Inan. Vor Kurzem hat U. Brennenstuhl mit der Bearbeitung einer vom BMBF im Rahmen des Verbundprojekts ATOB geförderten Forschungsarbeit begonnen.

Für die nachfolgenden Projektbeschreibungen ist jeweils nur eine halbe Seite vorgesehen. Deshalb sei hier auch auf die Kapitel 5 (Dissertationen) und 6 (Arbeitsgebiete) verwiesen.

- 7.1 Vorbemerkungen
- 7.2 Optische Übertragung über Plastikfasern (Siemens AG)
- 7.3 Highly Conserved DNA Sequences (DFG)
- 7.4 Robust Transmission of 100 Gbit/s Ethernet (NSN)
- 7.5 Decoding of Reed-Solomon Codes (DFG)
- 7.6 Network Coding for Robust Architectures in Volatile Environments (EU: N-Crave)
- 7.7 Network of Excellence in Wireless Communications (EU: NEWCOM++)
- 7.8 Network Coding Satellite Experiment (DLR Agentur)
- 7.9 Channel and Network Coding for Multihop Relaying (DoCoMo)
- 7.10 Realzeimentimentierung 100G – optisch (NSN)
- 7.11 Flexibilisierung des Fahrzeugkabelbaums (BMW AG)
- 7.12 Optisches Breitbandzugangsnetz (BMBF)

7.2 Optimierung und Entzerrung der optischen Signalübertragung über Plastikfasern

Florian Breyer und Norbert Hanik

Zeitraum: 01.10.2005 – 30.09.2009
 (Bericht: 01.10.2008 – 30.09.2009)

Förderung: Siemens AG München,
 Abteilung CT IC2

Projektpartner: Dr. Randel

Polymer Optical Fibers (POF) are the most promising solution for short-reach optical interconnects. They combine all the benefits of optical fibers with amazingly easy handling. This is due to the large core diameter of up to 1 mm. The big disadvantages are the large attenuation of ≈ 150 dB/km (at 650 nm) and the small bandwidth-length product of 35 MHz \times

100 m, due to modal dispersion. By using digital signal processing and a red laser diode the first 2 Gbit/s transmission over 100 m SI-POF could be demonstrated. In the last two years a fully working Gigabit Ethernet media converter could be developed, which is based on a LED and a FPGA-platform for the digital signal processing. This converter was the first demonstration of a Gigabit Ethernet connection over up to 25 m SI-POF by using red commercial LEDs and digital signal processing.

Optische Polymerfasern werden zunehmend in der Datenkommunikation über kurze Strecken bis 100 m und Datenraten < 1 Gbit/s eingesetzt. Im Ethernet-Bereich sind Raten bis 10 Gbit/s angedacht. Aufgrund leichter Handhabbarkeit und geringer Kosten werden sie z.B. in Gebäuden und Fahrzeugen verlegt. Wegen des

großen Faserdurchmessers (1 mm) verschlechtern verschiedene Effekte wie Modendispersion, modenabhängige Dämpfung und Modenkopplung die Übertragungseigenschaften.

Im Projekt wurde die Anwendung von Mehrstufenmodulation in Kombination mit einer empfängerseitigen Entzerrung zur Steigerung des Bandbreiten-Längen-Produkts eingehend untersucht.

Durch Anwendung von digitaler Signalverarbeitung konnte zum ersten Mal eine 2 Gbit/s-Übertragung über 100 m SI-POF mit einem Laser demonstriert werden. Des Weiteren wurde auf einer FPGA-Plattform ein voll funktionstüchtiger Gigabit-Ethernet-Medienkonverter mit LED als Sendeelement implementiert. Dieser Demonstrator stellt die erste erfolgreiche Gigabit-Ethernet-Verbindung mit kommerziellen roten LEDs über 25 Meter SI-Polymerfaser dar.

7.3 Communications-Theoretic Analysis of Highly Conserved Non-Coding DNA Sequences

Janis Dingel und Joachim Hagenauer

Zeitraum: 01.03.2006 – 31.03.2009
 (Bericht: 01.10.2008 – 31.03.2009)

Förderung: Deutsche Forschungsgemeinschaft (GZ: HA 1358/10-1,2)

Projektpartner: Dr. J. Müller und Dr. V. Kuryshv (Max-Planck Institut für Ornithologie, Seewiesen)

We analyzed so-called conserved DNA regions with respect to their role in cellular information processing, using communication theoretic models and principles as known from digital technical systems. The first result of this project is a new algorithm for the detection of conserved DNA regions that exhibits a performance superior to state-of-the-art methods. As a second result, we present an algorithm for the recognition of convolutional codes in dis-

torted data streams and discuss, based on our results, whether conserved DNA regions could be involved in DNA repair serving as error correcting codes.

Desoxyribonucleic acid (DNA) ist der primäre Träger der genetischen Information, die den Aufbau und die Funktionsweise aller lebenden Organismen bestimmt. Aus kommunikationstheoretischer Sicht ist die DNA-Information vollständig durch eine lange Abfolge vierwertiger Symbole (z.B. A, C, G, T) repräsentiert. Die zelluläre Informationsverarbeitung und -speicherung genetischer Information basiert also auf der Übertragung und Manipulation digitaler Signale.

In diesem gemeinsamen Projekt mit Biologen des MPI für Ornithologie wurde die Weitergabe der ge-

netischen Information betrachtet. Obwohl bei der zellulären Informationsverarbeitung sehr geringe Fehlerraten erreicht werden, haben Mutationen dazu geführt, dass sich die genetische Information im Lauf der Evolution verändert und sich den herrschenden Umweltbedingungen anpassen kann. In der Biologie sind oft solche Sequenzen von Interesse, die sich über die Evolution kaum geändert haben, also *konserviert* sind.

In diesem Forschungsprojekt wurde der Evolutionsprozess zunächst entsprechend einem Übertragungssystem beschrieben und daraus verschiedene statistische Modelle abgeleitet, die bereits in der Bioinformatik vorgeschlagen wurden. Schließlich wurde ein Algorithmus entwickelt, der die Konserviertheit einer DNA-Sequenz besser abbildet als alle bisher verwendeten Referenzmethoden.

7.4 Robust Transmission of 100 Gbit/s Ethernet through Single-Mode Optical Fiber

Oscar Gaete und Norbert Hanik

Zeitraum: 01.10.2007 – 30.09.2010
(Bericht: 01.10.2008 – 30.09.2010)

Gefördert durch die Nokia Siemens Networks GmbH & Co. KG, Abteilung Transport Technology

Projektpartner: Dr. Spinnler

Der wachsende Kapazitätsbedarf für WDM-Netze (*Wavelength Division Multiplex*) erfordert neue Überlegungen für die Gestaltung von optischen Übertragungssystemen. In Zusammenarbeit mit Nokia Siemens Networks forschen wir an neuartigen Modulationsverfahren für die Bitrate 100 Gbit/s, welche eine Datenübertragung mit hoher spektraler Effizienz ermöglichen und die möglichst robust gegenüber Störungen sind, deren Implementierung aber gleichzeitig nur eine geringe Komplexität aufweist.

As the capacity requirements on the optical networks steadily increase, the use of spectrally efficient modulation formats is of major interest. In this scenario, it has been mainly digital coherent detection, the enabling technology for the implementation of such advanced modulation formats. On the other hand, and despite their relatively limited robustness to dispersion, systems employing direct detection remain attractive due to their relatively low complexity of implementation.

In cooperation with Nokia Siemens Networks, we perform research on the area of novel modulation schemes for future core and metro optical networks with transport capacities of 100 Gbit/s.

It is envisioned that in our research project we will study the feasibility of spectrally efficient modulation formats using direct detection.

For example, multi-level modulation, polarization multiplexing and multi-carrier modulation are attractive enabling technologies for improving spectral efficiency, however, this advanced formats come at the expense of increased complexity in the implementation.

In this context, and by means of simulation that accurately model the channel, it is the goal of this project to identify the modulation formats and its parameters that provide the best performance on the transmission regarding special robustness to impairments in the fiber, but additionally reduce the complexity regarding implementation and costs.

7.5 Algebraic Decoding of Reed-Solomon Codes beyond Half the Minimum Distance and its Applications

Joschi Brauchle und Ralf Kötter

Zeitraum: 01.11.2007 – 31.10.2009
(Bericht: 01.10.2008 – 31.10.2009)

Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft

Projektpartner: Prof. Martin Bossert, Institut für Telekommunikationstechnik und Angewandte Informationstheorie der Universität Ulm

Der Einsatz von multivariaten Interpolationsalgorithmen ermöglicht die Decodierung von Reed-Solomon-Codes über die halbe Mindestdistanz hinaus bis hin zur theoretischen Grenze, der sog. Singleton-Schranke. Allerdings verhindert die exponentiell mit der Interpolationsdimension steigende Komplexität sowie die gewaltige Größe des Symbolalphabets einen Einsatz dieser Techniken in praktischen Systemen.

Im Lauf dieses zweijährigen DFG-Projektes wurde der Kötter-Vardy-Algorithmus zur Soft-Decodierung von Reed-Solomon-Codes auf multivariate Interpolation erweitert. Um den Einsatz dieser Technik in verketteten Systemen zu erleichtern, wurden verschiedene Ansätze für einige vereinfachte blockbasierte MAP-Decoder für Faltungscodes entworfen und untersucht.

The use of multivariate Interpolation algorithms allows for decoding of (folded) Reed-Solomon codes beyond half the minimum distance up to the theoretical limit of list-decoding, the Singleton bound. Unfortunately, the computational complexity as well as the alphabet size of the codes grow exponentially with the interpolation dimension, limiting practical use of these algorithms.

During the course of the project, the Kötter-Vardy approach for algebraic soft-decision decoding was generalized to multivariate interpolation based algorithms like the Guruswami-Rurda algorithm.

In order to efficiently provide accurate soft-information for the multivariate soft-decision decoder in a concatenated system using convolutional codes as inner codes, different approaches for a block-based MAP decoder were designed and investigated and a significant complexity reduction was achieved.

The combination of both techniques was exemplarily investigated in an advanced decoder for the digital audio broadcasting standard (DAB+), demonstrating superior performance at reasonable complexities compared to the traditional Viterbi and Berlekamp-Massey decoders.



7.6 Network Coding for Robust Architectures in Volatile Environments (N-CRAVE)

Tobias Lutz und Christoph Hausl

Zeitraum: 01.01.2008 – 31.12.2010
 (Bericht: 01.10.2008 – 30.09.2010)

Förderung: Europäische Kommission (Vertrag 215252)

Projektpartner: CERTH/ITI, EPFL, IT/FCUP, TELEFONICA, THOMSON RESEARCH, CUHK

N-Crave is a three-year project funded by the European Commission within the EU's 7th Framework Programme (FP7). The objective is to deliver a proof-of-concept for network coding as the major enabler in dynamic wireless network environments. See also: www.n-crave.eu.

N-Crave ist eine von der EU über drei Jahre geförderte Zusammenarbeit zu theoretischen und praktischen Fragen der Netzcodierung. Es soll gezeigt werden, dass in dynamischen und drahtlosen Netzen mit einer Vielzahl kommunizierender Peers Netzcodierung im Vergleich zu bisher verwendeten Strategien im Hinblick auf Datendurchsatz sowie Robustheit gegenüber Übertragungsfehlern vorteilhaft ist. Zudem sollen zur Umsetzung der Ideen komplexitätsarme Kommunikationsprotokolle entwickelt werden, die in dynamisch veränderlichen Topologien einsetzbar sind. Alle Verfahren sollen schlussendlich in einem experimentellen Testumfeld validiert werden.

Die Aufgaben wurden in 4 Work Packages unterteilt, an welchen die Partner unterschiedlich stark beteiligt sind. Akademische Institutionen wie die TUM oder die EPFL sind in eher

theoretischen Work Packages tonangebend, z.B. in WP 1: Foundational Aspects of Network Coding.

Aufgrund der Internationalität der sieben Projektpartner ergeben sich interessante Kooperations- und Austauschmöglichkeiten. So waren im Berichtszeitraum zwei Mitarbeiter des LNT zu Gast am Instituto de Telecomunicacoes (IT/FCUP) in Porto, um mit den dortigen Mitarbeitern das Protokoll für einen Netzcode zu entwickeln und dieses in einen Netzsimulator einzubetten.

Gegenwärtig befindet sich das Projekt im dritten und damit letzten Jahr. Der Fortschritt und die bisher erzielten Ergebnisse sind äußerst zufriedenstellend, was bei Kontrolltreffen am Ende des ersten und des zweiten Jahres von drei unabhängigen Gutachtern bestätigt wurde. Somit darf auf eine Fortsetzung dieses N-Crave-Projekts gehofft werden.

7.7 Network of Excellence in Wireless Communications (NEWCOM++)

Danail Traskov, Michael Heindlmaier und Ralf Kötter

Zeitraum: 01.01.2008 – 31.12.2011
 (Bericht: 01.10.2008 – 30.09.2010)

Förderung: Europäische Union (Vertrag 216715)

Projektpartner: Netzwerk von siebzehn europäischen Universitäten

Dieses durch die Europäische Union geförderte Exzellenznetzwerk ist Nachfolger des Projekts NEWCOM. Das Ziel ist, Forschung europäischer Partner im Bereich der mobilen Kommunikation zu stärken, indem Mittel für die Kooperation, die Bündelung und die Integration der Forschungsanstrengungen der Partner bereitgestellt werden.

NEWCOM++ besteht aus elf thematisch gegliederten Work Packages, von denen der LNT das WPR.5: „Coding for Multi-Hop Wireless

Networks“ leitet und an drei weiteren beteiligt ist.

Although many strong research groups exist in European space in the field of wireless communications, the community suffers from thematic fragmentation, lack of coordination and lack of a critical mass in certain vital areas, symptoms which may prevent Europe from being the envisioned and desired leader at the international scene.

NEWCOM++ tries to overcome these problems and to promote solutions by creating a trans-European virtual research centre linking a proper number of leading research groups in an integrated and cooperative fashion. Eleven core research packages with different focus are linked by transversal work packages which provide vehicles for the realization

of fundamental concepts. Our Institute participates in the following research work packages:

- Coding for Multi-Hop Wireless Networks (work package leader LNT),
- Iterative Receivers for Wireless Communications,
- Relaying and Cooperation in Networks,
- Scheduling and Adaptive Radio Resource Assignment.

In particular, our work package is addressing the aspects related to coding in multi-hop wireless networks, like for the upcoming standard LTE-Advanced which will feature relay communication.

We focus both on the design of distributed channel codes and joint channel network coding at the physical layer and the application of rateless codes at the network layer.

7.8 NEXT – Network Coding Satellite Experiment

Onurcan Iscan und Christoph Hausl

Zeitraum: 01.05.2009 – 30.04.2012
(Bericht: 01.05.2009 – 30.09.2010)

Förderung: DLR Agentur

Projektpartner: Dr. Bischl, Dr. Liva, Dr. Rossetta, alle DLR Institut für Kommunikation und Navigation, IQ Wireless GmbH

The aim of this project is the development and the demonstration of new resource efficient methods for satellite communications where network coding, multiuser detection, and reliable multicast techniques are considered. This project is probably the worldwide first demonstration of network coding in satellite communications. Within this project, new techniques for the practical usage in satellite communications are developed and demonstrated, which greatly increase the bandwidth efficiency in

satellite links. Moreover, a flexible demonstration platform is going to be developed, which is going to perform new communication experiments. The platform is a candidate to be included in the Heinrich Hertz satellite mission whose main project goal is a technology verification of various innovative technologies over an operation time of 15 years in the geostationary orbit. The launch of this satellite is scheduled for spring 2015.

Das Projektziel ist die Entwicklung und Demonstration neuer ressourcenschonender Übertragungsverfahren für die Satellitenkommunikation, wobei insbesondere eine Mehrteilnehmerkommunikation mit Network Coding betrachtet wird. Dieses Projekt ist wahrscheinlich die weltweit erste Demonstration und Erprobung von Network Coding im Bereich der Satellitenkommunikation.

Im Rahmen des NEXT-Projekts werden neue, derzeit in der Grundlagenforschung intensiv diskutierte Übertragungsverfahren für die Satellitenkommunikation mit großer Bandbreiteneffizienz entwickelt und demonstriert.

Des Weiteren wird eine flexible Demonstrationsplattform geschaffen, mit der die neuen Übertragungsverfahren experimentell getestet werden können. Angestrebt wird ein Mitflug der Plattform auf der Heinrich-Hertz-Satellitenmission, deren Start für 2015 geplant ist und deren Ziel die Verifikation von verschiedenen innovativen Technologien über einen Zeitraum von 15 Jahren ist.



7.9 Channel and Network Coding for Multihop Relaying

Georg Zeitler und Ralf Kötter

Zeitraum: 15.12.2009 – 15.06.2010
(Vorläuferprojekt: 2007 – 2009)

Förderung: DOCOMO Communications Lab Europe GmbH

Projektpartner: Dr. Dietl

Mobilfunksysteme der nächsten Generation erfordern eine Gebietsabdeckung mit hohen Datenraten. Um durch die Aufstellung vieler Basisstationen unverhältnismäßig hohe Kosten zu vermeiden, bietet der Einsatz von drahtlosen Relaisstationen eine kostengünstige Alternative.

Im Rahmen eines Vorgängerprojektes wurden von 2007 bis 2009 verschiedene Kanal- und Netzcodierverfahren für drahtlose Relaisnetzwerke untersucht, wobei der Schwerpunkt auf Szenarien lag, in denen die Relaisstation die Nachrichten der

Mobilstationen nicht fehlerfrei decodieren kann.

Darauf aufbauend wurde in diesem halbjährigen Forschungsprojekt die Effizienz der erarbeiteten Verfahren in realistischen Kanalmodellen basierend auf dem LTE-Übertragungsstandard untersucht.

Coverage with high data rates will be a major problem in 4G wireless communication systems due to higher attenuation at higher carrier frequencies and the use of higher-order modulation schemes requiring a higher signal-to-noise ratio for reliable detection. Consequently, the cell size will decrease significantly.

To avoid excessive cost by setting up a large number of base stations, a possible solution to provide sufficient coverage at reasonable cost is the use of relayed transmission.

In the first phase of the project during 2007–2009, the emphasis was on scenarios in which one relay is shared among several mobile terminals and is not required to decode the source messages reliably. Rather, a quantize-and-forward scheme was proposed to efficiently forward soft information from the relay to the destination.

The goal of the extension of the research project in the last half year was to evaluate the performance and verify the gains of the proposed schemes using the more practical modulation schemes of the Long-Term Evolution (LTE) standard as well as more realistic mobile radio channels provided by the IST-WINNER channel model.

Further, the role of feedback from the destination to the relay is to be explored.

7.10 Echtzeitimplementierung für optische 100 Gbit/s OFDM-Übertragung

Beril Inan und Norbert Hanik

Zeitraum: 01.11.2009 – 01.03.2013
 (Bericht: 01.01.2010 – 30.09.2010)

Förderung: Nokia Siemens Networks GmbH

Projektpartner: Dr. Jansen

Kohärent-optische OFDM, abgekürzt CO-OFDM, ist ein Modulationsverfahren, das sehr robust gegen lineare Störungen in der optischen Übertragung ist. In diesem Projekt werden ein Sender und ein Empfänger für Realzeit-OFDM mit Field-Programmable Gate Arrays (FPGA) realisiert, die eine Datenrate von 100 Gbit/s über 2000 Kilometer Singlemode-

Faser unterstützen. Nach der Implementierung werden höhere Datenraten und verschiedene Verfahren zur Kompensation von Nichtlinearitäten untersucht.

Orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) has emerged as a promising modulation technique in optical communication area. Coherent optical OFDM (CO-OFDM) is one of the modulation formats that have been proposed to overcome limitation due to linear transmission impairments such as chromatic dispersion (CD) and polarization mode dispersion (PMD). In addition, CO-OFDM offers a well-defined spectrum that limits the linear crosstalk.

In this project a real time OFDM transmitter and receiver will be implemented for 100 Gbit/s data rate over 2000 km single mode fiber. The system will be realized with field-

programmable gate arrays (FPGA) with the help of VHDL programming. The algorithms in FPGAs will include not only fast Fourier transform and equalization required for OFDM but also laser phase noise compensation.

Moreover, the project includes tasks such as decision of FPGA board properties based on the real time requirements and creating the synchronization protocols between the boards, automatic gain control, and symbol synchronization. Furthermore, a fixed-point simulation model in Matlab© is required in order to be able to verify the results of the real-time transmission. After the FPGA implementation is finished, higher data rates, different subcarrier modulation formats, and different non-linearity compensation techniques are among the possible research directions that can be pursued.

7.11 Flexibilisierung und Vereinfachung des Fahrzeugkabelbaums

Elisabeth Georgieva und Norbert Hanik

Zeitraum: 01.04.2010 – 31.03.2013
 (Bericht: 01.04.2010 – 30.09.2010)

Gefördert durch BMW Group, Forschung und Technik

Projektpartner: Dr.-Ing. Rainer Steffen, ZT-4, BMW Group

The manufacture and assembly of wiring harnesses introduce a significant cost factor in the automotive manufacturing, which is largely determined by the non-automated production, time-consuming installation and assembly in the vehicle, and by the raw material costs. Due to today's complexity of the wiring harness it introduces a significant share of the total weight of the vehicle and many potential sources of error. The project's main goal is introducing Powerline and Power over Data tech-

nologies allowing the transmission of data and energy signals over the same cable and thus reducing flexibility of the harness.

In der Kfz-Fertigung sind Herstellung und Montage des Kabelbaums ein wesentlicher Kostenfaktor. Diese Kosten sind maßgeblich bestimmt durch die nur teilweise automatisierbare Fertigung, durch aufwändige Verlegung und Montage im Fahrzeug und durch hohe Rohstoffkosten. Bedingt durch die heutige Komplexität des Kabelbaums hat er einen merklichen Anteil am Gesamtgewicht des Fahrzeugs und es entstehen zahlreiche potenzielle Fehlerquellen wie zum Beispiel Steckverbindungen, bewegliche Übergänge und Gummitüllen zur Abdichtung des Übergangs zwischen nassen und trockenen Bereichen.

Das Projekt verfolgt zum einen das Ziel, die Anzahl der notwendigen Kabelverbindungen durch gezielten Einsatz von Technologien zur kombinierten Übertragung von elektrischer Energie und Daten (Powerline und Power over Data) sowie die Anbindung von Steuergeräten und Aktoren/Sensoren durch drahtlose Kommunikationsverbindungen zu verringern. Zum anderen soll die Flexibilität des Kabelbaums hinsichtlich Veränderungen, Neukonfigurationen, Ergänzungen und Erweiterungen während der Fertigung oder nach Auslieferung des Fahrzeugs erhöht werden. Dadurch wird sowohl die Variantenvielfalt in der Fertigung verringert als auch die spätere Nachrüstung von Zusatzausstattung und die Einbindung von kundeneigenen Endgeräten ermöglicht oder zumindest vereinfacht.

7.12 Architekturen, Technologien, offene Netzinfrastruktur für das optische Breitbandzugangsnetz (ATOB)

Ulli Brennenstuhl und Norbert Hanik

Zeitraum: 01.08.2010-30.08.2013
(Bericht: 01.08.2010-30.09.2010)

Gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Projektpartner: Deutsche Telekom AG, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Technische Universität Dortmund, Universität Stuttgart, Helmut-Schmidt-Universität Hamburg, Fraunhofer Institut für Nachrichtentechnik (Heinrich-Hertz-Institut), European Center for Information and Communication Technologies

The aim of the ATOB project is to determine the requirements of Next Generation Optical Access (NGOA) networks and to evaluate the development of suitable systems and components independent of manufacturer specific solutions. The technical approach is focused on Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) based solutions which are to a large extent unexplored for op-

tical access networks. In the final stage of the project a realistic testing network will be evaluated in Berlin.

Ziel des Projektes ATOB ist es, die Anforderungen an Zugangsnetze der übernächsten Generation (Next Generation Optical Access, NGOA) zu identifizieren und die Entwicklung der dazu geeigneten Systeme und Komponenten herstellerneutral zu bewerten. Hierzu sind zunächst die Zusammenhänge zwischen Reichweite, Kapazität, Flexibilität und Kosten der diskutierten Zugangsnetzkonzepte zu untersuchen und entsprechende Optimierungsregeln für den wirtschaftlichen Ausbau und den Betrieb von NGOA-Netzen zu entwickeln.

ATOB konzentriert sich im Technikansatz auf Lösungen basierend auf OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), die im optischen Zugangsbereich weitgehend unerforscht sind und etwa ab 2014/15 implementiert werden könnten. Die in Funknetzen bereits sehr erfolg-

reich eingesetzte Technologie hat ein enormes Potential für NGOA und wird von Netzbetreibern als vielversprechende, kostengünstige und leistungsfähige Lösung eingeschätzt, mit der sowohl optische Zugangsnetze als auch optische Inhausnetze realisiert werden können.

Das Projekt verbindet grundsätzliche architektonische Netzbetrachtungen mit Fragen der Business-Modelle, untersucht neue Konzepte für die Übertragungstechnik und MAC-Protokolle (Medium Access Control) im Zugangsbereich sowie die für einen effizienten Betrieb notwendigen Signalisierungs- und Überwachungsverfahren. Es schließt den Bogen zu praktischen Fragestellungen, indem ein offenes, realitätsnahes Testnetz zur Erprobung der NGOA-Techniken in Berlin realisiert wird.



8

Veröffentlichungen Patente, Vorträge

8.1 Einige allgemeine Bemerkungen

Günter Söder

This chapter includes the publications of all lecturers and employees of the institute. The work of former PhD students is also taken into account if the publication is related to the doctoral topic.

During the reporting period, six books or book chapters were written by the Institute for Communications Engineering (LNT), see Section 8.2. In addition, 14 journal articles (Section 8.3) and 33 articles in conference proceedings (Section 8.4) were published. The section 8.5 contains the 19 public open presentations done by LNT employees.

The staff of the Line Transmission Technology (LUT) group has produced 14 journal articles, 22 articles in conference proceedings and has given eleven presentations.

Dieses Kapitel beinhaltet die Publikationen aller Lehrstuhlangehörigen und Lehrbeauftragten. Arbeiten ehemaliger Doktoranden sind berücksichtigt, so weit die Veröffentlichung das Promotionsthema betrifft.

Im Berichtszeitraum wurden vom Lehrstuhl für Nachrichtentechnik (LNT) 6 Bücher bzw. Buchbeiträge verfasst (Kap. 8.2), dazu 14 Zeitschriftenbeiträge (siehe Kap. 8.3) und 33 Aufsätze in Tagungsbänden (siehe Kap. 8.4). Das Kap. 8.5 beinhaltet die 19 öffentlichen Vorträge von LNT-Mitarbeitern.

Die Mitarbeiter des Fachgebiets Leitungsgelungene Übertragungstechnik (LÜT) haben 14 Zeitschriftenbeiträge und 22 Aufsätze in Tagungsbänden produziert sowie elf Vorträge gehalten.

8.2 Bücher- und Buchbeiträge

Chen, W.; Traskov, D.; Heindlmaier, M.; Médard, M.; Meyn, S.; Ozdaglar, A.: Coding and Control for Communication Networks. – In: *Queueing Systems*, Springer Netherlands, p. 195-216, Dec. 2009

Hausl, C.: Joint Network-Channel Coding for Wireless Relay Networks. – In: *Dissertation, Technische Universität München*, Nov. 2008

Luby, M.; Watson, M.; Shokrollahi, A.; Stockhammer, T.: IPTV Services over Power Line Communication using Application Layer Forward Error Correction. – In: *Power Line Communications*, Editor McGraw Hill, Hendrik Ferreira, Lutz Lampe, John Newbury, Sept. 2009

Stockhammer, T.: System and Cross-Layer Design for Mobile Video Transmission. – In: *Buchreihe Informationstechnik*, Verlag Dr. Hut, München, Nov. 2008

- 8.1 Einige allgemeine Bemerkungen
- 8.2 Bücher und Buchbeiträge
- 8.3 Zeitschriftenbeiträge
- 8.4 Beiträge in Tagungsbänden
- 8.5 Vorträge, Präsentationen und Technical Reports

LNT

Stockhammer, T.; Wen, J.: 3GPP Video Services – Video Codecs, Content Delivery Protocols and Optimization Potentials. – In: *Video and Multimedia Transmissions over Cellular Networks*, Editor John Wiley & Sons, Markus Rupp, Sept. 2009

Weindl, J.: Frame Synchronization Processes in Gene Expression. – In: *Buchreihe Informationstechnik*, Verlag Dr. Hut, München, Dec. 2008

8.3 Zeitschriftenbeiträge

Dawy, Z.; Morcos, F.; Weindl, J.; Müller, J.C.: Translation Initiation Modeling and Mutational Analysis based on the 3'-end of the Escherichia coli 16S rRNA Sequence. – In: *Biosystems*, vol. 96, issue 1, pp. 58–64, April 2009

Dingel, J.; Milenkovic, O.: List-Decoding Methods for Inferring Polynomials in Finite Dynamical Gene Network Models. – In: *Bioinformatics*, Oxford University Press, pp. 2282–2286, April 2009

Hanus, P.; Dingel, J.; Chalkidis, G.; Hagenauer, J.: Compression of Multiple Sequence Alignments. – In: *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 56, issue 2, pp. 696–705, Feb. 2010

Hausl, C.: Joint Network-Channel Coding for the Multiple-Access Relay Channel based on Turbo Codes. – In: *European Transactions on Telecommunications (ETT)*, vol. 20, issue 2, pp. 175–181, Wiley & Sons Ltd., Jan. 2009

Lei, J.; Vazquez-Castro, M.A.; Stockhammer, T.: Link Layer FEC and Cross-Layer Architecture for DVB-S2 Transmission with QoS in Railway Scenarios. – In: *IEEE Transaction on Vehicular Technology*, vol. 58, issue 8, pp. 4265–4276, Oct. 2009

Lima, L.; Kim, M.; Zhao, F.; Barros, J.; Médard, M.; Kötter, R.; Kalker, T.; Han, K.: On Counteracting Byzantine Attacks in Network Coded Peer-to-Peer Networks. – In: *IEEE Journal of Selected Areas in Communications*, vol. 28, no. 5, pp. 692–702, June 2010

Lutz, T.; Hausl, C.; Kötter, R.: Bits through Relay Cascades with Half-Duplex Constraint. – In: *IEEE Transactions on Information Theory*, <http://arxiv.org/abs/0906.1599v2>, June 2009

Milenkovic, O.; Alterovitz, G.; Battail, G.; Coleman, T.P.; Hagenauer, J.; Meyn, S.P.; Price, N.; Ramoni, M.F.; Shmulevich, I.; Szpankowski, W.: Introduction to the Special Issue on Information Theory in Molecular Biology and Neuroscience. – In: *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 56, issue 2, pp. 649–652, Feb. 2010

Nisar, M.D.; Utschick, W.; Hindelang, T.: Maximally Robust 2-D Channel Estimation for OFDM Systems. – In: *IEEE Transactions on Signal Processing*, vol. 58, no. 6, pp. 3163–3172, June 2010

Sadeghi, P.; Shams, R.; Traskov, D.: An Optimal Adaptive Network Coding Scheme for Minimizing Decoding Delay in Broadcast Erasure Channels. – In: *EURASIP Journal of Wireless Communications and Networking, Special Issue on Network Coding for Wireless Communications*, doi:10.1155/2010/618016, pp. 1–14, Feb. 2010

Silva, D.; Kschischang, F.R.; Kötter, R.: Communication over Finite-Field Matrix Channels. – In: *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 56, no. 3, pp. 1296–1305, March 2010

Viering, I.; Lobinger, A.; Stefanski, S.: Efficient Uplink Modeling for Dynamic System-level Simulations. – In: *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, July 2010

Weindl, J.; Dawy, Z.; Hanus, P.; Zech, J.; Müller, J.C.: Modeling Promoter Search by E. coli RNA Polymerase: One-Dimensional Diffusion in a Sequence-Dependent Energy Landscape. – In: *Journal of Theoretical Biology*, Elsevier, pp. 628–634, May 2009

Xiaomeng, S.; Lun, D.S.; Médard, M.; Kötter, R.; Meldrim, J.C.; Barry, A.J.: Joint Base-Calling of Two DNA Sequences With Factor Graphs. – In: *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 56, no. 2, pp. 724–733, Feb. 2010

Coelho, L.D.; Gaete, O.; Hanik, N.: An Algorithm for Global Optimization of Optical Communication Systems. – In: *AEU – International Journal of Electronics and Communications*, vol. 63, issue 7, Elsevier, pp. 541–550, July 2009

LÜT

Coelho, L.D.; Molle, L.; Gross, D.; Hanik, N.; Freund, R.; Caspar, C.; Schmidt, E.-D.; Spinnler, B.: Modeling Nonlinear Phase Noise in Differentially Phase-Modulated Optical Communication Systems. – In: *Optical Express*, vol. 17, issue 5, Optical Society of America, pp. 3226–3241, March 2009

Essiambre, R.-J.; Kramer, G.; Winzer, P.J.; Foschini, G.J.; Göbel, B.: Capacity Limits of Optical Fiber Networks. – In: *IEEE Optical Society of America, Journal of Lightwave Technology*, vol. 28, no. 4, pp. 662–701, Feb. 2010

Hellerbrand, S.; Hanik, N.: Electronic Predistortion for Compensation of Fiber Transmission Impairments - Theory and Complexity Considerations. – In: *Journal of Networks*, vol. 5, issue 2, Academy Publisher, pp. 180–187, Feb. 2010

Inan, B.; Lee, S.C.J.; Randel, S.; Neokosmidis, I.; Koonen, A.M.J.; Walewski, J.W.: Impact of LED Nonlinearity on Discrete Multi-Tone Modulation. – In: *Journal of Optical Communications and Networking (JOCN 2009)*, vol. 1, issue 5, pp. 439–451, Sept. 2009

Lee, S.C.J.; Breyer, F.; Cardenas, D.; Randel, S.; Koonen, A.M.J.: Real-Time Gigabit DMT Transmission over Plastic Optical Fibre. – In: *Electronics Letters*, vol. 45(25), pp. 1342–1343, Dec. 2009

Lee, S.C.J.; Breyer, F.; Randel, S.; Gaudino, R.; Bosco, G.; Bluschke, A.; Matthews, M.; Rietzsch, P.; Steglich, R.; van den Boom, H.; Koonen, A.: Discrete Multitone Modulation for Maximizing Transmission Rate in Step-Index Plastic Optical Fibers. – In: *IEEE Journal of Lightwave Technology*, vol. 27, issue 11, pp. 1503–1513, June 2009

Lee, S.C.J.; Randel, S.; Breyer, F.; Koonen, A.M.J.: PAM-DMT for Intensity-Modulated and Direct-Detection Optical Communication Systems. – In: *IEEE Photonics Technology Letters*, vol. 21(23), pp. 1749–1751, Dec. 2009

Lee, S.C.J.; Randel, S.; Breyer, F.; Ziemann, O.; Koonen, A.M.J.: DMT Modulation for 1 to 10-Gbit/s Transmission over POF. – In: *Fiber and Integrated Optics*, vol. 28, Special Issue: Polymer Optical Fiber, 2009

Millar, D.S.; Makovejs, S.; Behrens, C.; Hellerbrand, S.; Killey, R.I.; Bayvel, P.; Savory, S.J.: Mitigation of Fiber Nonlinearity using a Digital Coherent Receiver. – In: *IEEE Journal on Selected Topics in Quantum Electronics*, vol. PP, issue 99, pp. 1–10, May 2010

Neokosmidis, I.; Kamalakis, T.; Inan, B.; Walewski, J.W.: Impact of Non-linear LED Transfer Function on Discrete Multitone Modulation: Analytical Approach. – In: *Journal of Lightwave Technology (JLT)*, vol. 27, no. 22, pp. 4970–4978, March 2009

Randel, S.; Breyer, F.; Lee, S.C.J.; Walewski, J.W.: Advanced Modulation Schemes for Short-Range Optical Communications (invited). – In: *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*, vol. PP, issue 99, pp. 1–10, March 2010

Yang, H.; Lee, S.C.J.; Okonkwo, C.M.; Abraha, S.T.; van den Boom, H.P.A.; Breyer, F.; Randel, S.; Koonen, A.M.J.; Tangdiongga, E.: Record High-speed Short-range Transmission over 1 mm Core Diameter POF employing DMT Modulation. – In: *Optics Letters*, vol. 35, pp. 730–732, Jan. 2010

Yang, H.; Lee, S.C.J.; Tangdiongga, E.; Okonkwo, C.; van den Boom, H.P.A.; Breyer, F.; Randel, S.; Koonen, A.M.J.: 47.4 Gb/s Transmission over 100 m Graded-Index Plastic Optical Fiber based on Rate-adaptive Discrete Multitone Modulation. – In: *Journal of Lightwave Technology*, vol. 28 (4), pp. 352–359, Feb. 2010

8.4 Beiträge in Tagungsbänden

LNT

Awada, A.; Viering, I.; Wegmann, B.; Klein, A.: A Game-Theoretic Approach to Load Balancing in Cellular Radio Networks. – In: *IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications*, Istanbul, Turkey, Sept. 2010

Bartz, H.; Lutz, T.; Hausl, C.; Barros J.: Practical Network Coding with Resilient Subspace Codes (invited paper). – In: *Proc. 19th International Conference on Computer Communications and Networks (ICCCN 2010)*, Zurich, Switzerland, Aug. 2010

Bou Saleh, A.; Hausl, C.; Kötter, R.: Outage Behavior of Bidirectional Half-Duplex Relaying Schemes. – In: *Proc. IEEE Information Theory Workshop (ITW 2009)*, Taormina, Italy, Oct. 2009

Brauchle, J.; Kötter, R.: A Systematic Reed-Solomon Encoder with Arbitrary Parity Positions. – In: *Proc. Globecom 2009*, Honolulu, Hawaii, USA, Dec. 2009

Chebli, L.; Hausl, C.; Zeitler, G.; Kötter, R.: Cooperative Uplink of two Mobile Stations with Network Coding based on the WiMax LDPC Code. – In: *Proc. Globecom 2009*, Honolulu, Hawaii, USA, Dec. 2009

Cohen, A.; Effros, M.; Avestimehr, A.; Kötter R.: Linearly Representable Entropy Vectors and their Relation to Network Coding Solutions. – In: *Proc. IEEE Information Theory Workshop (ITW 2009)*, Taormina, Italy, Oct. 2009

Duyck, D.; Capirone, D.; Hausl, C.; Moeneclaey, M.: Design of Diversity-Achieving LDPC Codes for H-ARQ with Cross-Packet Channel Coding. – In: *Proc. 21st Annual IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC 2010)*, Istanbul, Turkey, Sept. 2010

Döttling, M.; Viering, I.: Challenges in Mobile Network Operation: Towards Self-Optimizing Networks. – In: *Proc. IEEE International Conference on Acoustic, Speech and Signal Processing 2009*, Taipei, Taiwan, April 2009

Gozalves, D.; Gomez-Barquero, D.; Stockhammer, T.: Upper Layer FEC Protection for DVB-T Services in Mobile Environments. – In: *Proc. IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting*, Bilbao, Spain, May 2009

Hanus, P.; Dingel, J.; Chalkidis, G.; Hagenauer, J.: Source Coding Scheme for Multiple Sequence Alignments. – In: *Proc. Data Compression Conference (DCC 2009)*, Snowbird, USA, pp. 183-192, March 2009

Hausl, C.; Capirone D.: Turbo Code Design for H-ARQ with Cross-Packet Channel Coding. – In: *Proc. 6th International Symposium on Turbo Codes & Iterative Information Processing*, Brest, France, Sept. 2010

Hausl, C.; Iscan, O.; Rossetto, F.: Optimal Time and Rate Allocation for a Network-coded Bidirectional Two-Hop Communication. – In: *Proc. European Wireless 2010*, Lucca, Italy, April 2010

Hausl, C.; Lutz, T.; Kötter, R.: Distributed Turbo Coding with Information Transfer via Timing of the Half-Duplex Relay-Phases. – In: *Proc. IEEE International Conference on Communications (ICC 2009)*, Dresden, Germany, June 2009

Heindlmaier, M.; Traskov, D.; Kötter, R.; Médard, M.: Scheduling for Network Coded Multicast: A Distributed Approach. – In: *Proc. IEEE Globecom Workshops*, Honolulu, Hawaii, USA, Dec. 2009

Hou, J.; Kötter, R.; Kramer, G.: Rate Regions for Multiple Access Relay Channels with Relay-Source Feedback. – In: *Proc. IEEE Information Theory Workshop (ITW 2009)*, Taormina, Italy, 10.1109/ITW.2009.5351391, Oct. 2009

Iscan, O.; Latif, I.; Hausl, C.: Network Coded Multi-way Relaying with Iterative Decoding. – In: *Proc. 21st Annual IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC 2010)*, Istanbul, Turkey, Sept. 2010

Kim, M.; Médard, M.; O'Reilly, U.-M.; Traskov, D.: An Evolutionary Approach to Inter-session Network Coding. – In: *Proc. IEEE INFOCOM 2009*, Rio de Janeiro, Brazil, April 2009

Kötter, R.; Effros, M.; Médard, M.: On a Theory of Network Equivalence. – In: *Proc. IEEE Information Theory Workshop 2009*, Volos, Greece, June 2009

Lutz, T.; Kramer, G.; Hausl, C.: Capacity for Half-Duplex Line Networks with Two Sources. – In: *Proc. IEEE International Symposium on Information Theory (ISIT 2010)*, Austin, TX, USA, June 2010

Morais de Andrade, D.; Klein, A.; Holma, H.; Viering, I.; Liebl, G.: Performance Evaluation on Dual-Cell HSDPA Operation. – In: *Proc. IEEE Vehicular Technology Conference Fall 2009*, Anchorage, Alaska, USA, Sept. 2009

Pauli, V.; Viering, I.; Buchner, C.; Saad, E.; Liebl, G.; Klein, A.: Efficient Link-to-Systemlevel Modeling for Accurate Simulations of MIMO-OFDM Systems. – In: *Proc. IEEE International Conference on Communications 2009*, Dresden, Germany, June 2009

Riemensberger, M.; Heindlmaier, M.; Dotzler, A.; Traskov, D.; Utschick, W.: Optimal Slotted Random Access in Coded Wireless Packet Networks. – In:

Proc. RAWNET – The 6th Workshop on Resource Allocation in Wireless Networks, Avignon, France, June 2010

Sadeghi, P.; Traskov, D.; Kötter, R.: Adaptive Network Coding for Broadcast Channels. – In: *Proc. Workshop on Network Coding, Theory and Applications*, Lausanne, Switzerland, June 2009

Stockhammer, T.; Heiles, J.: DVB-IPTV Content Download Services – IPTV Services Anytime and Anywhere. – In: *Proc. 10th International Conference on Telecommunications (ConTEL 2009)*, Zagreb, Croatia, June 2009

Traskov, D.; Heindlmaier, M.; Médard, M.; Kötter, R.; Lun, D.S.: Scheduling for Network Coded Multicast: A Conflict Graph Formulation. – In: *Proc. IEEE GLOBECOM Workshops 2008*, New Orleans, LA, USA, Dec. 2008

Traskov, D.; Lenz, J.; Ratnakar, N.; Médard, M.: Asynchronous Network Coded Multicast. – In: *Proc. 2010 IEEE International Conference on Communications (ICC 2010)*, Cape Town, South Africa, May 2010

Traskov, D.; Médard, M.; Sadeghi, P.; Kötter, R.: Joint Scheduling and Instantaneously Decodable Network Coding. – In: *Proc. 28th IEEE GLOBECOM Workshops*, Honolulu, Hawaii, USA, pp. 3835–3840, Dec. 2009

Viering, I.; Döttling, M.; Lobinger, A.: A Mathematical Perspective of Self-Optimizing Wireless Networks. – In: *Proc. IEEE International Conference on Communications 2009*, Dresden, Germany, pp. 4320–4325, June 2009

Viering, I.; Peltomäki, M.; Tirkkonen, O.; Alava, M.; Waldhauser, R.: A Distributed Power Saving Algorithm for Cellular Networks. – In: *4th International Workshop on Self-Organizing Systems (IFIP 2009)*, Zurich, Switzerland, Dec. 2009

Wrulich, M.; Eder, S.; Viering, I.; Rupp, M.: System Level Modeling of D-TxAA MIMO HSDPA. – In: *Proc. IEEE Globecom 2008 Wireless Communications Symposium*, New Orleans, LA, USA, Nov. 2008

Zeitler G.; Brehmer, J.; Bauch, G.; Widmer, J.: Source Coding Rate Allocation in Orthogonal Compress-and-Forward Relay Networks. – In: *Proc. IEEE International Conference on Communications (ICC 2010)*, Cape Town, South Africa, May 2010

Zeitler, G.; Kötter, R.; Bauch, G.; Widmer, J.: On Quantizer Design for Soft Values in the Multiple-Access Relay Channel. – In: *Proc. IEEE International Conference on Communications (ICC 2009)*, Dresden, Germany, pp. 1548–1552, June 2009

Zeitler, G.; Kötter, R.; Bauch, G.; Widmer, J.: An Adaptive Compress-and-Forward Scheme for the Orthogonal Multiple-Access Relay Channel. – In: *Proc. 20th Personal, Indoor and Mobile Radio Communications Symposium (PIMRC 2009)*, Tokyo, Japan, pp. 1838–184, Sept. 2009

Breyer, F.; Lee, S.C.J.; Cardenas, D.; Randel, S.; Hanik, N.: Real-Time Gigabit Ethernet Transmission over up to 25 m Step-Index Polymer Optical Fibre using LEDs and FPGA-Based Signal Processing. – In: *Proc. European Conference on Optical Communications (ECOC 2009)*, Vienna, Austria, Sept. 2009

Breyer, F.; Lee, S.C.J.; Cardenas, D.; Randel, S.; Hanik, N.: Real-Time Gigabit Ethernet Transmission over LED-based Plastic Optical Fiber Systems. – In:

Proc. 18th International Conference on Plastic Optical Fibers 2009, Sydney, Australia, pp. 95, Sept. 2009

Coelho, L.D.; Gaete, O.; Schmidt, E.-D.; Spinnler, B.; Hanik, N.: Global Optimization of RZ-DPSK and RZ-DQPSK Systems at Various Data Rates. – In: *Proc. Optical Fiber Communications Conference (OFC 2009)*, San Diego, CA, USA, March 2009

Coelho, L.D.; Gaete, O.; Schmidt, E.-D.; Spinnler, B.; Hanik, N.: Impact of PMD and Nonlinear Phase Noise on the Global Optimization of DPSK and DQPSK Systems. – In: *Proc. Optical Fiber Communications Conference (OFC 2010)*, San Diego, CA, USA, March 2010

Gaete, O.; Coelho, L.D.; Spinnler, B.; Alfiad, M.S.; Jansen, S.L.; Hanik, N.: Stereo Multiplexing for Direct Detected Optical Communication Systems. – In: *Proc. Optical Fiber Communications Conference (OFC 2009)*, San Diego, CA, USA, March 2009

Gaete, O.; Coelho, L.D.; Spinnler, B.; Hanik, N.: Block- vs. Symbol-wise Differential Encoding in Spectrally Efficient Digital Subcarrier Multiplexing for Direct Detection. – In: *Proc. Conference on Signal Processing in Photonic Communications (SPPcom 2010)*, Karlsruhe, Germany, June 2010

Gaete, O.; Coelho, L.D.; Spinnler, B.; Hanik, N.: Performance of Stereo Multiplexing in Systems Using Direct Detection with Optimum Dispersion Maps. – In: *Proc. International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON 2010) (invited)*, Munich, Germany, June 2010

Gaete, O.; Coelho, L.D.; Spinnler, B.; Hellerbrand, S.; Schmidt, E.-D.; Hanik, N.: A Digital Subcarrier Multiplexing Technique for Increased Spectral Efficiency in Optical Systems Using Direct Detection. – In: *Proc. Optical Fiber Communications Conference (OFC 2010)*, San Diego, CA, USA, March 2010

Gaete, O.; Hellerbrand, S.; Coelho, L.D.; Spinnler, B.; Hanik, N.: Linear Equalization in Spectrally Efficient Digital Subcarrier Multiplexing for Direct Detection. – In: *Proc. 15th Optoelectronics and Communications Conference (OECC 2010)*, Sapporo, Japan, July 2010

Göbel, B.; Hellerbrand, S.; Hanik, N.: Link-aware Precoding for Nonlinear Optical OFDM Transmission. – In: *Proc. Optical Fiber Communication Conference (OFC 2010)*, San Diego, USA, March 2010

Göbel, B.; Hellerbrand, S.; Haufe, N.; Hanik, N.: PAPR Reduction Techniques for Coherent Optical OFDM Transmission. – In: *Proc. 11th International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON 2009)*, Island of São Miguel, Azores, Portugal, June 2009

Inan, B.; Lee, S.C.J.; Randel, S.; Neokosmidis, I.; Koonen, A.M.J.; Walewski, J.W.: The Impact of LED Transfer Function Nonlinearity on High-Speed Optical Wireless Communications based on Discrete-Multitone Modulation. – In: *Proc. Optical Fiber Conference (OFC 2009)*, San Diego, CA, USA, March 2009

Inan, B.; Randel, S.; Jansen, S.L.; Lobato, A.; Adhikari, S.; Hanik, N.: Pilot-Tone-based Nonlinearity Compensation for Optical OFDM Systems. – In: *Proc. European Conference on Optical Communication (ECOC 2010)*, Torino, Italy, Sept. 2010

Hellerbrand, S.; Göbel, B.; Hanik, N.: Trellis Shaping for Reduction of the Peak-to-Average Power Ratio in Coherent Optical OFDM Systems. – In: *Proc. Optical Fiber Communications Conference (OFC 2009)*, San Diego, CA, USA, March 2009

Hellerbrand, S.; Hanik, N.: Fiber Modeling using Graphics Processing Units – Performance and Accuracy. – In: *Proc. ITG Workshop on Modelling and Simulation of Optical Communication Systems*, Berlin, Germany, Nov. 2009

Hellerbrand, S.; Hanik, N.: Four Dimensional Signaling for Coherent Polarization Multiplexed Transmission Systems. – In: *Proc. IET Workshop on Spectrally Efficient Optical Transmission Systems*, University College London, UK, Nov. 2009

Hellerbrand, S.; Hanik, N.: Fast Implementation of the Split-Step Fourier Method Using a Graphics Processing Unit. – In: *Proc. Optical Fiber Communications Conference (OFC 2010)*, San Diego, CA, USA, March 2010

Hellerbrand, S.; Weiershausen, W.; Hanik, N.: Electronic Predistortion for Compensation of Polarization-Mode Dispersion. – In: *Proc. SPIE Photonics West 2009*, San Jose, CA, USA, Jan. 2009

Lee, S.C.J.; Breyer, F.; Cardenas, D.; Randel, S.; Koonen, T.: Real-Time Implementation of a 1.25 Gbit/s DMT Transmitter for Robust and Low-Cost LED-Based Plastic Optical Fiber Applications. – In: *Proc. European Conference on Optical Communications (ECOC 2009)*, Vienna, Austria, Sept. 2009

Lee, S.C.J.; Breyer, F.; Cardenas, D.; Randel, S.; Koonen, T.: Real-Time Gigabit DMT Transmission for Plastic Optical Fiber Communications. – In: *Proc. 18th International Conference on Plastic Optical Fibers 2009*, Sydney, Australia, vol. 45, issue 25, 10.1049/el.2009.1803, pp. 1342–1343, Sept. 2009

Lee, S.C.J.; Breyer, F.; Randel, S.; Cardenas, D.; van den Boom, H.; Koonen, T.: Discrete Multitone Modulation for High-Speed Data Transmission over Multimode Fibers Using 850-nm VCSEL. – In: *Proc. Optical Fiber Communications Conference (OFC 2009)*, San Diego, CA, USA, March 2009

Yang, H.; Lee, S.C.J.; Tangdiongga, E.; Breyer, F.; Randel, S.; Koonen T.: 40Gb/s Transmission over 100m Graded-Index Plastic Optical Fiber Based on Discrete Multitone Modulation, (PDPD8). – In: *Proc. Optical Fiber Communications Conference (OFC 2009)*, San Diego, CA, USA, March 2009

8.4 Vorträge, Präsentationen und Technical Reports

LNT

Brauchle, J.: A Systematic Reed-Solomon Encoder with Arbitrary Parity Positions. Doktorandenseminar, Lehrstuhl für Nachrichtentechnik, 26.05.2009

Hagenauer, J.: Eröffnungsvortrag zur Shannon Ausstellung: Kennen Sie Shannon?. Heinz-Nixdorf Museumsforum, Paderborn, 05.11.2009

Hagenauer, J.; Hanus, P.: Engineering Contributions to Evolutionary Genetics. Workshop on Genomic Error Correction, 04.06.2009

Hanus, P.: Context Tree Weighting Models in Genomic Data Compression. TU-Eindhoven, 24.11.2008

Hanus, P.: Compression of Whole Genome Alignments. LNT Guest Seminar (with Wojciech Szpankowski), 17.03.2010

Hausl, C.: Distributed Turbo Coding with Information Transfer via Timing of the Half-Duplex Relay-Phases. Doktorandenseminar, Lehrstuhl für Nachrichtentechnik, 26.05.2009

Heindlmaier, M.: Approaches for Distributed Scheduling for Coded Packet Networks. Network Coding and Reliable Communications Group Meeting, MIT RLE, Cambridge, 30.10.2009

Heindlmaier, M.: Network Equivalence. Doktorandenseminar, Lehrstuhl für Nachrichtentechnik, 26.05.2009

Lutz, T.: Bits Through Relay Cascades with Half-Duplex Constraint. Doktorandenseminar, Lehrstuhl für Nachrichtentechnik, 26.05.2009

Lutz, T.: Capacity for Half-Duplex Line Networks with Two Sources. ISIT, Austin, TX, 14.06.2010

Thakur, M.: Reliability and Optimization using Network Coding for Wireless Networks. Doktorandenseminar, Lehrstuhl für Nachrichtentechnik, 26.05.2009

Traskov, D.: Coding for the MAC. Doktorandenseminar, Lehrstuhl für Nachrichtentechnik, 26.05.2009

Zeitler, G.: Design of Network Coding Functions in Multihop Relay Networks. Institute for Information Transmission, Friedrich-Alexander-Universität, Erlangen-Nürnberg, 10.12.2008

Zeitler, G.: Design of Quantizers in Multihop Relay Networks. Doktorandenseminar, Lehrstuhl für Nachrichtentechnik, 26.05.2009

Zeitler, G.: Project Meeting: Network Coding for Multihop Relaying. DoCoMo Communications Laboratories Europe GmbH, München, 06.10.2008

Zeitler, G.: Project Meeting: Network Coding for Multihop Relaying. DoCoMo Communications Laboratories Europe GmbH, München, 06.04.2009

Zeitler, G.: Project Meeting: Network Coding for Multihop Relaying. DoCoMo Communications Laboratories Europe GmbH, München, 07.07.2009

Zeitler, G.: Project Meeting: Network Coding for Multihop Relaying. DoCoMo Communications Laboratories Europe GmbH, München, 26.01.2010

Zeitler, G.: Project Meeting: Network Coding for Multihop Relaying. DoCoMo Communications Laboratories Europe GmbH, München, 27.07.2010

Gaete, O.: Stereo Multiplexing for Direct Detected Optical Communication Systems. ITG-FG 5.3.1 Workshop, Universität Erlangen-Nürnberg, 02.03.2009

Gaete, O.: Performance of Stereo Multiplexing in Links with Optimum Dispersion Map. Workshop in Optical Communications, Heinrich Hertz Institute, Berlin, 07.07.2009

Göbel, B.: Overview of Various Modulation Schemes. Bell Labs, Alcatel-Lucent, Murray Hill, 25.06.2009



LÜT

Göbel, B.: Advanced Modulation Schemes and a Capacity Limit Calculation Method for the Nonlinear Fiber-Optic Channel. Bell Labs, Alcatel-Lucent, Holmdel Crawford Hill, 21.08.2009

Göbel, B.: Recent Advances in the Information Theory of Fiber-Optic Communication Channels. Institut für Kommunikation und Navigation, DLR, Oberpfaffenhofen, 19.10.2009

Göbel, B.; Hanik, N.: Analytical Calculation of the Number of Four-Wave-Mixing Products in Optical Multichannel Communication Systems. – In: *TUM-LNT Technical Report*, 27.10.2008

Hellerbrand, S.; Hanik, N.: Acceleration of the Split-Step Fourier Method by using a Graphics Processing Unit (GPU). – In: *TUM-LNT Technical Report*, 22.09.2009

Hellerbrand, S.: Some Words on Predistortion-based Compensation of Transmission Impairments in Fiber-Optic Communication Systems. Seminar of the Optical Networks Group at University College London (UCL), 08.12.2008

Hellerbrand, S.: Speeding up Computation of Fiber Response using Commodity Graphics Hardware. Doktorandenseminar, 07.04.2009

Hellerbrand, S.: Accelerating Simulations of Optical Transmission Systems by using Commodity Graphics Hardware. Seminar of the Optical Networks Group at University College London (UCL), 18.05.2009

Hellerbrand, S.: Acceleration of Fiber-Simulations by using Graphics Processing Units. Project Seminar at Nokia Siemens Networks, München, 09.09.2009

9

Veranstaltungen

9.1 Verleihung des Scientific and Engineering Awards Beverly Hills, 20. Februar 2010

Günter Söder und Reimar Lenz

This years winners of the „Technical Oscars“ or, to be more precise, of the Scientific and Engineering Awards, were honoured at a Gala Dinner in Beverly Hills, Los Angeles, on February 20th. Even though the Institute for Communications Engineering did not organize this ceremony, we put it a the beginning of this Chapter. In fact, the prestigious Technical Oscars are awarded by the „Academy of Motion Picture Arts and Sciences“.

The reason for the coverage in our report is the fact, that a senior member of our Institute, Prof. Dr.-Ing. habil. Reimar Lenz, was among the honoured. He received his diploma in 1980, his Ph.D. degree in 1986 and

his postdoctoral lecture qualification in 1989, all from LNT. He was a member of the LNT staff until 1996. Since 1992, Reimar Lenz has been giving lectures at TU München. In 2003, he was appointed Associate Professor for Videometrie.

Prof. Lenz received the award in shape of a golden tablet with an Oscar relief for his contribution to the development of the film scanner ARRISCAN. Together with him, the developers Michael Cieslinski and Bernd Brauner, who are both with ARRI (Arnold & Richter Cine Technik), also each received such a personalized trophy.

The awards are only given for innovations, that have contributed in

9.1 Verleihung des Scientific and Engineering Awards Beverly Hills, 20. Februar 2010

9.2 Kolloquium zum 85. Geburtstag von Prof. Hans Marko, 26. Februar 2010

9.3 Verleihung des Prof. Dr. Ralf Kötter Gedächtnispreises, Kronberg, 17. April 2010

9.4 Seminar mit Nokia-Siemens-Networks, 10. Juni 2010

9.5 12th International Conference on Transparent Optical Networks, 27. Juni – 1. Juli 2010



Preisträger des Scientific and Engineering Awards 2010

significant, outstanding and lasting ways to motion pictures. This is the case for the ARRISCAN, as it is used successfully in film studios all over the world since 2005. The scanner digitizes analog 35 mm film with high precision, resolution and speed. Even today, most of the major movies are first captured on analog film which is digitized later for image processing.

The high resolution of the ARRISCAN (6000 pixels per line) is achieved by micro-scanning, a technique, which was developed by Lenz at the LNT more than 20 years ago: Several images, shifted by fractions of the pixel pitch relative to one another, are captured and interleaved, in order to generate one high res-

olution image. In 1989, the LNT gave a press conference, presenting a digital camera with a true resolution of seven megapixels for each of the three colour planes red, green and blue. It was based on a charge coupled device (CCD) image sensor with less than half a million photodiodes.

This invention led to the company „Videometrie“, which Reimar Lenz founded together with his brother Dr. Udo Lenz. In the year 2000, this company initiated and financed the development of the CMOS image sensor „ALEV“ (Arri LENZ Videometrie), which is used in the ARRISCAN. Incidentally, this also happens to be the name of Prof. Lenz's daughter. Alev joined her father on his trip to Los Angeles, together with his fiancée Dagmar Knöpfel, a film director, and her daughter Dido.

All four of them attended the ceremony, which has a tradition reaching back to 1929, two years after the foundation of the Academy of Motion Picture Arts and Sciences. In the beginning, the Sci-Tech Awards were presented jointly with the Oscars for

actors, directors, producers etc. However, not surprisingly, the public showed more interest for the stars than for the nerds. After some years of placing the Technical Oscars in the advertisement breaks of the live TV coverage, the 1977 Awards marked the first time that the Scientific and Technical Awards ceremony became a separate, full-fledged Awards dinner presentation. That first dinner ceremony, five days prior to the main Academy Awards ceremony, was hosted by Kirk Douglas and Gregory Peck.

The Scientific and Technical Awards ceremony now generally takes place two weeks prior to the main Academy Awards ceremony. This year it was hosted by the actress Elizabeth Banks. She honoured 15 international groups of inventors and developers, presented their work and handed over the trophies. The acceptance speech of Prof. Lenz is included in the German text. We are especially proud of this award. As an aside, Dr. Johannes Steurer, who had also written his PhD thesis at the LNT, was honoured in 2002.



Gala-Dinner der Academy of Motion Picture Arts and Sciences im Beverly Wilshire Hotel in Beverly Hills

Am 20. Februar 2010 wurden anlässlich eines Gala-Dinners in Beverly Hills die 15 neuen Oscar-Preisträger in der Kategorie Technik geehrt. Wir beginnen das Kapitel „Veranstaltungen“ in unserem Bericht mit dieser feierlichen Preisverleihung, obwohl der Lehrstuhl für Nachrichtentechnik mit der Ausrichtung dieses Events gar nichts zu tun hatte. Vielmehr werden die begehrten Technik-Oscars von der „Academy of Motion Picture Arts and Sciences“ verliehen.

Grund genug für diesen Artikel, wie wir finden, ist die Tatsache, dass mit Prof. Dr.-Ing. habil. Reimar Lenz auch ein langjähriger LNT-Kollege ausgezeichnet wurde. Reimar Lenz hat 1980 seine Diplomarbeit am LNT angefertigt, war anschließend bis 1996 wissenschaftlicher Mitarbeiter und auch seine Promotion (1986) und seine Habilitation (1989) sind sehr eng mit unserem Lehrstuhl verbunden. Seit 1992 hält Reimar Lenz als Lehrbeauftragter der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik Vorlesungen an der TU München. 2003 wurde er zum außerplanmäßigen Professor für das Fachgebiet „Videometrie“ ernannt.

Der Pionier der digitalen Fotografie, wie Prof. Lenz in den TUM-Mitteilungen zu Recht bezeichnet wird, erhält diese hochrangige Auszeichnung mit Oscar-Plakette für seine maßgebliche Beteiligung an der Entwicklung des Film-Scanners ARRISCAN. Mit ihm gemeinsam wurden die Scanner-Entwickler Michael Cieslinski und Bernd Brauner – beide

von der Münchner Firmengruppe ARRI (Arnold & Richter Cine Technik) – ausgezeichnet.

Anders als bei Spielfilm-Oscars müssen preisgekrönte technische Erfindungen nicht erst im Jahr vor der Verleihung entwickelt worden sein. Vielmehr sollten sie bereits über eine längere Zeit ihre Nützlichkeit bewiesen haben. Für den ARRISCAN trifft dies zu, denn er ist schon seit 2005 in allen großen Filmstudios weltweit erfolgreich im Einsatz.

Mit Hilfe dieses Scanners lässt sich analog aufgenommenes Kinofilmmaterial mit hoher Präzision, Bildschärfe und Schnelligkeit digitalisieren. Benötigt wird die Scanner-technik, weil Kinofilme bis heute aus Qualitätsgründen analog gedreht und erst im Nachhinein zur Bildbearbeitung und zur Speicherung auf neuen Medien digitalisiert werden. Heute haben alle renommierten Produktionshäuser einen ARRISCAN. Über 120 solcher Maschinen sind weltweit im Einsatz und digitalisieren jährlich etwa 200 Spielfilme.

Den entscheidenden Qualitätsvorsprung vor anderen Geräten zur Digitalisierung erreicht der ARRISCAN maßgeblich durch eine technische Feinesse, die auf eine von Prof. Lenz schon vor mehr als 20 Jahren entwickelte Idee zurückgeht: die Mikroverschiebung. Um die Auflösung damaliger Digitalkameras zu erhöhen, ließ Lenz, damals noch Habilitand an der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik der TUM, sein Gerät jedes Bild mehrfach auf-

9

Veranstaltungen

nehmen, jeweils um Bruchteile eines Bildpunktes gegeneinander verschieben. Die Aufnahmen wurden dann rückverschoben überlagert. So stand pro Pixel ein Vielfaches an Bildinformation zur Verfügung, und die Auflösung stieg von weniger als einem halben auf mehr als sieben Megapixel.

1989 wurde daraus die erste und zudem erfolgreiche Geschäftsidee. Reimar Lenz gründete gemeinsam mit seinem Bruder Dr. Udo Lenz die Firma Videometrie, die weltweit die ersten hochauflösenden digitalen Stillbildkameras herstellte. Diese erreichten u.a. durch die Mikroskopfirma Zeiss und den Hersteller für Fachkameras, der Sinar AG, die jeweilige Marktführerschaft. Zuvor wurde noch während Lenz' Zeit am LNT der Prototyp einer Kamera mit 400 Megapixeln aufgebaut, mit der für einen Bildband flämischer Barockmalerei u.a. das „Große Jüngste Gericht“ von Rubens in der Alten Pinakothek digitalisiert wurde.

Eine Folgeentwicklung, auf die Prof. Lenz jetzt zurückschaut, ist der im ARRISCAN verwendete Sensor auf Basis der CMOS-Halbleitertechn-



Überreichung des Technik-Oscars an Prof. Reimar Lenz durch die Schauspielerin Elizabeth Banks



Reimar Lenz und seine Kollegen Michael Cieslinski (li.) und Bernd Brauner bei der Danksagung

nik. Dessen Entwicklung und dessen Einsatz bei ARRI gehen auf Initiative der Gebrüder Lenz zurück.

Der bisherige Beitragstext – die Würdigung – stammt weitestgehend vom erstgenannten Autor. Beim Bericht über die äußerst feierliche Überreichung der Technik-Oscars sind wir dagegen auf Erzählungen von Reimar Lenz angewiesen. Der LNT war nicht bereit, für den Redakteur seines Tätigkeitsberichts die Kosten für Flug, Smoking und das exorbitant teure Gala-Dinner zu übernehmen.

Reimar Lenz war natürlich gerne bereit, diese Kosten zu tragen. Er wurde begleitet von seiner Tochter Alev, nach welcher der im ARRI-SCAN eingesetzte Bildsensor benannt ist, seiner Lebensgefährtin, der ebenfalls preisgekrönten Filmregisseurin Dagmar Knöpfel, und deren Tochter Dido.

Die „Academy of Motion Picture Arts and Sciences“ wurde 1927 gegründet und vergibt seit 1929 seine „Academy Awards“ für weibliche und männliche Haupt- und Nebendarsteller, Regisseure, Produzenten, etc. Auch die „Academy’s Scientific and Technical Awards“, wie die Technik-

Oscars offiziell heißen, haben bereits eine lange Tradition. Zum ersten Mal wurden diese 1931 vergeben, damals in einer gemeinsamen Zeremonie mit allen anderen Oscar-Preisträgern. Da aber eine Sandra Bullock, ein Jeff Bridges oder ein Christoph Waltz – um nur einige der Oscar-Gewinner 2010 zu nennen – die TV-Quote stärker beflügelte als die Präsentation von Ingenieuren und Wissenschaftlern, wurde nach Beginn des Fernsehzeitalters deren Ehrung in die verschiedenen Werbepausen der Liveübertragung verlegt.

Seit ca. 1980 werden die Technik-Oscar-Preisträger bei einer eigenen Gala in Beverly Hills geehrt. Auszüge davon werden traditionell bei der eigentlichen Oscar-Gala gezeigt, die etwa zwei Wochen später in Hollywood über die Bühne geht.

In diesem Jahr wurde die Verleihung der Technik-Oscars durch die amerikanische Schauspielerin Elizabeth Banks moderiert. Sie ehrte 15 Techniker- und Erfindergruppen aus aller Welt, überreichte die begehrten Oscar-Trophäen und stellte jeweils deren preisgekrönte Erfindungen vor. Neben dem Münchner ARRI-Team ging noch ein zweiter Oscar nach Deutschland, nämlich an Mitarbeiter der Filmtechnikfirma DFT Digital Film Technology Holding GmbH aus Hessen unter der Führung des Software-Ingenieurs Hilmar Koch, der mit US-Kollegen eine besondere, in der 3D-Computergrafik verwendete Abschattungsmethode entwickelte.

Lenz’ Dankesrede hatte folgenden Wortlaut:

„Ladies and Gentlemen, I would like to thank the members of the Academy and the Research and Development Team of ARRI for making my long lasting dream come true: the highest Award that an engineer can get, because the Nobel prize is for physicists or economists, but not for nerds.

I want to dedicate this award to my daughter. She had to share her father with his passion for science. However, this gave her the time and space to develop her own passion – her passion for performing arts. With this combination of arts and sciences, we are just at the right place here.

Even my fiancée is film director and her daughter wants to become an actress. Therefore, at home, I am definitely in a scientific minority. But I don’t mind – science is passion, science is love! Thank you all.”

Wir gratulieren Prof. Reimar Lenz nochmals ganz herzlich. Für den Lehrstuhl für Nachrichtentechnik ist es nach dem Erfolg von Dr. Johannes Steurer (2002) bereits der zweite Technik-Oscar, und für ARRI war es sogar schon die Nummer 14.

Die Resonanz auf diese große und ehrende Auszeichnung für unseren Kollegen war gewaltig. Neben Interviews in den verschiedenen Presseorganen der TUM gab es ausführliche Berichte in der *Süddeutschen Zeitung* und anderen Tageszeitungen wie dem *Schwäbischen Tagblatt* aus Tübingen mit der Überschrift „Der Kepler-Abiturient Reimar Lenz bekommt den Technik-Oscar“.



Reimar Lenz und seine 3 Damen, von links Alev Lenz, Dagmar Knöpfel und deren Tochter Dido



Der ARRI-SCAN und seine Entwickler: von links Bernd Brauner, Reimar Lenz und Michael Cieslinski

9.2 Kolloquium zum 85. Geburtstag von Prof. Hans Marko, 26. Februar 2010

Klaus Eichin, Gert Hauske und Günter Söder

In excellent personal condition Professor Marko, head of the LNT from 1962 to 1993, became 85 on February 24, 2010 (a brief biography at the end of this chapter). To celebrate this birthday the LNT organized a colloquium on February 26, 2010. Professor Hanik, temporal head of the LNT welcomed a large number of guests, among them members of Professor Marko's family, friends, members of the faculty and the LNT, and many of Professor Marko's doctoral students from the enormous range of 4 academic generations.

Speeches were given by Professor Joachim Hagenauer, successor of Professor Marko as head of the LNT, Professor Norbert Hanik, Professor Gert Hauske, and Professor Reimar Lenz together with Dr. Steurer. In these speeches Professor Marko's visionary goals and activities in so many disciplines like data transmis-

sion over glass fibre and other media, cybernetics, and optical data processing were documented. Moreover, Professor Marko's ability to create a free and communicative atmosphere at the LNT was shown as an important basis for excellent research.

Professor Hagenauer showed parallels of his scientific approaches in mobile communication and coding with those of Professor Marko, including technical as well as biological aspects. Professor Hanik reported about optical data transmission since Professor Marko's pioneering approaches 1970 to the high rate (700 Mbit/s) optical PSK Homodyne System 1987 until the necessity of tens of Gbit/s today. Professor Hauske pointed to the really visionary act to establish Cybernetics as a completely new area at the TUM with the foundation of the Sonder-

forschungsbereich Kybernetik (1969–1983). Professor Lenz and Dr. Steurer (ARRI company), both members of Professor Marko's optical group, proudly announced the Technical Oscar Award 2002 and 2010 resp. for their products ARRISCAN and ARRILASER which enable fast and high quality digitalization of films.

Am 24. Februar 2010 vollendete Professor Hans Marko, Inhaber unseres Lehrstuhls von 1962 bis 1993, bei bester Gesundheit sein 85. Lebensjahr. Nachdem Prof. Marko ab Oktober schon der Vorvorgänger des neuen Chefs sein wird, ist er vielleicht den jüngeren Lesern nicht mehr



Das Auditorium. In der ersten Reihe G. Hauske, G. Färber mit Gattin und H. Mendgen, in den hinteren Reihen erkennt man (zugegebenermaßen schwer) u.a. R. Lenz, H. Glünder, W. Hauser, A. Weber, U. Appel, J. Steurer, K. Centmaier, I. Hauske, F. Breyer, J. Hagenauer, R. Greiller, H. Kristl, L. Coelho, G. Söder, H. Unterberger, E. Lutz, D. Tilgner, J. Marko mit Gattin, H. Häberle, H. Dirndorfer, B. Wegmann, J. Eberspächer, W. Xu und D. Dorn

9

Veranstaltungen



Die Laudatoren Norbert Hanik, Joachim Hagenauer, Gert Hauske

so bekannt. Deshalb finden Sie auf der nächsten Seite eine kurze Biografie über seine langjährige akademische Laufbahn.

Der Lehrstuhl für Nachrichtentechnik hatte aus diesem festlichen Anlass zu einem Kolloquium eingeladen, das am 26.02.2010 stattfand. Der kommissarische Leiter des LNT, Prof. Norbert Hanik, von 1989 bis 1995 wissenschaftlicher Mitarbeiter von Hans Marko und 2004 als Leiter des Fachgebiets Leitungsgedundene Übertragungstechnik an die TUM zurückgekehrt, konnte viele Gäste be-

grüßen. Erschienen waren neben dem Jubilar und seiner Gattin Dr. Renate Löhning auch sein Sohn Johannes Marko mit Familie und einige persönliche Bekannte von Hans Marko. In der nachfolgenden Gästeliste verzichten wir auf die Nennung der akademischen Titel.

Jörg Eberspächer vom Lehrstuhl für Kommunikationsnetze repräsentierte die Fakultät. Die erste Assistentengeneration von H. Marko war durch R. Greiller (1963–1966 am LNT), H. Häberle (1963–1967, von 1979–1989 Lehrbeauftragter) sowie

G. Färber (1964–1969, danach über 35 Jahre Professor unserer Fakultät) vertreten. Mitte der 1960er Jahre kamen U. Appel, K. Centmayer, G. Hauske, H. Unterberger und A. Weber an den LNT. In den 1970ern folgten H. Dirndorfer, K. Eichin, H. Glünder, W. Hauser, H. Kristl, U. Lupp, E. Lutz, G. Söder und D. Tilgner.

Schließlich seien noch die jüngsten Marko-Doktoranden erwähnt, die jetzt aber auch schon ihren 50. Geburtstag hinter sich haben oder ihn bald feiern werden: A. Gerhard,



Die Laudatoren Johannes Steurer und Reimar Lenz



Prof. Hans Marko und seine Frau Dr. Renate Löhning



Der Jubilar bei seiner Dankensrede



Im Gespräch: H. Marko, U. Lupp, G. Färber und E. Kugler

R. Lenz, M. Maier, B. Molocher, A. Nischwitz, J. Steurer, B. Wegmann und Wen Xu.

Besonders gefreut hat sich Professor Marko darüber, dass auch seine ehemaligen Sekretärinnen Olga Baur und Elly Kugler der Einladung gefolgt sind.

Nach der Begrüßung folgten vier Gastredner. Wir beginnen entgegen dem Programm mit dem Vortrag „In den Fußstapfen von Hans Marko“ von *Prof. Joachim Hagenauer*, dem Leiter des LNT von 1993 bis 2006. Hagenauer würdigte die Lebensleistung seines Vorgängers mit großem Respekt und stellte vier große Übereinstimmungen in den Zielsetzungen von Hans Marko und seinen eigenen fest:

1. Jeder von ihnen stellte eine fundierte Theorie in den Mittelpunkt seiner Arbeiten. Bei Marko war dies die Systemtheorie, bei ihm die Codierungstheorie.
2. Auf dieser Theorie aufbauend hat Marko viele grundlegende, theoretische wie praktische Arbeiten auf dem Gebiet der Nachrichtentechnik initiiert. Hagenauers Anwendung war der Mobilfunk.

3. Jeder von ihnen hat sich über viele Jahre erfolgreich in seinem persönlichen Forschungsgebiet betätigt. Marko widmete sich intensiv der Bidirektionalen Informationstheorie, Hagenauer der Turbo-Decodierung.

4. Beide haben sich in Zusammenarbeit mit Biologen der interdisziplinären Forschung zugewandt. Marko betätigte sich auf dem Gebiet der Kybernetik und prägte diese enorm. Hagenauer befasste sich – allerdings in seinem Forscherleben erst viel später – mit der Anwendung der Kommunikations- und Informationstheorie in der Genetik und erzielte mit seiner ComInGen Group ebenfalls vielbeachtete Ergebnisse.

In den weiteren Beiträgen kamen die von Prof. Marko eingerichteten drei Forschungsgruppen zu Wort. Zunächst berichtete *Prof. Norbert Hanik* über „die optische Übertragungstechnik bei Professor Marko ... und was daraus wurde.“ Er spannte einen weiten Bogen von den ersten Versuchen zu dieser damals neuen Technologie zu Anfang der 1970er Jahre bis hin zu seinen Untersuchungen über Probleme und Vorteile von Nichtlinearitäten der Glasfaser. Mit

seiner Dissertation im Jahre 1995 wurde dieses Forschungsgebiet am LNT erst einmal für einige Jahre, nämlich bis 2004, eingestellt.

In den mehr als 20 Jahren dazwischen konnten die Mitarbeiter der optischen Übertragungsgruppe – F. Derr, M. Dippold, G. Fischer, J. Franz, M. Maier, R. Noé und S. Neidlinger – etliche Erfolge feiern, die von der Fachwelt durchaus anerkannt wurden. Sogar von Weltrekorden war die Rede. Zum Beispiel war das 1987 realisierte optische Übertragungssystem mit 48 Photonen pro Bit bei 700 Mbit/s das empfindlichste seiner Zeit und zudem das höchstratigste optische PSK-Homodynsystem.

Als Norbert Hanik 1995 zu einem gerade privatisierten Betreiber von

Kurzbiografie Professor Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Hans Marko

Hans Marko, am 24. Februar 1925 im siebenbürgischen Kronstadt geboren, studierte Nachrichtentechnik an der TH Stuttgart und promovierte 1953 bei Ernst Feldtkeller. Danach arbeitete er bei der Standard Elektrik Lorenz AG und entwickelte eines der ersten PCM-Systeme Deutschlands. Bereits damals hielt er Vorlesungen an den Hochschulen in Stuttgart und Karlsruhe. 1961 verfasste er seine Habilitationsschrift über die Ausnutzung von Telegrafiekänen zur Informationsübertragung.

Im Jahr 1962, mit erst 37 Jahren, wurde Hans Marko in der Nachfolge von Hans Piloty als Leiter des Lehrstuhls für Nachrichtentechnik an die damalige TH München berufen und wirkte bis zu seiner Emeritierung 31 Jahre erfolgreich in Lehre und Forschung. Er betreute 9 Habilitationen und 73 Promotionen.

Die von ihm und seinen drei Forschungsgruppen (Übertragungstechnik, Bildverarbeitung, Kybernetik) bearbeiteten Wissenschaftsgebiete umfassten unter Anderem

- die Anwendung der Systemtheorie in technischen, biologischen und kybernetischen Systemen;
- deren mehrdimensionale Erweiterung für die Bildverarbeitung und die Mustererkennung;
- die Weiterentwicklung der Shannonschen Informationstheorie zur bidirektional-orientierten Kommunikationstheorie;
- theoretische Untersuchungen und praktische Realisierungen hochrater digitaler Übertragungssystemen über Kabel und Glasfaser.

Hans Marko ist Autor mehrerer Bücher, von mehr als hundert Veröffentlichungen und zahlreicher Patente. Ihm wurden zahlreiche Eh-

rungen zuteil: Er ist Preisträger der Nachrichtentechnischen Gesellschaft (jetzt ITG) und Fellow des Institute of Electrical and Electronics Engineering (IEEE). 1983 wurde ihm als erstem der Karl-Küpfmüller-Preis der Informationstechnischen Gesellschaft im VDE zuerkannt. Im Jahre 1985 erhielt er die Ehrendoktorwürde der TH Darmstadt und 1994 wurde ihm das Verdienstkreuz der Bundesrepublik Deutschland überreicht. Er ist Gründungsmitglied der „Academia Scientiarum et Artium Europaea“ in Salzburg.

Nach seiner Emeritierung 1993 blieb Hans Marko seinem ehemaligen Lehrstuhl für Nachrichtentechnik eng verbunden. Mit der ihm eigenen Energie und Dynamik befasst er sich nach wie vor mit naturwissenschaftlichen Themen, so der Einsteinschen Relativitätstheorie.

Telekommunikationssystemen wechselte, wurde er für die seinen Berechnungen zugrunde liegende Datenrate von 10 Gbit/s belächelt. Wer sollte sowas brauchen? Inzwischen ist diese Frage aufgrund des Internet-Booms beantwortet: In nicht all zu ferner Zeit werden über eine einzelne Faser Datenraten von mehr als 10 Tbit/s über Tausende von Kilometern übertragen werden, wobei Wellenlängenmultiplex Anwendung findet. Genau auf diesem Gebiet forschte S. Hellerbrand, einer von Haniks Doktoranden, während der letzten Jahre. Wesentliche Grundlagen dieser Technik wurden aber bereits Ende der 1980er Jahre am LNT unter Hans Marko geschaffen.

Nicht vergessen werden sollten auch Markos Arbeiten und die seiner Mitarbeiter U. Appel, G. Binkert, H. Dirndorfer, K. Eichin, W. Hauser, G. Söder, R. Tröndle, J. Warkotsch und R. Weiß zur Optimierung und

Realisierung von Weitverkehrssystemen über Kupferkabel, insbesondere hochratige Koaxialkabelsysteme.

Der langjährige Leiter der Forschungsgruppe Kybernetik, Prof. Gert Hauske, erinnerte an den Mut und die Weitsicht von Prof. Marko, schon in den 1960er Jahren mit der Kybernetik eine bis dahin weitgehend unbekannt Disziplin an die damalige TH München zu bringen. Eine der herausragenden Einrichtungen war der besonders erfolgreiche Sonderforschungsbereich 50: Kybernetik (1969–1983). Im Vortrag wurde erwähnt, dass Hans Marko in dem von Philip Aumann verfassten Buch „Mode und Methode – die Kybernetik in der Bundesrepublik Deutschland“ eine der meistzitierten Persönlichkeiten ist und dort als „Vorreiter der Biokybernetik“ bezeichnet wird. Wie Gert Hauske ausdrücklich betonte, ist die interdisziplinäre Denkweise der Kybernetik im Bereich der TU München weiterhin ein wichtiger Faktor der Entwicklung. Sein ehemals zugeordnetes Fachgebiet nennt sich nunmehr „Bioanaloge Informationsverarbeitung“ und wird von Prof. Hemmert betreut. Eine neue Forschungsinitiative ist das „Leonardo da Vinci Zentrum“, das die Bionik wiedererweckt hat, über die Hans Marko bereits 1968 programmatisch und visionär geschrieben hat.

Schließlich demonstrierten Prof. Reimar Lenz und Dr. Johannes Steurer, zwei Mitarbeiter der ehemaligen Forschungsgruppe Bildverarbeitung, mit einem Film ein von ihnen entwickeltes Verfahren, das es erlaubt, herkömmliches Filmmaterial schnell und mit hoher Qualität zu digitalisieren und somit in die heutige technische Welt zu übertragen. Für die Entwicklung von ARRISCAN und ARRILASER wurden beide in Beverly Hills jeweils mit einem Technik-Oscar (2002 bzw. 2010) ausgezeichnet, den sie zum Abschluss ihrer Ausführungen sozusagen als Duplikat Hans Marko überreichten.

Auch die beiden nannten ebenso wie ihre Vorredner zwei Charaktereigenschaften von Prof. Marko, die sie erst in die Lage versetzt habe, solche Erfolge zu erzielen. Zum einen eine außergewöhnliche Weitsicht gepaart mit dem Mut, völlig neue und letztendlich erfolgreiche Forschungsprojekte zu initiieren, auch wenn bei Projektbeginn nicht für jeden ein Erfolg zu erkennen ist.

Sein zweites Erfolgsrezept war, dass er nach Projektbeginn seinen Mitarbeitern alle Freiheiten gelassen hat, die für erfolgreiche Forschung erforderlich sind, und dass er – aber auch andere – für ein angenehmes und ersprießliches Klima an seinem Lehrstuhl gesorgt hat.

Das Kolloquium endete mit einer kurzen Dankesrede des Jubilars, dem man anmerkte, dass er sich über die Würdigungen sehr gefreut hat, auch darüber, dass 25 seiner insgesamt 73 Doktoranden zu dieser Feier gekommen waren. Sein Dank ging insbesondere auch an Norbert Hanik, Doris Dorn und Manfred Jürgens, die diese Veranstaltung toll organisiert hatten.

Lieber Herr Marko: Alle Mitarbeiter des Lehrstuhls für Nachrichtentechnik, Ehemalige wie Aktive, wünschen Ihnen weiterhin so viel Elan wie mit 85. Wir bedanken uns auch für das warme Büfett, das diesem Kolloquium folgte, und für die Möglichkeit, mit alten Kolleginnen und Kollegen in gelöster Atmosphäre anregende Gespräche führen zu können. Es wurde noch ein richtig gemütliches Ehemaligen-Treffen.



Die Büste von Prof. Marko als besondere Ehrung zum Anlass seines 85. Geburtstages in der Ruhmeshalle der Bavaria in München

9.3 Verleihung des Prof. Dr. Ralf Kötter Gedächtnispreises, Kronberg im Taunus, 17. April 2010



Norbert Hanik und Günter Söder

On April 17, 2009, the “Prof. Dr. Ralf Kötter Gedächtnispreis” was awarded for the first time in Kronberg/Taunus. This prize was endowed by Ruth and Hubert Kötter and will be awarded once a year until 2023 for innovative research in the field of communications engineering or alternatively for exceptional humanitarian aid. The LNT has the right to propose a candidate for the award.

In his opening speech, mayor Klaus Temmen commemorated the career of Ralf Kötter who was born in the neighbouring town of Königstein but was brought up in Kronberg to which he remained close for the rest of his life. As keynote speaker of the award event, Professor Norbert Hanik, paid tribute to the first award winner Johannes Lenz, who received the prize for his outstanding master thesis in the field of network coding, a main research field of Ralf Kötter.

We would also like to mention that the ECE Department at the University of Illinois where Ralf served as Associate Professor before joining TU München, has established the “Ralf Koetter Memorial Fund in Electrical and Computer Engineering”, which will provide support to ECE students and faculty.

2009 haben Ruth und Hubert Kötter in großzügiger Weise einen Preis gestiftet, der bis 2023, dem Jahr, in dem ihr Sohn Ralf sein 60. Lebensjahr vollendet hätte, einmal jährlich für innovative Forschung auf dem Gebiet der Nachrichtentechnik oder für besondere humanitäre Hilfe vergeben wird. Der Lehrstuhl für Nachrichtentechnik der TU München hat in der ersten Kategorie ein Vorschlagsrecht bei der Preisvergabe.

Zum ersten Mal wurde der „Prof. Dr. Ralf Kötter Gedächtnispreis“, am 17.04.2010 im Stadtsaal der Stadt Kronberg im Taunus vergeben. Der erste Preisträger ist Johannes Lenz, der seine Masterarbeit auf dem Gebiet der Netzcodierung, Ralfs Spezialgebiet, mit hervorragendem Ergebnis angefertigt hat, und zwar an Ralfs ehemaligen Lehrstuhl. Wir, Ralfs Kollegen und die Familie Kötter, sind uns sicher, mit Johannes Lenz einen hervorragenden Nachwuchswissenschaftler und einen würdigen ersten Preisträger ausgewählt zu haben.

Bürgermeister Klaus Temmen begrüßte im Namen der Stadt, die sich im Stiftungsvertrag zur Ausrichtung der feierlichen Preisübergabe verpflichtet hat, die Gäste aus München

und der näheren Umgebung. Besonders begrüßte Herr Temmen Ralfs langjährige Forschungskollegin Michelle Effros vom California Institute of Technology, die extra vom kalifornischen Pasadena angereist war.

Ralf Kötter sei zwar nicht in Kronberg geboren, so der Bürgermeister weiter, sondern im benachbarten Königstein. Aber er kam schon im Kindesalter in den Ort, in dem seine Eltern heute noch wohnen und in dem er 2009 seine letzte Ruhestätte gefunden hat. Er ging hier drei Jahre auf die Grundschule. Ein Jahr konnte er überspringen, woraus ersichtlich ist, dass schon damals seine außergewöhnlichen Fähigkeiten zu erkennen waren. Danach besuchte er bis zum Abitur das Bischof Neumann Gymnasium in Königstein, bevor er zum Studium an die Technische Universität Darmstadt ging und damit ebenfalls in seiner hessischen Heimat blieb. Auch danach, als ihn seine Wissenschaft nach Schweden, Frankreich, die USA und schließlich Mün-



Bürgermeister Klaus Temmen



Laudator Norbert Hanik



Preisträger Johannes Lenz

chen führte, blieb Ralf Kötter der Region seiner Geburt stets treu verbunden.

Prof. Norbert Hanik begann die Laudatio mit den Worten: „Ein Preis, ehrt denjenigen, dem er verliehen wird. Ein Preis ehrt aber auch denjenigen, nach dem er benannt, und in dessen Namen er vergeben wird.“

Deshalb würdigte Prof. Hanik zunächst die wissenschaftlichen Stationen und Erfolge von Ralf Kötter. Hier kann auf diese Auflistung verzichtet werden. Vielmehr verweisen wir den Leser auf den Beitrag „In memoriam Ralf Kötter“ ab Seite 5 dieses Heftes mit zahlreichen Würdigungen.

Kommen wir nun zum ersten „Prof. Dr. Ralf Kötter Gedächtnis-Preisträger“. Johannes Lenz konnte nach seinen herausragenden Ergebnissen im Bachelor-Studium am Elite-Studiengang „Systeme der Informations- und Multimediatechnik“ der TU München teilnehmen, und schloss diesen mit dem Prädikat „mit

Auszeichnung“ ab. Daneben erwarb er sich im Rahmen eines Doppelmaster-Programms den Grad eines Master of Science des renommierten Georgia Institute of Technology, ebenfalls mit Auszeichnung. Nach seinem Studienabschluss begann er im April 2010 mit einem Trainee-Programm bei der BMW AG in München, wo er auf zukünftige Aufgaben in Forschung und Management vorbereitet wird.

Johannes Lenz hat diesen Preis aber nicht nur aufgrund seiner exzellenten Studienleistungen erhalten, sondern auch wegen seiner hochinnovativen und mathematisch sehr anspruchsvollen Masterarbeit auf dem Gebiet der Netzcodierung, in die viele von Ralf Kötters Ideen eingeflossen sind. Seine von Danail Traskov betreute Arbeit „Asynchronous Network Multicast“ behandelt das Problem der optimalen Wegsuche bei der Verteilung von Information in einem Kommunikationsnetz mit Netzcodierung.

Prof. Hanik fasste den Inhalt dieser hochinteressanten Masterarbeit wie folgt zusammen: In modernen Datennetzen wird häufig eine Vielzahl von Knoten in einer Maschenstruktur miteinander verbunden. Im sog. Multicast-Betrieb sendet ein Rechner, die Datenquelle, dieselbe Nachricht gleichzeitig an mehrere Empfänger im Netz. In unserem Fall

des Multicast wird Network Coding genutzt, um die Nachricht zu verteilen. Johannes Lenz hat erstmals einen dezentralen, asynchronen Algorithmus entwickelt, der die Nachricht auf optimalen Wegen mit minimalem Ressourcenverbrauch (zum Beispiel mit minimaler Energie) vom Sender zu den Empfängern leitet. Dezentral bedeutet, dass jeder Knoten die Auslastung in seinem Bereich minimiert, und nur mit den jeweiligen Nachbarknoten Information austauscht. Asynchron sagt aus, dass die Knoten sich nicht zeitlich aufeinander abstimmen müssen. Bisher existierten nur zentrale oder synchrone Verfahren, die sehr viel komplizierter, langsamer und störanfälliger sind. Lenz konnte zeigen, dass sein Algorithmus selbst bei gestörten Verbindungen sehr robust arbeitet und mit großer Sicherheit zum optimalen Ergebnis führt. Damit kann sich das Kommunikationsnetz auch an sich schnell ändernde Randbedingungen anpassen, z. B. beim Ausfall einer Verbindung.

Nach der Überreichung der Urkunde und eines Schecks in Höhe von 500 Euro (siehe Foto) gab es noch ein gemeinsames Mittagessen und anschließend einen Besuch der Grabstätte von Ralf Kötter.

Wir sind uns sicher, mit Johannes Lenz den Richtigen für den ersten Prof. Dr. Ralf Kötter Gedächtnispreis ausgewählt zu haben. Er möge diesen Preis im Andenken an das Werk und die Person Ralf Kötters als Ehrung, aber auch als Ansporn verstehen, sein Potential weiter auszubauen und nutzbringend einzusetzen.

Wir möchten Ruth und Hubert Kötter für die Stiftung dieses Preises herzlich danken. Ralf Kötters Lebensleistung, wissenschaftlich und menschlich, lebt in diesem Preis weiter als steter Anruf an all diejenigen, die ihn heute oder zukünftig gewinnen.

Anzumerken ist, dass Ralfs ehemalige Wirkungsstätte, das Department for Electrical and Computer Engineering an der University of Illinois den „Ralf Koetter Memorial Fund in Electrical and Computer Engineering“ eingerichtet hat, um begabte Studenten ihrer Fakultät zu unterstützen.



Von links nach rechts: Joachim Hagenauer, Michelle Effros, Ruth Kötter mit Finn, Norbert Hanik, Nuala Kötter, Johannes Lenz, Bürgermeister Temmen, Jörg und Hubert Kötter

9.4 Seminar mit Nokia-Siemens-Networks, 10. Juni 2010

Christoph Hausl

Researchers of Nokia Siemens Networks (NSN), researchers of the Institute for Communications Engineering (LNT) and interested students came together for a seminar at Technische Universität München in June 2010. The aim of the seminar was to inform each other about the current research activities in the field of relay communication and cooperative communication. The seminar provided a good opportunity for interesting discussion within the 20 participants.

Relay communication is a topic of research at the Institute for Communications Engineering since 2001. It gained importance during the last year. Current important aspects are the use of network coding at relay stations and efficient half-duplex relay communication with a data-dependent relay mode. More details about these topics can be found in Chapter 6.

The group of Nokia Siemens Networks is working currently on the standardization of Long Term Evolution (LTE) – Advanced where the increased usage of relay communication is considered as a method to improve the coverage and to increase the data throughput in mobile cellular-based communication systems. The program of the seminar can be found at the end of this article.

Im Juni 2010 fand ein Seminar mit etwa 20 Teilnehmern am Lehrstuhl für Nachrichtentechnik (LNT) der Technischen Universität München (TUM) statt. Die Diskussionsrunde setzte sich aus etlichen Mitarbeitern von Nokia Siemens Networks (NSN), aus LNT-Mitarbeitern der Netzcodergruppe und aus interessierten Studenten zusammen. Ziel dieses ganztägigen Seminars war es, sich gegenseitig über die derzeitigen Forschungsaktivitäten zu informieren, wobei sich diese insbesondere in den Bereichen Relaiskommunikation und kooperative Kommunikation überschneiden.

Am LNT haben sich schon die ehemaligen Mitarbeiter Zaher Dawy

und Johannes Zangl seit dem Jahre 2001 mit diesem Thema beschäftigt. Seitdem sind die Aspekte im Bereich der Relaiskommunikation immer mehr in den Fokus der Forschung am Lehrstuhl geraten.

Die in München ansässige Abteilung von Nokia Siemens Networks, deren Mitarbeitern bei dem Seminar zu Gast waren, beschäftigt sich im Moment mit der Standardisierung von Long Term Evolution (LTE) – Advanced. Dabei sollen verstärkt auch Relaisstationen eingesetzt werden, um die Kommunikation zwischen Basisstation und Mobilstation zu unterstützen.

Am Vormittag stellten die NSN-Mitarbeiter ihre Präsentationen vor. Zuerst gab Michael Färber einen Überblick über die Aktivitäten der Abteilung. Anschließend präsentierten vier bei Nokia Siemens Networks angestellte Doktoranden ihre derzeitigen Arbeiten, unter ihnen zwei unserer ehemaligen Diplomanden, Abdallah Bou Saleh und Ömer Bulakci. Dabei wurde zum Beispiel darüber berichtet,

- welche Gewinne bezüglich Datendurchsatz und Flächenabdeckung durch Relaisstationen erreicht werden können,
- wie Relaisstationen möglichst effizient zu platzieren sind, und
- nach welchen Kriterien Mobilstationen der Basisstation oder einer Relaisstation zugeordnet werden sollen.

Am Nachmittag wurden die Arbeiten des Lehrstuhls für Nachrichtentechnik vorgestellt. Dr. Hausl begann mit einem Überblick über die Forschungsaktivitäten an unserem Lehrstuhl. Anschließend wurden von Tobias Lutz, Onurcan Iscan und Christoph Hausl aktuelle Forschungsergebnisse präsentiert. Die Schwerpunkte lagen auf dem Einsatz von Netzcodierung und dem effizienten Einsatz von halbduplex-beschränkten Relaisstationen mit datenabhängigem Zeitmultiplex. Genauere Informationen zu diesen Themen können

in Kapitel 6 dieses Heftes gefunden werden.

Während der Vorträge, beim gemeinsamen Mittagessen und in den Kaffeepausen ergaben sich viele Gelegenheiten für interessante Diskussionen. Beide Seiten haben davon profitiert

Nachfolgend ist das Programm des Seminars abgedruckt.

Michael Färber, NSN:
CTO RT RS Mission

Wolfgang Mennerich, NSN:
User Centric Partial Coordinated Multi-Point Transmission

Abdallah Bou Saleh, NSN:
Relay Coverage Extension in Relay Enhanced LTE-Advanced Networks

Ömer Bulakci, NSN:
Uplink Performance Optimization in Relay Enhanced LTE-Advanced Networks

Ahmad Awada, NSN:
A Game-Theoretic Approach to Load Balancing in Cellular Radio Networks

Christoph Hausl, LNT:
Overview about Research Activities at Lehrstuhl für Nachrichtentechnik

Tobias Lutz, LNT:
Bits through Relay Cascades with Half-Duplex Constraint

Onurcan Iscan, LNT:
Network Code Design and Resource Allocation for Two-Way Relaying

Christoph Hausl, LNT:
Relaying with Information Transfer via Timing of the Half-Duplex Relay-Phases



9.5 12th International Conference on Transparent Optical Networks, 27. Juni – 1. Juli 2010

Bernhard Göbel und Norbert Hanik

The TUM, represented by the LNT, had the opportunity in summer 2010 to host the International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON), which was held in Germany for the first time ever.

The ICTON is an annual event held in various European locations. In the past, the host cities were Wrocław, Barcelona, Nottingham, Rome, Athens and the Azores island of Sao Miguel. The conference was founded by Prof. Marian Marciniak of the National Institute of Telecommunications (NIT) in Warsaw, where it was first held in 1999, at that time as a regional technical meeting. Since then, the ICTON has developed into an internationally renowned conference which receives technical co-sponsorship from IEEE (Photonics Society) and VDE/ITG. About 350 participants from 45 countries attended ICTON 2010.

The organization of ICTON 2010 started as early as 2008 with the search for a suitable conference venue. With support from Prof. Hagenauer, we were able to secure the Bavarian Academy of Sciences and Humanities, the location of the Turbo Symposium of 2006. The ICTON technical agenda features four paral-

lel sessions, so we had to find a fourth auditorium in addition to the Academy's plenary hall and two meeting rooms. We rented the "Einsäulen" hall (named after the prominent column in the room's center) in the Residenz complex.

The numerous tasks that come with the organization of such a conference (budget planning, sponsoring acquisition, advertisement, web presence, hotel reservations, technical equipment, delegates' bags, etc.) kept us constantly – but moderately – busy for a period of around 15 months before the event. A few weeks before the start of ICTON, however, the workload increased significantly. Eventually, in the two weeks before and during ICTON, nearly all LNT staff members were actively involved in the preparation and realization of ICTON. We are particularly grateful to the staff in our workshop and offices, without whose commitment the conference could not have been realized.

The NIT was in charge of ICTON's technical program and managed the paper submission and selection as well as the conference proceedings. A total of 350 contributions (talks and posters) were presented at ICTON 2010.

Munich presented itself in the best light to the delegates from all continents. In time for ICTON, the weather became sunny and warm. The Residenz summer festival,

which happened to be held at the same time in the Emperor's Court, contributed to the good atmosphere. With matches shown publicly in many places, so did the soccer world championship. Even the 1-4 defeat of the English team in their match against Germany could not trouble the spirits of the English ICTON participants much. However, this match may have contributed to a low turnout at the city tour, which was offered on Sunday evening. Those who came saw an interesting two-hour tour of Munich's historic city center, including a detour to the Residenz and Academy for the purpose of orientation.

On Monday, 28 June, the ICTON officially opened with a plenary session in the Academy's plenary hall, which was decorated with flowers and banners. The delegates, who reached the venue through the Herkules Hall stairway, did not fail to be impressed. As the General Chairman, Prof. Hanik welcomed the participants and the guests on the podium and gave the word to Prof. Hagenauer. As a TUM Emeritus of Excellence as well as chairman of the Academy's "Forum for Technology", he welcomed the delegates on behalf of both TUM and the Academy. The following address was delivered by Georg Fahrenschon, Bavarian State Minister of Finance. He gave a brief summary of the Residenz's history. Putting an emphasis on information



ICTON-Flaggen wehen vor dem Tagungsort



Lunch im Kabinetts Garten

and communication technology, he also stressed the significance of Bavaria as an economic and research center. Following a short address by Prof. Marciniak, Prof. Hagenauer went on to honor ICTON's Honorary Chairman, Prof. Unger, Emeritus of high frequency technology at TU Braunschweig, who was awarded an honorary doctorate by our faculty in 1985. On the occasion of this 25th anniversary, the doctorate was renewed with a document signed by both president and dean. Three technical plenary talks followed, given by Prof. Kazovsky (Stanford, USA), Prof. Sato (Nagoya, Japan) and Prof. De La Rue (Glasgow, UK). With that, the regular part of ICTON started. For four days, the participants presented new research results as well as review talks from a broad range of topics. This included optical networks and components, but also – for the first time – a “Workshop on Communication in Automotive Systems”. The proceedings are archived in IEEE Xplore and can be accessed online.

A trademark of ICTON is the extensive and attractive social program which gives the delegates plenty of opportunities for technical and personal exchange. The LNT was in full charge of this program's organization. We will now report some details of this logistic activity on unfamiliar terrain.

Coffee, tea, cold drinks and pastries were offered in the morning and in the afternoon in the “Spiegelgang”. In perfect weather, lunch was served in the Cabinet Garden of the Residenz. Our idea was to offer various dishes in small bowls and to have no seats and only few Bistro tables available, in order to motivate our guests to mingle more dynamically. This concept proved to be very successful and created a pleasant atmosphere with ample room for chats and discussions.

The Welcome Reception took place on Monday evening in the Court Garden at Café Tambosi, close to the conference venue. Various canapés were offered, followed by three kinds of pasta. The guests had a choice of many different drinks.

With that, the first day of ICTON ended and left its participants in a good mood.

Tuesday evening was reserved for the Conference Banquet Dinner. Once more in perfect weather, we welcomed the ICTON guests in the Augustinerkeller beer garden. A large terrace with beautifully set tables was reserved for us and offered our guests impressive views of the beer garden packed with 5000 guests. The atmosphere of a great summer's night, the delicious four-course dinner and the draught beer turned the evening into one of the highlights of ICTON 2010. Among the guests that night was our new institute head, Prof. Kramer, who could hopefully get a good first impression of his new home town.

Wednesday evening set another highlight of the social program. Traditionally, this is the day of the ICTON barbecue event. We were lucky to win the EESTEC student group, widely known for their barbecuing skills, for the organization and catering of this grill party. We thank the EESTEC students cordially for their big (voluntary!) commit-



Im Gespräch (v.l.): Prof. Hanik, Bayerns Finanzminister Fahrenschon, Prof. Hagenauer



Gäste auf dem Podium (v.l.): Hanik, Hagenauer, Unger, Marciniak, Fahrenschon

ment; it certainly emphasizes the excellent relationship of our department and its students. We could welcome almost 400 guests to the TUM campus, which was set with Bavarian beer garden tables. Among the guests were a number of LNT staff members dressed up in traditional Bavarian costumes. Various grilled meats, salads and drinks were offered. Attracted by the Bavarian and Bohemian brass music played by the 14 musicians of the Blaskapelle Stockdorf, a number of couples soon took to the dance floor. The dance group "d' Schwuhplattler" entertained the audience with demonstrations of the Bavarian „Schuhplattler“ dance in perfection.

On Thursday morning, we were ready to close a successful conference. We would like to pass the great praise we received from many participants on to everyone who contributed to a successful ICTON 2010 with great commitment.

We would also like to thank our "Gold Sponsor" Deutsche Telekom, as well as ADVA Optical Networking,

for the generous support. We wish ICTON 2011, which will be held in Stockholm, the same success.

Im Sommer 2010 hatte die TUM, vertreten durch den LNT, die Gelegenheit, die International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON) auszurichten. Zum ersten Mal wurde die ICTON damit in Deutschland veranstaltet.

Die ICTON findet jährlich an wechselnden Orten in Europa statt. Zuletzt wurde sie in Breslau, Barcelona, Nottingham, Rom, Athen und auf den Azoren veranstaltet. Die Konferenz geht zurück auf die Initiative von Prof. Marian Marciniak vom National Institute of Telecommunications (NIT) in Warschau, wo sie – zunächst als regionales Fachtreffen – 1999 zum ersten Mal stattfand. Seitdem hat sich die ICTON zu einer international anerkannten Konferenz entwickelt, die den IEEE (Photonics Society) und den VDE/ITG zu ihren Mitveranstaltern zählen kann. Zur ICTON 2010 konnten wir mehr als 350 Teilnehmer aus 45 Ländern in München begrüßen.

Die Planungen zur ICTON 2010 begannen bereits 2008 mit der Suche nach geeigneten Konferenzräumen. Durch die Vermittlungsbemühungen von Prof. Hagenauer gelang es, die Räume der Bayerischen Akademie der Wissenschaften als Tagungsort zu reservieren. Hierbei hat auch der gute Eindruck eine Rolle gespielt, den der LNT bei der Durchführung des

Turbo-Symposiums in den gleichen Räumen 2006 hinterlassen hat. Da das ICTON-Programm vier parallele Sitzungen vorsieht, musste neben Plenarsaal und den beiden Sitzungssälen der BAdW noch ein vierter Raum gesucht werden. Fündig wurden wir im Einsäulensaal der Residenz, der für die Konferenz zusätzlich angemietet wurde.

Die zahlreichen Aufgaben, die bei der Organisation einer solchen Tagung anfallen (Budgetplanung und Sponsorensuche, Werbung, Gestaltung einer Internetseite, Buchung von Hotelkontingenten, technische Ausstattung, Organisation der Verpflegung und des Abendprogramms, Packen der Teilnehmer-Taschen, etc.), ließen sich gut über einen Zeitraum von ca. 15 Monaten vor Beginn der ICTON verteilen. Erst wenige Wochen vor Beginn nahm die Arbeitsbelastung spürbar zu, bis schließlich in den beiden Wochen vor und während der ICTON fast alle LNT-Mitarbeiter aktiv in Vorbereitung und Durchführung involviert waren. Besonderer Dank gebührt den Mitarbeitern unserer Werkstatt sowie den Mitarbeiterinnen aus unseren Büros, ohne deren tatkräftigen Einsatz die Konferenz – insbesondere unter Berücksichtigung des zur Verfügung stehenden Budgets – nicht hätte gelingen können.

Die Verantwortung für das fachliche Programm der ICTON oblag dem Warschauer Institut NIT, das sich um die Auswahl der Beiträge und die Erstellung der Konferenzagenda kümmerte. Insgesamt wurden auf der ICTON 2010 über 350 Beiträge (Vorträge und Poster) präsentiert.

Den aus allen Kontinenten ange-reisten Teilnehmern der ICTON präsentierte sich München in Hochform. Pünktlich zu Beginn der Konferenz wurde das Wetter hochsommerlich warm. Das zufällig zeitgleich im Kaiserhof stattfindende Sommerfest der Residenz, vor allem aber die vielerorts öffentlich gezeigten Spiele der Fußball-Weltmeisterschaft sorgten für eine glänzende Stimmung unserer Besucher. Sogar das Abschneiden des englischen Teams, das am Vorabend der ICTON mit 1:4 gegen die deutsche Mannschaft verlor und aus-



Ehrung von Prof. Unger durch Prof. Hagenauer

schied, konnte den Konferenzteilnehmern von der Insel kaum die Laune verderben. Allerdings trug dieses Spiel wohl dazu bei, dass sich zu der am Sonntagabend angebotenen Stadtführung weniger Teilnehmer als geplant eingefunden haben. Den nicht fußballinteressierten Besuchern wurde eine zweistündige Altstadtführung geboten mit Abstecher zu Residenz und Akademie zum Zwecke der Orientierung.

Am Montagmorgen, den 28. Juni, wurde die ICTON dann feierlich mit einer Plenarsitzung im mit Blumen und eigens angefertigten Bannern festlich geschmückten Plenarsaal der BAdW eröffnet, den die sichtlich beeindruckten Teilnehmer über den großen Aufgang zum Herkulesaal erreichten. Prof. Hanik begrüßte in seiner Funktion als General Chairman die Teilnehmer und Podiumsgäste und übergab das Wort anschließend an Prof. Hagenauer, der als TUM Emeritus of Excellence sowie als Vorsitzender des „Forum Technologie“ der BAdW die Teilnehmer im Namen von TUM und Akademie willkommen hieß. Anschließend sprach der bayerische Finanzminister Georg Fahrenschon, in dessen Zuständigkeitsbereich die Verwaltung der Residenz fällt, ein zehnminütiges Grußwort in englischer Sprache. In diesem ging er auf die Geschichte der Residenz ein und betonte die Bedeutung Bayerns als Wirtschafts- und Wissenschaftsstandort auch und gerade für den Bereich der Informations- und Kommunikationstechnik. Nach der darauf folgenden kurzen Begrüßung durch Prof. Marciniak erhielt Prof. Hagenauer wieder das Wort. Ihm fiel die schöne Aufgabe zu, den ICTON Honorary Chairman, Herrn Prof. Unger, Emeritus für Hochfrequenztechnik der TU Braunschweig, zu ehren, der seit 1985 Ehrendoktor der Fakultät EI der TUM ist. Aus Anlass dieses 25-jährigen Jubiläums überreichte ihm Prof. Hagenauer eine von Präsident und Dekan unterzeichnete Urkunde, in der die Ehrendoktorwürde erneuert wird.

Im Anschluss folgten drei fachliche Plenarvorträge, gehalten von Prof. Kazovsky (Stanford, USA),

Prof. Sato (Nagoya, Japan) und Prof. De La Rue (Glasgow, UK). Nun konnte der reguläre Ablauf der ICTON beginnen. Über vier Tage präsentierten die Teilnehmer neueste Forschungsergebnisse sowie Übersichtsvorträge aus einem breiten Themenspektrum. Optische Netze und Komponenten waren hierbei ebenso vertreten wie – erstmals – auch ein „Workshop on Communication in Automotive Systems“. Die Tagungsbände sind in IEEE Xplore archiviert und können dort online abgerufen werden.

Ein Markenzeichen der ICTON ist das umfangreiche und attraktive Rahmenprogramm, das den Teilnehmern den fachlichen und persönlichen Austausch erleichtern soll. Die

9

Veranstaltungen

gesamte Organisation der Tagung lag in der Verantwortung des LNT. Es sei uns daher erlaubt, etwas detaillierter über diese logistische Leistung auf fachfremdem Gebiet zu berichten, die eigentlich nur Betriebswirtschaftlern zugetraut wird.

Jeweils vormittags und nachmittags hatten die Teilnehmer Gelegen-



Prof. Kramer im Gespräch mit seinen neuen Mitarbeitern M. Danzer und M. Kontny



Biergarten-Atmosphäre beim Conference Dinner (im Hintergrund Oliver Kahn)

9

Veranstaltungen

heit, sich im Spiegelgang mit Kaffee, Tee, kalten Getränken und Gebäckstücken zu stärken. Das Mittagessen wurde täglich bei strahlendem Sonnenschein im Kabinetts Garten der Residenz serviert. Hierbei erwies sich unser Konzept als voller Erfolg, verschiedene Gerichte in kleinen Schälchen anzubieten und auf Sitzplätze (und weitgehend auch auf Stehtische) zu verzichten, um unsere Gäste zu dynamischer Gruppenbildung zu motivieren. So entstand eine angenehme Atmosphäre, die viel Raum für Gespräche und Diskussionen bot.

Die „Welcome Reception“ fand am Montagabend unweit des Konferenzortes im Hofgarten am Café Tambosi statt. Serviert wurden zunächst verschiedene Canapés, anschließend drei unterschiedliche Sorten Pasta. Dazu wurden den Gästen diverse Getränke angeboten. So klang der erste Konferenztag bei guter Stimmung aus.

Der Dienstagabend war für das „Conference Dinner“ reserviert. Wiederum bei bestem Wetter empfingen wir die ICTON-Besucher im Biergarten des Augustinerkellers. Eine große Terrasse mit festlich eingedeckten Tischen war für uns reserviert und bot den Gästen einen beeindruckenden Blick über den mit 5000 Gästen voll besetzten Biergarten. Die sommerliche Stimmung, ein hervorragendes viergängiges Menü sowie das frisch vom Fass gezapfte Augustinerbier ließen den Abend zu einem Highlight der ICTON 2010 werden. Zu Gast war an diesem Abend auch unser neuer Ordinarius, Prof. Kramer, der so hoffentlich einen guten ersten Eindruck von seiner neuen Heimat bekommen hat.

Einen weiteren Höhepunkt des Rahmenprogramms stellte der Mittwochabend dar. An diesem Abend



Volksfeststimmung im TUM-Innenhof



d' Schwuhplattler: Schuhplatteln in Vollendung



Grillmeister: Studenten von EESTEC

findet traditionell das „ICTON Barbecue Event“ statt. Für die Ausrichtung dieser Grillfeier konnten wir die Studenten von EESTEC gewinnen, deren Kompetenz beim Grillen und Feiern bekanntermaßen über jeden Zweifel erhaben ist. Für ihr großes (ehrenamtliches!) Engagement danken wir den Studenten von EESTEC ganz herzlich; es bringt sicher auch das hervorragende Verhältnis unserer Fakultät und ihrer Student(inn)en zum Ausdruck. So konnten wir also an die 400 Gäste im mit Biergarten-garnituren bestückten TUM-Innenhof begrüßen, darunter einen Großteil der LNT-Mitarbeiter in bayerischer Tracht. Bewirtet wurden sie mit verschiedenem Grillgut, Salaten und Ge-

tränken. Die musikalische Gestaltung des Abends übernahm die 14-köpfige Blaskapelle Stockdorf, die die Besucher mit bayerischer und böhmischer Blasmusik begeisterte, so dass sich bald zahlreiche Paare zum Tanz einfanden. Einen Höhepunkt setzten die Einlagen der Gruppe „d’ Schwuhplattler“, die den staunenden Besuchern die Kunst des Schuhplattlens in Vollendung vorführten.

So konnten wir am Donnerstagvormittag eine erfolgreiche Konferenz ausklingen lassen, für die wir von vielen Seiten großes Lob erhalten haben. Dieses geben wir gerne an alle Beteiligten weiter, die mit großem Einsatz zum Gelingen der ICTON 2010 beigetragen haben.

Bedanken möchten wir uns auch bei unserem „Gold Sponsor“, der Deutschen Telekom, sowie bei ADVA Optical Networking für die großzügige Unterstützung.

Der ICTON 2011, die in Stockholm stattfinden wird, wünschen wir einen ebenso erfolgreichen Verlauf!



10

Internationale Beziehungen

10.1 Austauschprogramme

Klaus Eichin

In the following we present some cooperation projects with universities from abroad. The European Union's sponsorship programmes, NEWCOM++ and N-CRAVE, which were launched at the beginning of 2008 will be completed at the end of 2010. In addition we report here about the student exchange program SOKRATES and LNT's cooperation with the German Chinese University College (CDHK).

In diesem Kapitel werden Kooperationen zwischen dem Lehrstuhl für Nachrichtentechnik (LNT) und ausländischen Partneruniversitäten kurz umrissen. So gibt es seit Januar 2008 neue Aktivitäten des LNT in zwei von der Europäischen Union geförderten Forschungsprojekten namens NEWCOM++ und N-CRAVE. Beide Projekte werden Ende 2010 abgeschlossen.

Im Berichtszeitraum weitergeführt wurde der durch SOKRATES seit den 1990er Jahren geförderte Studentenaustausch in Europa. Insbesondere gibt es weiterhin gute Verbindungen zur renommierten Universität der Telecom Bretagne in Brest.

Ebenso wurde in den beiden letzten Jahren der Kontakt zum Chinesisch-Deutschen Hochschulkolleg (CDHK) stetig weiter gepflegt, das 1998 als ein Kooperationsprojekt der Tongji University in Shanghai und des Deutschen Akademischen Austauschdienstes (DAAD) gegründet wurde.

NEWCOM++

Im 7. Forschungsrahmenprogramm der Europäischen Union wird das von 2004 bis 2007 aufgebaute Exzellenznetzwerk „Network of Excellence in Wireless Communications“ seit 2008 unter dem Namen NEWCOM++ fortgeführt, an dem statt früher nur noch 17 europäische Universitäten teilnehmen. Die Fokussierung liegt auf einer vertieften Integration der Forschungstätigkeiten zu fundamentalen interdisziplinären Themen aus dem Gebiet drahtloser Netzwerke. Besonderes Gewicht wird neben der Kooperation auf Austausch und Veröffentlichung der Forschungsergebnisse gelegt. Das Projekt ist gegliedert in sogenannte Work Packages.

Der Lehrstuhl für Nachrichtentechnik führt das Research Working Package WPR.5 „Coding for Multi-Hop Wireless Networks“ und konnte hier mit vielen wissenschaftlichen Beiträgen und durch Forschungsaufenthalte bei den Partnern beitragen. Die Verantwortlichen der LNT-Seite waren Danail Traskov und Michael Heindlmaier.

N-CRAVE

Auch dieses Forschungsprojekt mit dem Titel „Network Coding for Robust Architectures in Volatile Environments“ wird durch die Europäische Union gefördert. Beteiligt sind sieben Partner aus Industrie und Hochschulen. Es soll die Machbarkeit und die Leistungsfähigkeit des Ein-

10.1 Austauschprogramme

10.2 Forschungsaufenthalte von Angehörigen des LNT

10.3 Vorträge von Gästen

satzes der Netzcodierung untersucht und im praktischen Versuch (Testbed) dargestellt werden.

Der LNT ist thematisch intensiv in das Work Package „Foundational Aspects of Network Coding“ eingebunden. Er konnte seine Forschungsergebnisse auf den N-CRAVE-Meetings in Paris, Brüssel und Barcelona vorstellen. Der Koordinator dieses EU-Projekts ist Tobias Lutz.

SOKRATES-Studentenaustausch

SOKRATES/ERASMUS ist das bewährte Förderprogramm für den Studentenaustausch innerhalb der Europäischen Union. Der LNT pflegt hierbei unter anderem den Kontakt mit der ENST de Bretagne in Brest, die seit 2008 unter *Telecom Bretagne* firmiert. Mit dieser renommierten Grand École gibt es seit 1998 ein Doppeldiplomabkommen.

Im Berichtszeitraum wurde der Austausch weiter intensiv genutzt. Wieder fanden allein 13 Studierende der Telecom Bretagne den Weg zu uns, davon vier Kandidaten für das Doppeldiplom. Im Gegenzug konnten wir vier TUM-Studenten an die Telecom Bretagne entsenden, wobei Christian Schultz und Franziska Hubert als Doppeldiplomkandidaten erfolgreich waren.

Doppelmaster CDHK-TUM

Schon in früheren Heften gab es ausführliche Berichte über das Chinesisch-Deutsche Hochschulkolleg, das 1998 als eine Kooperation zwischen dem Deutschen Akademischen Austauschdienst (DAAD) und der Tongji University Shanghai entstand. Im März 2009 waren Dr. Klaus Eichin und Florian Breyer in Shanghai und im April 2010 Prof. Norbert Hanik. Sie hielten am CDHK jeweils eine einwöchige Blockvorlesung mit dem Titel „Ergänzende Kapitel zur Kommunikationstechnik“.

2009 und 2010 haben drei Studierende aus China – Qi Zhuang, Gu Ning und Yuqi Ding – ihre Master Thesis am LNT ausgeführt und so neben dem Abschluss der Tongji-Universität zugleich den Mastergrad der TU München erworben.

10.2 Forschungsaufenthalte von Angehörigen des LNT

Jie Hou, Georg Zeitler, Leonardo Coelho, Bernhard Göbel, Stephan Hellerbrand und Günter Söder

In the last two years, several of our research assistants took part in academic visits to various international universities or research institutes. The places visited were the Bell Labs in Holmdel (New Jersey), the MIT in Cambridge-Boston and the universities in Urbana-Champaign/Illinois, Los Angeles, Porto (Portugal), Copenhagen (Denmark) and Melbourne (Australia).

In den letzten beiden Jahren gab es eine rege Reisetätigkeit unserer Professoren und wissenschaftlichen Mitarbeiter. Viele dieser Auslandsreisen hingen mit Fachtagungen zusammen; diese sind in Kapitel 8.2 zusammengestellt. Weitere Auslandsreisen ergaben sich durch die von der EU geförderten Projekte N-CRAVE und NEWCOM++ (siehe Kapitel 7.6 und 7.7) und durch die Mitwirkung von Prof. Hagenauer und Prof. Hanik bei Promotionsverfahren an ausländischen Universitäten.

Ausführlicher wird hier über längere Forschungsaufenthalte unserer Mitarbeiter an ausländischen Forschungseinrichtungen und Universitäten berichtet, oft bei der Institution

des Zweitgutachters der Promotion. Vom Lehrstuhl für Nachrichtentechnik (LNT) ist zu berichten:

- Tobias Lutz besuchte im Oktober 2008 Prof. João Barros an der Universität Porto. Sein Diplomand Hannes Bartz erarbeitete große Teile seiner Arbeit ebenfalls in Porto (Januar/Februar 2010).
- Michael Heindlmaier war von August bis Oktober 2009 als Gastwissenschaftler am Massachusetts Institute of Technology (MIT) in Cambridge, Boston, und forschte intensiv mit Prof. Muriel Médard.
- Jie Hou arbeitete von Februar bis Mai 2010 bei Prof. Gerhard Kramer an der University of Southern California (USC) in Los Angeles (siehe Seite 105).
- Georg Zeitler war vom 01.03. bis 15.05.2010 bei Prof. Andrew Singer an der University of Illinois at Urbana-Champaign (UIUC), der früheren Wirkungsstätte von Prof. Kötter (siehe Seite 106).
- Mohit Thakur besuchte Prof. Muriel Médard vom 11.03. bis 10.06.2010 am Massachusetts Institute of Technology. Bereits im Herbst 2008 war er dort für 6 Wochen.

Auch vier Mitarbeiter von Prof. Hanik im Fachgebiet Leitungsgebundene Übertragungstechnik (LÜT) waren bei renommierten Institutionen:

- Leonardo D. Coelho war im Mai und Juni 2009 als Gast von Prof. Peucheret am Department of Photonics Engineering der Technical University of Denmark (DTU) in Kopenhagen (siehe Seite 107).
 - Stephan Hellerbrand war von Mai bis Juli 2009 Gastwissenschaftler in der Optical Networks Group am University College London (UCL), die von Prof. Polina Bayvel geleitet wird (siehe Seite 108).
 - Bernhard Göbel forschte auf Einladung von Peter Winzer von Juni bis September 2009 im berühmten Bell Labs Crawford Hill Laboratory in Holmdel in New Jersey nahe New York (siehe Seite 109).
 - Oscar Gaete besucht vom 20.09. bis 12.12.2010 das Department of Electrical and Electronic Engineering (Prof. William Shieh) an der University of Melbourne.
- Es folgen Berichte von 5 Mitarbeitern mit fachlichen, aber auch mit persönlichen Erfahrungen.

Jie Hou über seinen Forschungsaufenthalt in Los Angeles, USA

In winter 2010, I spent three months as a visiting researcher at the Institute for Communication Sciences at the University of Southern California (USC) in Los Angeles, USA. The research work at the USC ranges from theoretical investigations such as finding information theoretical bounds for various system models to practical implementations of error correcting codes with good performance for real communication systems.

Joint work was performed with Prof. Gerhard Kramer in the area of multi-user information theory, particularly, the multiple access relay channel (MARC) with feedback. New outer bounds of capacity region were found using dependence balance bound (DBB). In detail, we at first investigated the possibility of applying the approach proposed by Ozarow for the white Gaussian multiple access channel (MAC) to the MARC in order to achieve the capacity for the MARC. Soon we realized that since our code was based on the feedback from the relay, which is not available at the receiver, it is impossible for the receiver to track down the entire code tree.

In other words, we found out that it is impossible to achieve the cut-set outer bound with Ozarow's approach. However, since cut-set outer bounds are usually not tight, we tried to get some potentially tighter outer bounds for the MARC using DBB. Using a novel technique which circumvents the somewhat „annoying“ functional relations among the random variables in the original proof of DBB by Willems, we were able to achieve the desired results.

My stay did not only give me the opportunity to establish a research collaboration with Prof. Kramer, but it also made possible for me to discover a fascinating city full of attractive sights and cultural activities.

Im Sommer 2010 besuchte ich als Gastwissenschaftler die University of Southern California (USC) in Los Angeles, der zweitgrößten Stadt in den Vereinigten Staaten. Die Universität

befindet sich in Down Town Los Angeles und bietet direkte Einblicke in das typische alltägliche Leben in einer amerikanischen Großstadt.

Ich hatte das Glück, ein Zimmer in einem Studentenwohnheim nahe der Universität zu bekommen. Dies bescherte mir nicht nur einen kurzen Weg zu meinem Arbeitsplatz, sondern durch Gespräche mit meinen zwei amerikanischen Mitbewohnern bekam ich auch einen guten Einblick in die lokale Kultur.

Während meines dreimonatigen Aufenthalts war ich am Institute for Communication Sciences, das sich sowohl mit theoretischen Untersuchungen – beispielsweise die Suche nach theoretischen Grenzen für unterschiedliche Systemmodelle – als auch mit praktischen Implementierungen von fehlerkorrigierenden Codes mit großem Erfolg beschäftigt.

Personell umfasst das Institut 13 Professoren, zwei Postdoktoranden und mehrere Doktoranden. Des Weiteren forschen einige Studenten unter der Betreuung der Professoren für ihre Masterarbeit.

Zunächst habe ich gemeinsam mit Prof. Kramer versucht, den Ansatz von Ozarow für den Multiple Access Channel (MAC) bei weißem Gaußschen Rauschen auch für den Multiple Access Relay Channel (MARC) anzuwenden, um die genaue Kapazität dieses Kanalmodells zu finden.

Wir haben dabei festgestellt, dass es unmöglich ist, für den Empfänger den gesamten Codebaum zu verfolgen. Der Grund hierfür ist, dass unser Code auf der Rückführung vom Relais basiert, die beim Empfänger nicht verfügbar ist. Da aber die Cut-Set Outer Bounds meist keine engen Grenzen angeben, haben wir danach versucht, mit dem Ansatz „Dependence Balance Bound“ (DBB) eine genauere äußere Schranke zu erhalten. Mit einer neuen Beweismethode, die die ungünstigen funktionalen Beziehungen zwischen den Zufallsvariablen in dem ursprünglichen DBB-Beweis von Willems umgeht, ist es gelungen, die erwünschte Schranke anzugeben.

10

Internationale
Beziehungen

Neben den ausgezeichneten Möglichkeiten zur fachlichen Kooperation bietet Los Angeles zahlreiche Sehenswürdigkeiten und kulturelle Events. Es gibt Berge, die das ganze Jahr über schneebedeckt und bei Skifahrern sehr beliebt sind. Daneben ist der Santa Monica Beach zu erwähnen, der von vielen kleinen stilvollen Gebäuden umgeben ist und auch durch den Film „Forrest Gump“ weltweit bekannt wurde.

Natürlich darf man Hollywood nicht vergessen. Dort laufen nicht selten die Stars einfach so auf den Straßen und wenn man Glück hat, bekommt man ein Autogramm oder gar ein Foto. Da Los Angeles direkt am Meer liegt, gibt es auch zahlreiche Fische und andere Meerestier mit deutlich höherer Qualität als das Angebot in Deutschland.

Die Sicherheitslage habe ich während meines gesamten Aufenthalts als sehr stabil empfunden, deutlich sicherer, als ich nach den vorherigen Warnungen erwartet hatte. Ich habe mich zu keinem Moment bedroht gefühlt und war darüber hinaus auch erstaunt, wie schnell man sich an die ständigen Sicherheitskontrollen auf den Straßen in der Nähe der Universität gewöhnt.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass der dreimonatige Forschungsaufenthalt in Los Angeles für mich nicht nur fachlich wertvoll war, sondern mir auch die gesamte amerikanische Kultur nähergebracht hat. Die Amerikaner sind sehr offen. Auch bei unterschiedlichen Meinungen kann man über alles offen diskutieren. Und wenn einer wirklich fleißig arbeitet, wird er auch entsprechend belohnt, ganz egal, woher er kommt. Dies ist wohl der entscheidende Faktor, warum in den USA so viele Immigranten leben.

In spring 2010, I spent three months as a visiting researcher at the University of Illinois at Urbana-Champaign (UIUC), which is among the five top-ranked engineering schools in the United States. At UIUC, I worked at the Coordinated Science Laboratory (CSL), a multi-disciplinary research laboratory affiliated with the UIUC that focuses on information technology, computing, control and communications. While at UIUC, joint work was performed with Prof. Andrew Singer on the design of low-precision analog-to-digital converters using mutual information as a design criterion.

Im Frühling 2010 hatte ich die Gelegenheit, die University of Illinois in Urbana-Champaign (UIUC) als Gastwissenschaftler zu besuchen. Urbana und Champaign liegen etwa 220 km südlich von Chicago im 1818 gegründeten Bundesstaat Illinois und umschließen förmlich den weitläufigen Campus der Universität. Die UIUC ist eine staatliche Hochschule an den Standorten Chicago, Springfield und eben in Urbana-Champaign. Dieser 1867 gegründete Campus ge-

Georg Zeitler über seinen Forschungsaufenthalt in Urbana-Champaign

hört zu einer der bedeutendsten Universitäten der USA.

Illinois hat sehr fruchtbare Böden, die überwiegend zum Soja- und Maisanbau (*Corn Belt*) genutzt werden, was besonders im Sommer bei der Fahrt von Chicago nach Champaign durch endlos erscheinende Maisfelder deutlich wird. Die UIUC stellt mit ihren knapp 50.000 Studenten und Mitarbeitern und einem Jahresetat von knapp 1.5 Milliarden USD den Hauptwirtschaftsfaktor im Großraum Urbana-Champaign dar.

In den Ingenieurwissenschaften ist die UIUC eine der besten Universitäten der USA, aber auch die Programme in Informatik, Rechnungswesen sowie Bibliotheks- und Informationswissenschaften belegen regelmäßig Spitzenpositionen bei US-Hochschulrankings. Neben zahlreichen Gründungen bekannter Unternehmen wie AMD, PayPal und YouTube durch Alumni der UIUC wurden außerdem 21 Alumni und Fakultätsmitarbeiter mit dem Nobelpreis ausgezeichnet – hier sei nur exemplarisch John Bardeen aufgeführt, der Miterfinder des Transistors. Außerdem findet sich in Urbana-Champaign die drittgrößte Universitätsbibliothek der USA, ein ausgezeichnetes Sport- und Freizeitangebot und ein für amerikanische Verhältnisse ausnehmend gutes öffentliches Nahverkehrssystem.

Während meines dreimonatigen Aufenthaltes arbeitete ich in der Gruppe von Prof. Andrew Singer am

Coordinated Science Laboratory (CSL), ein auf Informationstechnologie fokussiertes multidisziplinäres Forschungszentrum. Dort forschen ca. 120 Professorinnen und Professoren mit ihren Doktoranden und Postdoktoranden in insgesamt acht Forschungsgruppen. Ein wesentlicher Unterschied zum deutschen System ist, dass Doktoranden keine Administrations- oder Lehrverpflichtungen (Betreuung von Vorlesungen oder Masterarbeiten) haben. Diese Aufgaben übernehmen ausschließlich die Professoren und Postdoktoranden.

Prof. Singer betreut am CSL fünf Doktoranden; außerdem ist er Direktor des Technology Entrepreneur Centers an der UIUC, das unternehmerisches Denken und Firmengründungen durch Vorlesungen und Businessplan-Wettbewerbe fördert.

Die Eingewöhnung in Urbana-Champaign und an der UIUC verlief problemlos, da ich die Stadt und die Universität bereits von meiner Zeit als Masterstudent (2005–2007) kannte, während der ich ebenfalls mit Prof. Singer arbeitete.

Bei diesem Besuch ging es um den Entwurf von Analog-zu-Digital-Wandlern für die Übertragung über frequenzselektive Kanäle. Im Gegensatz zu konventionellen Entwurfsverfahren, die darauf abzielen, das Signal durch die Quantisierung möglichst genau zu reproduzieren, soll in dieser Arbeit die Transinformation zwischen der gesendeten Bitfolge und dem Quantisiererausgang als Gütekriterium dienen. Es zeigt sich, dass dieser Ansatz besonders bei niedriger Quantisiererauflösung von einem oder zwei Bit pro Abtastwert Vorteile bringt [1].

Ich danke dem LNT für die Finanzierung dieses für mich fruchtbaren Forschungsaufenthalts. Mit Prof. Singer stehe ich weiterhin in regem wissenschaftlichen Austausch.



Blick über den Bardeen Quadrangle zur Universitätsbibliothek.

[1] Zeitler, G.: Low-Precision Analog-to-Digital Conversion and Mutual Information in Channels with Memory. In: *Proc. 48th Annual Allerton Conference on Communication, Control, and Computing*, 2010

Leonardo Coelho über seinen Forschungsaufenthalt in Dänemark

In summer 2009 I spent two months at the Department of Photonics Engineering (Fotonik) at the Technical University of Denmark (DTU) as a visiting researcher.

The DTU was founded in 1829 at the initiative of Hans Christian Ørsted as Denmark's first polytechnic, and is today ranked among Europe's leading engineering institutions, and the best engineering university in Scandinavia. It has its campus in Lyngby, a small city 30 minutes by train from Copenhagen.

I stayed in a big house close to Vedbæk, a small town on the Øresund coast. It used to be a summer house for nurses, but today it is the home of five Danish families. Every day we all had dinner together in a big old-fashioned kitchen and on several occasions I could taste the best of the Danish Cuisine. The house lies somewhat far from the DTU, but I really enjoyed the 30 minutes trip by bus along the coast and also swimming and kayaking in the Øresund.

During two months at the DTU Fotonik, I worked with Prof. Christophe Peucheret in the high-speed optical communications group. Most of their research activities are conducted in the areas of ultra-fast serial optical communication systems, including signal generation, transmission, processing and detection, as well as implementation of the physical layer in core and metropolitan networks including modulation formats studies and optical switching.

The group is composed of five professors and several master and Ph.D. students working on projects related to their thesis topic. I worked on one of these projects, which deals with all-optical signal regeneration using fiber-optic parametric amplifiers (FOPAs). The main idea is to use the FOPA to periodically regenerate the amplitude of DPSK signals, which results in reduced accumulation of nonlinear phase noise. In order to investigate the response of the FOPA under high noise levels and power, an experimental set-up was built to transmit 40 Gbit/s DPSK signals. We concluded that the beating between

signal and noise in the FOPA is negligible.

One of the key elements of the FOPA is a highly non-linear fiber (HNLF), which could be easily obtained from other groups at the DTU Fotonik. Moreover, the laboratories are equipped with state-of-the-art equipment, which makes the set-up of an experiment more reliable. The DTU Fotonik also invites leading researchers in Photonics to give talks or even stay for a long period of time.

In addition to the excellent working conditions, there are several other activities that are sponsored or supported by the DTU Fotonik, like football or running. Every Friday students and professors get together in the "FridayBar", where the first beer is sponsored by the DTU Fotonik.

Overall I can say I had a very good time in Denmark. I still have contact with my friends there and I wish we will soon have the opportunity of working together again.

Im Sommer 2009 verbrachte ich als Gastwissenschaftler zwei Monate am *Department of Photonics Engineering* (Fotonik) an der Technical University of Denmark (DTU). Die DTU wurde 1829 auf Initiative von Hans Christian Ørsted als Dänemarks erstes Polytechnikum gegründet und wird heute als eine der führenden Ingenieurinstitutionen Europas eingestuft und als die beste Technische Universität in Skandinavien. Sie hat ihren Campus in Lyngby, einer kleinen Stadt 30 Minuten mit dem Zug von Kopenhagen.

Ich wohnte in einem großen Haus in der Nähe von Vedbaek, einer kleinen Stadt auf der Öresund-Küste. Früher war es ein Sommerhaus für Krankenschwestern, aber heute ist es das Zuhause von fünf dänischen Familien. Jeden Tag hatten wir ein gemeinsames Abendessen in einer großen Küche und bei mehreren Gelegenheiten konnte ich das Beste aus der dänischen Küche probieren. Das Haus liegt etwas weit von der DTU, aber ich habe wirklich täglich die

10

Internationale
Beziehungen

30 Minuten Fahrt mit dem Bus entlang der Küste genossen und auch das Schwimmen und Kajakfahren im Øresund.

Während der zwei Sommermonate in der DTU Fotonik arbeitete ich mit Prof. Christophe Peucheret in der *High-Speed Optical Communications Group*. Die meisten Forschungsaktivitäten dieser Gruppe liegen in den Bereichen der ultra-schnellen seriellen optischen Übertragungstechnik, einschließlich der Erzeugung, Übertragung, Verarbeitung und Detektion. Die Gruppe setzt sich aus fünf Professoren und mehreren Master- und Ph.D.-Studenten zusammen, die an verschiedenen Projekten beteiligt sind.

Ich arbeitete bei Projekten mit, die sich mit rein optischer Signalregeneration mittels parametrischen Faserverstärkern (FOPAs) befassen. Die Hauptidee ist, die FOPA dazu zu verwenden, um die Amplitude des DPSK-Signals in regelmäßigen Abständen zu regenerieren, was die Akkumulierung von nichtlinearem Phasenrauschen reduziert. Um die Reaktion der FOPA bei hohem Rauschpegel zu untersuchen, wurde ein Experiment aufgebaut, bei dem DPSK-Signale mit 40 Gbit/s übertragen werden. Dabei hat sich gezeigt, dass die Interaktion zwischen Signal und Rauschen in der FOPA vernachlässigbar ist. Eines der Schlüsselemente des Faserverstärkers ist eine stark nichtlineare Faser (*High Non-Linear Fiber HNLF*).

Insgesamt kann ich sagen, dass ich in Dänemark eine sehr gute Zeit hatte und auch viel für meine eigene Arbeit gelernt habe. Ich halte immer noch Kontakt mit meinen Freunden in Kopenhagen und ich hoffe, dass wir in nächster Zeit wieder zusammen arbeiten können.

In summer 2009, I spent three months as a visiting researcher at the University College London (UCL). Apart from its impressive history the college is also one of the European hubs of excellent research on optical communication systems due to the Optical Networks Group (ONG), which is headed by Prof. Polina Bayvel. In this group, various aspects of optical communication systems are investigated ranging from optical components to signal processing techniques. Within this broad range of topics special emphasis is laid upon a well balanced mix of theoretical and laboratory work.

During my time in London I was involved in research on signal processing schemes for compensation of nonlinear fiber effects in next generations' coherent optical transmission systems. One focus of my work was the theoretical confirmation of laboratory measurements by means of numerical system simulations. In addition to that, I worked on the generation of high symbol rate optical modulation formats in the ONG laboratory.

In summary, my visit to London was a great success. Apart from the good research and being around the nice group of people from ONG I really enjoyed living in this exciting city.

Im Sommer 2009 verbrachte ich drei Monate am University College London (UCL). Während dieser Zeit arbeitete ich als Gastwissenschaftler in der Optical Networks Group (ONG) von Prof. Polina Bayvel.

Das UCL wurde 1826 gegründet, um als erste Hochschule in England den Zugang zu höherer Bildung für alle Menschen zu ermöglichen, unabhängig von Glaube und sozialer

Stephan Hellerbrand über seinen Forschungsaufenthalt in London

Herkunft, so zu sagen als Gegenpol zu den beiden damals bereits existierenden Universitäten von Oxford und Cambridge. Seit der Gründung hat sich das UCL als eine der weltweit führenden Universitäten etabliert. Von der Größe her ist das UCL mit ca. 22.000 Studenten ungefähr mit der TU München vergleichbar.

Der Hauptcampus des UCL liegt im Londoner Stadtteil Bloomsbury, mitten im Zentrum von London, und die meisten großen Sehenswürdigkeiten sind zu Fuß gut erreichbar. Angesichts der hohen Mietpreise in London war es mir – wie übrigens den meisten anderen Kollegen am UCL – nicht möglich, in der Nähe des Colleges zu wohnen. Zum Glück konnte ich während meines Aufenthalts relativ kostengünstig die Wohnung eines Freundes in Lewisham, einem Stadtteil im Südosten von London, mitbenutzen. Um zum UCL zu kommen, musste ich mich deshalb jeden Morgen der Masse von Pendlern anschließen, die in die Büros in der Innenstadt und im Finanzdistrikt unterwegs war – im Vergleich zum Alltag in München ein besonderes Erlebnis.

Die Optical Networks Group von Prof. Bayvel beschäftigt sich mit den verschiedensten Aspekten von optischen Übertragungssystemen und hat sich im Laufe der Zeit durch ihre Forschungsarbeit einen exzellenten Ruf auf diesem Gebiet erarbeitet. Die Themengebiete reichen von optischen Systemkomponenten über die Systemanalyse bis hin zur digitalen Signalverarbeitung für hochbitratige Übertragungstrecken. Die Gruppe verfügt über ein ausgezeichnetes Labor und kann so die theoretischen Arbeiten durch praktische Messungen ergänzen.

Der Kontakt kam über Prof. Hanik zu Stande, der Prof. Bayvel bereits aus gemeinsamen Forschungsprojekten mit der Deutschen Telekom kannte. Die Idee für eine Zusammenarbeit entstand dadurch, dass sowohl am UCL als auch am LNT ein Schwerpunkt auf dem Thema „Signalverarbeitung für optische Übertragungssysteme“ liegt. Neben

den Algorithmen zur Verarbeitung wurden am LNT auch entscheidende Arbeiten zur effizienten Simulation solcher Systeme geleistet, weshalb ich die ONG auf diesem Gebiet unterstützen konnte.

Die Gruppe um Prof. Bayvel beschäftigt sich in letzter Zeit schwerpunktmäßig mit Untersuchungen zu kohärenten optischen Übertragungssystemen. Während meines Aufenthalts wurden Messungen von QPSK-Signalen im Polarisationsmultiplex bei 43 Gbit/s und 85 Gbit/s dazu genutzt, den „Nonlinear Back-Propagation“ Algorithmus zur Kompensation von Fasernichtlinearitäten zu evaluieren.

Dabei wurde gezeigt, dass die nichtlineare Kompensation im Vergleich zur rein linearen Verarbeitung fast eine Verdoppelung der Systemreichweite ermöglicht. Die experimentellen Ergebnisse wurden zudem durch numerische Systemsimulationen bestätigt. Das Resultat unserer gemeinsamen Studien konnte im Anschluss veröffentlicht werden.

Neben der produktiven Zusammenarbeit mit meinen Kollegen vom UCL habe ich besonders die familiäre Atmosphäre genossen. Es gab viele Gelegenheiten, bei denen man alle Kollegen der Gruppe kennenlernen konnte, sei es das EE Barbecue, das gemeinsame Mittagessen oder auch die „Garden parties“ bei Prof. Bayvel. Gemäß Londoner Sitte ging man nach getaner Arbeit auch öfters noch mit den Kollegen ins Pub. Mein Versuch, ein Stück bayrische Kultur in Form eines Weißwurstessens nach London zu bringen, fand dabei auch großen Anklang.

Auch außerhalb des UCL habe ich den Aufenthalt in England sehr genossen. Ich hatte die Gelegenheit, London und dessen (weitere) Umgebung besser kennenzulernen, unter anderem durch Ausflüge nach Bath, zur Isle of Wight und zum Tennisturnier nach Wimbledon.

Ich möchte mich bei Prof. Bayvel und den Kollegen vom UCL für die nette Zusammenarbeit, sowie bei Prof. Hanik für die Unterstützung meines Vorhabens bedanken.

Bernhard Göbel über seinen Forschungsaufenthalt bei Bell Labs

To everyone working in information theory, Bell Labs are known as Claude Shannon's workplace. Inventions such as the transistor, the CCD sensor, the UNIX operating system and the C programming language are further examples of the glorious past of this institution, which shaped the technical development in the 20th century like no other. After Lucent was spun off from AT&T and after its subsequent merger with Alcatel, Bell Labs are today the research and development unit of Alcatel-Lucent. They remain a premier research institution, particularly in optical communications, despite severe cuts which include the closing of the Holmdel Complex, at one time home to over 5000 scientists.

I was excited when I was offered a three-month research stay at Bell Labs' Crawford Hill Laboratory in Holmdel, NJ. Besides many other topics, the information theory of optical channels and networks is actively investigated at this site. This gave me the opportunity to spend the summer 2009 working with René-Jean Essiambre und Peter Winzer on the development of partially coherent channel models that can be used to determine the capacity of nonlinear fiber-optic channels. Additionally, we worked on the analysis of spectrally efficient modulation schemes.

What impressed me most – besides the outstanding equipment in the optical labs and the broad range of research topics covered at Bell Labs – was the friendly way in which I was received by the staff. Especially the scientific „celebrities“ (of which Bell Labs has quite a few) showed interest in my ideas and questions and enjoyed technical discussions. I had the opportunity, for instance, to discuss aspects of phase noise with Gerard Foschini. Another lasting memory is a meeting with Henry Landau in Murray Hill, who told us about his time working with Claude Shannon and about his research work on time- and band-limited functions (with D. Slepian und H. Pollak).

I joined a group of Bell Labs staff members who plays soccer on Crawford Hill once a week right next to the famous Horn Antenna. By coincidence, A. Penzias and R. Wilson discovered the microwave background radiation in 1965 with this antenna, thus providing evidence for the “Big Bang” theory. They received the Nobel price for physics in 1978 in recognition of their discovery.

The great time I had in the USA was completed by numerous visits to New York, the proximity of the scenic Atlantic coast, a weekend trip to Montreal and the opportunity to meet old friends I had not seen since my last stay in New Jersey.

Die Bell Laboratories sind jedem Informationstheoretiker als Wirkungsstätte Claude Shannons bekannt. Die Erfindung des Transistors, des CCD-Sensors, des Betriebssystems UNIX und der Programmiersprache C sind nur einige weitere Beispiele der ruhmreichen Vergangenheit dieser Institution, die wie kaum eine andere die technische Entwicklung im 20. Jahrhundert mitgestaltet hat. Heute sind die Bell Labs (nach Abspaltung der Lucent Technologies von AT&T und der Fusion mit Alcatel) die Forschungsabteilung von Alcatel-Lucent. Trotz schmerzhafter Einschnitte, etwa der Schließung des Holmdel Complex, in dem zeitweise weit mehr als 5000 Wissenschaftler gearbeitet haben, sind die Bell Labs nach wie vor eine der bedeutendsten Forschungseinrichtungen im Bereich der optischen Nachrichtentechnik.

Entsprechend groß war meine Begeisterung, als mir ein dreimonatiger Forschungsaufenthalt im Bell Labs Crawford Hill Laboratory in Holmdel, New Jersey, angeboten wurde. Dort wird neben vielen anderen Themen intensiv an der Informationstheorie optischer Kanäle und Netze geforscht. So hatte ich im Sommer 2009 die Gelegenheit, mit René-Jean Essiambre und Peter Winzer an der Erforschung partiell-kohärenter Kanalmodelle zu arbeiten, anhand derer sich die Kapazität nichtlinearer

10

Internationale
Beziehungen

faseroptischer Kanäle bestimmen lässt. Ein weiterer Schwerpunkt unserer Zusammenarbeit bestand in der Analyse spektral effizienter Modulationsformate.

Neben der hervorragenden Ausstattung der optischen Labore und dem breiten Spektrum der an den Bell Labs bearbeiteten Themen war es vor allem der Umgang der dort tätigen Forscher mit mir, der mich beeindruckt hat. Auch und gerade die wissenschaftlichen Berühmtheiten, an denen an den Bell Labs wahrlich kein Mangel herrscht, zeigten stets Interesse an meinen Ideen und Fragen und hatten Freude an der fachlichen Diskussion. So hatte ich zum Beispiel Gelegenheit, mich mit Gerard Foschini ausführlich über Aspekte von Phasenrauschen auszutauschen. Eindrücklich in Erinnerung bleibt mir auch ein Treffen mit Henry Landau in Murray Hill, der von seiner Zusammenarbeit mit Shannon und seinen Arbeiten an zeit- und bandbegrenzten Funktionen (mit D. Slepian und H. Pollak) berichtete.

Freundlich aufgenommen wurde ich auch in die Gruppe von Mitarbeitern, die sich wöchentlich auf dem Crawford Hill zum Fußballspielen neben der berühmten Horn Antenna treffen. Mit dieser Antenne wiesen A. Penzias und R. Wilson 1965 durch Zufall die kosmische Hintergrundstrahlung nach und bestätigten so die Urknalltheorie; hierfür erhielten sie 1978 den Physik-Nobelpreis.

Zahlreiche Besuche in New York, die Nähe der schönen Atlantikküste, ein Wochenende in Montréal und Wiedersehen mit alten Bekannten, die ich seit meinem letzten Aufenthalt in New Jersey nicht mehr getroffen hatte, rundeten meine Zeit in den USA auch auf nichtfachlicher Ebene zu einem großen Erlebnis ab.

Nebenstehend sind diejenigen 11 Vorträge von Besuchern des Lehrstuhls für Nachrichtentechnik zusammengestellt, die nicht im Rahmen der in Kapitel 3.5 und 3.6 aufgeführten Seminare gehalten wurden.

Die Vorträge am 17.07.2009 liefen im Rahmen des Jubiläumssymposiums „40 Jahre SFB 50 – Kybernetik“.

10.3 Vorträge von Gästen

- 26.01.2009 Dr. Sebastian Randel, Siemens AG München:
Entwicklung des Zugangsnetzes vom Kupfernetz zum Glasfasernetz
- 25.03.2009 Prof. Dr. Jörg Kliewer, New Mexico State University (NMSU), Las Cruces, USA:
Network Coding – Eine Übersicht und neue Ergebnisse
- 17.07.2009 Prof. (em.) Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Hans Marko, TU München:
Die Anfänge des SFB 50 in München
- 17.07.2009 Prof. Dr.-Ing. Josef P. Rauschecker, Georgetown Institute for Cognitive & Computer Sciences, Washington, DC, USA:
Neurophysiologie – einst und jetzt
- 17.07.2009 Prof. Dr.-Ing. Hugo Fastl, Lehrstuhl für Mensch-Maschine-Kommunikation, TU München:
Moderne Psychoakustik und ihre Wurzeln im Sonderforschungsbereich Kybernetik
- 17.07.2009 Prof. Dr.-Ing. Helmut Glünder, München:
Was war, was wurde? Zu Untersuchungen des visuellen Systems, damals bis heute
- 17.07.2009 Prof. Dr. Leo van Hemmen, Fakultät Physik, TU München:
Die kybernetische Perspektive: Jetzt erst recht
- 17.07.2009 Dr. Philipp Aumann, München:
Die Rolle der DFG-Programme für das Kybernetikbild in der Bundesrepublik
- 21.07.2009 Dr. Jörg Widmer, DOCOMO Euro-Labs, München:
Effective Delay Control for Online Network Coding
- 25.01.2010 Dr. Sebastian Randel, Siemens AG München:
Entwicklung des Zugangsnetzes vom Kupfernetz zum Glasfasernetz
- 17.03.2010 Prof. Dr. Wojciech Szpankowski, Dept. of Computer Science, Purdue University, West Lafayette, USA:
Information Transfer in Biological Systems: Extracting Information from Biological Data

Lehrstuhl für Kommunikation und Navigation

Christoph Günther



Accurate positioning was the primary research area in the last reporting period. The latter requires the resolution of carrier phase ambiguities with an extremely high confidence. The initial breakthrough of using code-carrier combinations could be consolidated in a number of ways. The extension of the models by satellites and receivers biases showed some sensitivity.

A method for estimating all relevant biases was developed for the first time. It promises to become the key for global and instantaneous sub-decimeter accuracies. Furthermore, the use of a priori knowledge could be extended to soft distance information, i.e. to the case of receivers placed on a flexible structure (airplane) or at the ends of a rope (load attached to a helicopter). Finally, the necessary robustness of multi-carrier and multi-satellite tracking was further developed, and extended to the direct provision of a position solution, leading to completely new receiver architectures.

Research in satellite communications began with a project for relaying data from satellites in orbits of low altitude (earth observation) via a geostationary satellite, the idea being to map the individual signals onto a single element of an array of several hundred elements, and to switch that element onto one transponder chain.

Teaching was extended by a lecture on terrestrial navigation and a

laboratory in satellite communications. The offering now includes three lectures, two laboratories, and one colloquium.

In the reporting period, three new members joined the team: Dipl.-Phys. Sebastian Knogl, Zhibo Wen, M.Sc., und Dipl.-Ing. Ronald Böhnke.

Der Lehrstuhl für Kommunikation und Navigation (NAV) wird verwaltungstechnisch dem Lehrstuhl für Nachrichtentechnik zugerechnet und nutzt dessen Infrastruktur. Derzeit beschäftigt der Lehrstuhl fünf Mitarbeiter:

- Dr. Patrick Henkel,
- Kaspar Giger,
- Sebastian Knogl (seit 1.10.2009),
- Zhibo Wen (seit 15.5.2010),
- Ronald Böhnke (seit 1.9.2010).

Die vier zuletzt genannten werden vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) finanziert. Nachfolgend werden die Mitarbeiter kurz vorgestellt:

Dr.-Ing. Patrick Henkel, 1979 in Fürstenfeldbruck geboren, studierte



Elektro- und Informationstechnik an der Technischen Universität München und der Ecole Polytechnique de Montréal, Kanada. Seit 2005 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Kommunikation und Navigation. Der Schwerpunkt seiner

- Personelles
- Lehre
- Forschung
- Dissertation Henkel
- Beitrag Henkel et al.
- Beitrag Giger/Günther
- Beitrag Knogl et al.
- Akademische Arbeiten
- Preise
- Forschungsaufenthalte
- ESEO und ESMO
- Wissenschaftsgremien
- Publikationen
- Patente
- Eigene Vorträge
- Vorträge von Gästen

Forschung und das Thema seiner mit „summa cum laude“ abgeschlossenen Promotion sind neue Verfahren zur zuverlässigen trägerphasenbasierten Positionierung.

Patrick Henkel betreut die Vorlesungen *Satellite Navigation* und *Differential Navigation*. Er leitet die Forschungsprojekte „Präzisionslande-anflug mit Galileo“ und „Mehrfrequenz-Ionosphärenmonitoring und Ephemeridenverifikation mit Galileo“.

Im Rahmen seiner Promotion besuchte er 2007 als Gastwissenschaftler das Department of Earth Observation and Space Systems der TU Delft und 2008 sowie 2010 das GPS Laboratorium an der renommierten Stanford Universität, gefördert von einem DAAD-Stipendium und der TUM Graduate School. Herr Henkel erhielt 2007 für einen Beitrag über „Geometriefreie Linearkombinationen mit Galileo“ die Pierre-Contensou-Goldmedaille der International Astronautical Federation. Er war Session Chair auf dem International Technical Meeting des Institute of Navigations und ist seit kurzem Mitglied des Vorstands der Graduate School der Fakultät für Elektro- und Informationstechnik.

Dipl.-Ing. Kaspar Giger, 1982 in Binningen in der Schweiz geboren,



studierte ab Herbst 2001 an der ETH Zürich Elektrotechnik und Informationstechnologie mit dem Schwerpunkt Kommunikationstechnik und Signalverarbeitung. Im Oktober 2006 beendete er sein Studium mit einer Diplomarbeit über die Implementierung und Optimierung eines Video-Encoders auf einer TI-DSP-Plattform erfolgreich.

Seit September 2007 ist Kaspar Giger wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Kommunikation und Navigation. Im Rahmen der Forschungsprojekte P-LAGAL und MIMGAL beschäftigt er sich vorwiegend mit der robusten Phasenmessung bei satellitenbasierten Navigationssystemen.

Dipl. Phys. Sebastian Knogl, 1984 in Deggendorf geboren, begann im

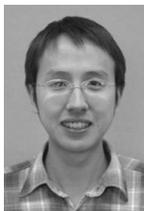


April 2004 sein Studium der Physik an der Ruprecht-Karls-Universität in Heidelberg. 2006 wechselte Herr Knogl an die Ludwig-Maximilians-Universität München, wo er sein Studium Ende 2008 mit einer Diplomarbeit in numerischer Astrophysik über die Simulation des dreidimensionalen Strahlungstransports während der Reionisation des Universums abschloss.

Von Januar bis September 2009 war er am Institut für Kommunikation und Navigation des DLR beschäftigt und begann dort mit seiner Promotion über geostationäre Datenrelais für niedrig fliegende Satelliten. Im Herbst 2009 wechselte er an den Lehrstuhl für Kommunikation und Navigation der TU München, um im Rahmen des Forschungsprojektes GeReLEO seine Promotion fortzusetzen.

Sebastian Knogl betreut an unserem Lehrstuhl das Praktikum *Satellite Communications* und koordiniert die Arbeiten der *Student Satellite Initiative Munich e.V.* (SSIMUC) im European Student Moon Orbiter (ESMO) Projekt der Europäischen Raumfahrtagentur (ESA).

Zhibo Wen, M.Sc., 1987 in Hebei (China) geboren, hat einen Bachelor-



Abschluss der Elektro- und Informationstechnik an der Shanghai Jiao Tong Universität in China erworben, zu der er eine vorzeitige Zulassung als Preisträger der Chemieolympiade erhalten hatte. Im Jahr 2008 begann er sein Studium der Elektro- und Informationstechnik

an der TU München, das er im Mai 2010 mit Auszeichnung abschloss.

Zhibo Wen erhielt aufgrund seiner herausragenden Studienleistungen Stipendien der MAN AG, der Shanghai Jiao Tong Universität sowie der TU München. Für seine Masterarbeit über „Estimation of Code and Phase Biases in Satellite Navigation“ wurde er mit dem Leo-Brandt-Preis der Deutschen Gesellschaft für Navigation (DGON) ausgezeichnet. Seit Mai 2010 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl und arbeitet seither an der Entwicklung von Algorithmen zur trägerphasenbasierten absoluten Positionierung. Zudem nimmt Herr Wen am Programm der TUM Graduate School teil.

Dipl.-Ing. Ronald Böhnke, 1976 in Bremen geboren, studierte Elektro-



und Informationstechnik an der Universität Bremen und war dort ab September 2002 als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Arbeitsbereich Nachrichtentechnik tätig. Während seines Studiums absolvierte er ein dreimonatiges Praktikum im Forschungszentrum der Intel Corporation in Santa Clara, Kalifornien. Darüber hinaus war er 2002 für insgesamt zwei Monate als Gastwissenschaftler am Fraunhofer-Institut für Telekommunikation am Heinrich-Hertz-Institut in Berlin.

Ronald Böhnke war Mitglied der Studienstiftung des deutschen Volkes und erhielt den Karl-Nix-Preis für das Abitur, den VDE-Preis für das Diplom und einen Best Paper Award beim „IEEE International Workshop on Cross-Layer Design 2007“. Der Schwerpunkt seiner Forschung in Bremen lag auf Send- und Empfangsstrategien für MIMO-OFDM sowie auf adaptiver Ressourcenvergabe bei Systemen mit mehreren Teilnehmern.

Seit September 2010 ist Ronald Böhnke als wissenschaftlicher Mitarbeiter an unserem Lehrstuhl und befasst sich mit der Entwicklung von Signalverarbeitungsalgorithmen und Vielfachzugriffsverfahren für die Satellitenkommunikation.

Lehre

Der Lehrstuhl für Kommunikation und Navigation hat im Berichtszeitraum drei Vorlesungen und zwei Praktika angeboten sowie ein Kolloquium organisiert.

Die englischsprachige Grundlagenvorlesung *Satellite Navigation* ist in verschiedenen Masterprogrammen der Fakultäten Elektro- und Informationstechnik, Bauingenieur- und Vermessungswesen sowie Maschinenbau verankert. Weiter wird sie von einzelnen Studenten der Physik und Mathematik besucht.

Die Vorlesung *Differential Navigation* behandelt solche Verfahren, die zur hochgenauen und zur sicherheitskritischen Navigation verwendet werden, zum Beispiel beim Landen von Flugzeugen. Die Vorlesung *Terrestrial Navigation*, die seit 2008 von Dr. Michael Meurer im Rahmen eines Lehrauftrags gehalten wird, führt die Studenten in alternative funkbasierte Verfahren ein, von LORAN bis Bluetooth.

Im Praktikum *Satellite Navigation Laboratory* bauen die Studenten über mehrere Versuche hinweg ihren eigenen Software-Empfänger. Im *Satellite Communication Laboratory* tragen die Praktikums Teilnehmer zum Kommunikationssystem für eine Mondmission bei. Als Bodenstation soll hierbei die 24 Meter-Antenne in Raisting zum Einsatz kommen.

Das *Kolloquium Satellite Navigation* bringt regelmässig Interessenten aus Industrie und Hochschulen im Raum München zusammen. Es wird sowohl im Winter- als auch im Sommersemester angeboten und zusammen mit dem Lehrstuhl für Astronomische und Physikalische Geodäsie organisiert.

Ab dem Wintersemester 2010/2011 wird der Lehrstuhl weiter die Vorlesung *System Aspects in Signal Processing* übernehmen, die von den Dr. Angermann und Dr. Damman gehalten werden wird. Ab dem Sommersemester 2011 sollen schließlich die neuen Vorlesungen *Multisensor Navigation* von Dr. Angermann und Dr. Robertson sowie *Precise Point Positioning* von Dr. Henkel das Lehrangebot zum Gebiet der Navigation abrunden.

Forschung

Das Arbeitsgebiet „Navigation für sicherheitskritische Anwendungen“ mit einem besonderen Fokus auf trägerphasenbasierte Verfahren hat sich sehr gut weiterentwickelt. Die direkte Verwendung der Phase des Trägersignals in der Positionsbestimmung führt zu den genauesten Ergebnissen. Sie ist aber auch besonders anspruchsvoll, da Phasenmessungen immer mehrdeutig sind und diese Mehrdeutigkeiten zunächst aufgelöst werden müssen.

Dies war in der vergangenen Berichtsperiode erstmals mit der notwendigen Zuverlässigkeit gelungen. Die Wahrscheinlichkeit einer Fehlschätzung konnte dabei in einem ersten Modell unter den hierfür erforderlichen Grenzwert von 10^{-9} gedrückt werden. Inzwischen konnte dieses Ergebnis dahingehend verallgemeinert werden, dass es auch bei typischen Versätzen (Biases), die durch Sender und Empfänger verursacht werden, gültig bleibt.

Dabei stellte sich heraus, dass die Algorithmen, die die zuverlässigste Schätzung liefern, am meisten unter Versätzen leiden („bias amplification“). Zwei Lösungslinien haben sich herauskristallisiert. In einem ersten Ansatz werden Mehrdeutigkeiten, deren Schätzfehler unter einer vorgegebenen Schranke liegen, in einer geschickten Reihenfolge fixiert. In einem zweiten Ansatz werden die Versätze auf dem Satelliten geschätzt, während die Versätze im Empfänger durch Differenzbildung eliminiert werden.

Die Schätzung der Code- und Trägerphasenversätze für alle Satelliten ist hiermit zum allererstenmal gelungen. Der Geometrieanteil dieser Versätze, also der Anteil, der in die Positions-lösung eingeht, wurde auf ersten experimentellen Datensätzen erfolgreich getestet. Wenn es gelingt, diesen Beitrag global und konsistent zu bestimmen, ist das der Einstieg in die undifferenzierte trägerphasenbasierte Positionierung, was ein weiteres beachtliches Ergebnis wäre, das in seiner Bedeutung weit über die Luftfahrt hinaus reichen würde.

Hierzu sind aber noch einige Aufgaben zu lösen, die damit zusammen-

hängen, dass die Aufteilung des Versatzes auf einer Verbindung in einen Satelliten- und einen Empfängerbeitrag vom Empfänger abhängt.

Der primäre Grund hierfür dürfte in der unterschiedlichen Bandbreite der Empfänger und auch in unterschiedlichen Implementierungen der Filter liegen. Die Arbeiten über die Bestimmung des Versatzes sind im Beitrag „Absolute trägerphasenbasierte Positionierung“ auf Seite 116 näher beschrieben.

Bei der zuverlässigen Schätzung der Trägerphase sind vielfach Nebenbedingungen sehr hilfreich. Ein Beispiel für eine solche Nebenbedingung ist, den Abstand zwischen zwei Antennen, wie sie beispielsweise auf Schiffen installiert werden, festzuhalten. Dies ermöglicht eine sehr zuverlässige Schätzung der Differenz der Trägerphasenmehrdeutigkeiten und damit auch eine entsprechende Schätzung der Richtung.

Dieser von Peter Teunissen in dem Artikel „The LAMBDA method for the GNSS Compass“ in der Zeitschrift *Artificial Satellites* im Jahr 2007 erstmals vorgeschlagene Ansatz konnte auf weiche Nebenbedingungen erweitert werden. Eine Last, die unter einem Helikopter oder Kran hängt, definiert eine solche Nebenbedingung. Mit der zuverlässigen Trägerphasenlösung lässt sich die Last sehr genau relativ zum Helikopter positionieren und damit auch geeignet stabilisieren. Für diese Erweiterung haben Patryk Jurkowski und Patrick Henkel den Bayerischen Preis bei der *European Satellite Navigation Competition* und den dritten Platz in der Gesamtwertung erhalten.

Trägerphasenbasierte Verfahren verwenden typischerweise parallel mehrere Frequenzen. Das verursacht bei konventionellen Ansätzen mit

einem Phasenregler pro Satellit und Frequenz eine hohe Anfälligkeit auf ionosphärische Szintillationen. Deshalb wurde in der letzten Berichtsperiode ein erster Versuch unternommen, einen gemeinsamen Regler zu entwickeln. Der erste Ansatz stellte sich jedoch als zu empfindlich auf Systemungenauigkeiten heraus.

Ein neuer Ansatz, der nur noch die Korrelationen im Rauschen verwendet, brachte den Durchbruch, was sowohl simulativ als auch durch Messungen verifiziert wurde. In einer Diplomarbeit wurden wichtige Erkenntnisse zur richtigen Initialisierung der Reglerschleifen gewonnen. Näheres zu diesen Arbeiten ist im Beitrag „Robuste Signalverarbeitung im Satellitennavigationsempfänger“ auf Seite 117 beschrieben.

Als ein weitgehend neues Arbeitsgebiet wurde im Berichtszeitraum die Satellitenkommunikation aufgenommen. Das Projekt „Geo-Daten-Relais für niedrig fliegende Satelliten“ wird vom DLR finanziert und zusammen mit dessen Institut für Kommunikation und Navigation sowie weiteren Partnern durchgeführt.

Niedrig fliegende Satelliten werden primär in der Erdbeobachtung

eingesetzt, aber auch für einzelne Kommunikationsdienste verwendet. In Zukunft sollen Luft- und Schiffsverkehr mit solchen Satelliten überwacht werden. Meist speichern niedrig fliegende Satelliten ihre Daten und übertragen sie beim nächsten Überflug zu einer Bodenstation.

Die Kontaktzeiten können je nach Orbithöhe 10 bis 15 Minuten betragen, sind in der Regel jedoch wesentlich kürzer. Dies beschränkt das bei einem Überflug übertragbare Datenvolumen. Außerdem kann der nächste Überflug manchmal erst nach Stunden erfolgen, was den Einsatz praktisch unmöglich macht.

Die NASA betreibt deshalb ein Netzwerk von geostationären Satelliten (GEO) namens TDRSS, das allerdings pro Geo-Satellit eine recht beschränkte Kapazität hat. Ziel des Projektes GeReLEO ist die Entwicklung eines neuen Ansatzes, der es erlaubt, die Datenströme von mehreren niedrig fliegenden Satelliten gleichzeitig über einen einzigen Reflektor effektiv zu vermitteln.

Der Schwerpunkt der Arbeiten an der TUM lag bisher in der Entwicklung des Antennensubsystems. Entwicklungen aus der Optik halfen, eine Lösung für die Formung des Reflektors zu finden. In der nun folgenden Projektphase wird die Funkschnittstelle definiert, was eine genaue Synchronisation am Satelliten voraussetzt.

Letzteres schafft eine direkte Verbindung zu unseren Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Navigation. Eine genauere Beschreibung dieser Arbeiten finden Sie in dem Beitrag

„Geostationäre Datenrelay für niedrig fliegende Satelliten auf Seite 118. Weitere Themen zur Satellitenkommunikation sind angedacht. Ihre Entwicklung hängt stark von Akquisitionserfolgen ab.

Projekte

Die Arbeiten zur hochgenauen und zuverlässigen Positionierung mit Trägerphasenmessungen wurde etwa zur Hälfte durch das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt finanziert, und zwar durch die beiden Forschungsprojekte „Präzisionslandeanflug mit Galileo“ (P-LAGAL), und „Mehrfrequenz-Ionosphären- und Ephemeriden-Bestimmung mit Galileo“ (MIMGAL).

Im ersten Projekt wurden primär die Trägerphasenaufösungen und die robusten Phasenregler entwickelt. Grundlage für die Verifikation der Algorithmen war der Flugversuch mit unseren Partnern Deutsche Flugsicherung (DFS) und Flight Calibration Services. Die beiden Fotos auf dieser Seite zeigen rechts das Versuchsflugzeug Beech King Air 350 im Landeanflug und links die Montage der Galileo-Antenne.

Im Projekt MIMGAL werden die neuen Verfahren zur Schätzung der Geometrie- und Ionosphärenkomponente des Versatzes vorangetrieben. Das Satellitenkommunikationsprojekt GeReLEO wird ebenfalls durch das DLR finanziert.

Auf den folgenden Seiten werden unsere Forschungsprojekte im Detail vorgestellt. Wir beginnen mit einer kurzen Zusammenfassung der Dissertation von Dr. Patrick Henkel.



Montage der Galileo-Antenne auf dem Rumpf des Versuchsflugzeugs (links), Versuchsflugzeug Beech King Air 350 im Landeanflug in Braunschweig (rechts)

Reliable Carrier Phase Positioning

- Vorsitzender: Prof. Dr. techn. Josef A. Nosske
1. Bericht: Prof. Dr. sc. nat. Christoph Günther
2. Bericht: Prof. Dr. Per Enge (Stanford University)
3. Bericht: Prof. Dr. Sandra Verhagen (TU Delft)



Tag der mündlichen Prüfung: 06.09.2010

The carrier phase can be tracked with millimeter accuracy and is thus the most accurate measurement in satellite navigation. It is widely used in geodesy, e.g. for the monitoring of the movement of tectonic plates. However, the carrier phase measurements are not yet fully exploited in navigation. The reason lies in the ambiguity of the phase, i.e. the received phase does not contain any information about the integer number of cycles between the receiver and satellite.

This integer ambiguity is solved in geodesy with a probability of error of ca. 10^{-2} , which is far too much for safety of life critical applications such as the landing of an aircraft. In these applications, the probability of failure is not allowed to exceed 10^{-9} .

The problem was solved by a new set of multi-frequency linear combinations that increase the carrier wavelength from 19 cm to several meters, eliminate the ionospheric delay and keep the noise level at a centimeter level. The linear combinations increase the service area for carrier phase differential positioning from 20 km to 1000 km. Moreover, they reduce the time for reliable ambiguity fixing in absolute positioning from 10 minutes to 1 second.

The thesis will be published by the Logos-Verlag in 2010.

Es existieren zwei Arten von Navigationssignalen, nämlich Codesignale und Trägerphasen. Die Genauigkeit des Nachführens dieser Signale ist direkt proportional zur Chipdauer bzw. zur Wellenlänge. Daraus resultiert eine Genauigkeit in der Größenordnung von einem Meter für die codebasierte und von einem Millimeter für die trägerphasenbasierte Positionierung.

Trägerphasenmessungen sind allerdings mehrdeutig, da die gemessene Phase keine Information über die ganzzahlige Anzahl an Wellenlängen zwischen Satellit und Empfänger liefert. Die Schätzung dieser ganzzahligen Mehrdeutigkeiten war bisher sehr schwierig. Dies lag zum einen an der kleinen Wellenlänge von 19 cm, dem größeren Coderauschen sowie einer Vielzahl von weiteren Unbekannten. Hierzu gehören Uhrenfehler der Empfänger und Satelliten, troposphärische und ionosphärische Verzögerungen, Bahnfehler der Satelliten, Mehrwegefehler durch Reflexionen in der näheren Umgebung und systematische Versätze, die von der Empfänger- und Satelliten-Hardware verursacht werden. Dies führt dazu, dass Mehrdeutigkeiten bisher nur mit einer Fehlerrate von wenigen Prozent aufgelöst werden konnten.

Für sicherheitskritische Anwendungen ist diese Fehlerrate viel zu hoch. Das Problem konnte mit neuen Mehrfrequenz-Linearkombinationen gelöst werden. Diese vergrößern die Wellenlänge, eliminieren ionosphärische Verzögerungen, erhalten die Troposphären-, Bahn- und Uhrenfehler unverändert und ermöglichen ein Rauschen im Zentimeterbereich.

Die gleichzeitige Optimierung aller Fehlerquellen wurde erst durch die Erweiterung von reinen Phasen-Linearkombinationen auf gemischte Code-Phasen-Kombinationen möglich. Die neuen Linearkombinationen ermöglichen eine Fehlerrate von weniger als 10^{-9} .

Besonders vorteilhaft sind die breitbandigen Galileo-Signale in drei Frequenzbändern. Die Modulation dieser Signale wurde so gewählt, dass ein Großteil der Signalenergie am Rand des Spektrums liegt, was zu sehr niedrigem Coderauschen führt.

Die Linearkombinationen lassen sich sehr effizient auch in Echtzeit berechnen und haben ein sehr breites Einsatzgebiet, nämlich sämtliche Anwendungen, bei denen neben der Genauigkeit auch die Zuverlässigkeit der Positionierung von besonderer Bedeutung ist.

Ein Anwendungsbereich ist die relative Positionierung bezüglich einer Referenzstation, deren Position sehr genau bekannt ist. Die große Wellenlänge der neuen Linearkombinationen und die Eliminierung der ionosphärischen Verzögerung ermöglichen eine Vergrößerung der Reichweite der zuverlässigen, relativen Positionierung von bisher ca. 20 auf 1000 Kilometer.

Ein zweiter Anwendungsbereich ist die absolute trägerphasenbasierte Positionierung. Hier wurden bisher mehr als 10 Minuten zur Mehrdeutigkeitsauflösung benötigt. Die große Wellenlänge der neuen Linearkombinationen verkürzt diese Zeitdauer drastisch, so dass eine Auflösung in Echtzeit möglich wurde. Dies setzt allerdings voraus, dass die von der Satelliten-Hardware verursachten systematischen Versätze zuvor geschätzt werden.

Auch hierfür wurde ein Lösungsvorschlag angegeben. Dieser basiert auf einem Kalman-Filter, das die Code- und Trägerphasenmessungen von einem Netzwerk von Referenzstationen verarbeitet. Die geschätzten Versätze schwanken nur um wenige Zentimeter innerhalb von mehreren Stunden. Die Trägerphasenmessungen werden mit höchster Zuverlässigkeit aufgelöst, wobei ein Ansatz gefunden wurde, der auch sehr robust gegenüber eventuellen Modellierungsfehlern ist.

Die Dissertation wird im Logos-Verlag im Jahr 2010 erscheinen.

Absolute trägerphasenbasierte Positionierung

Patrick Henkel, Zhibo Wen und Christoph Günther

Precise point positioning has recently received an increasing attention as it does no longer need a reference station. However, the integer nature of the carrier phase ambiguities is only maintained if several real-valued geodetic errors such as earth tides, antenna phase center offsets and variations, as well as satellite and receiver phase and code biases are precisely estimated.

Several steps have been made to improve the reliability of integer ambiguity resolution: The use of code-carrier combinations, the estimation of biases, as well as the use of a priori knowledge. The probability of wrong fixing was thereby reduced by several orders of magnitude.

Die Trägerphase der Satellitennavigationssignale kann mit einer Genauigkeit von wenigen Grad gemessen werden und ermöglicht damit eine millimetergenaue Positionierung. Diese Genauigkeit kann allerdings nur erreicht werden, wenn die ganz-

zahligen Mehrdeutigkeiten der Trägerphase bestimmt werden. In diesem Zusammenhang konnten neue Mehrfrequenz-Linearkombinationen gefunden werden, die die ionosphärische Verzögerung eliminieren und die Wellenlänge der Linearkombination signifikant erhöhen.

Für die differentielle Positionierung konnte mit unseren Linearkombinationen die Wahrscheinlichkeit einer fehlerhaften Mehrdeutigkeitschätzung um sieben Größenordnungen von 10^{-2} auf 10^{-9} reduziert werden. Bei absoluter Positionierung dürfen die Mehrdeutigkeiten nur dann als ganzzahlige Größen aufgefasst werden, wenn sämtliche geodätische Fehler wie zum Beispiel Erdzeiten, Phasenzentrumsverschiebungen und -variationen sowie Phasen- und Codeversätze der Satelliten und Empfänger mit geschätzt bzw. modelliert werden.

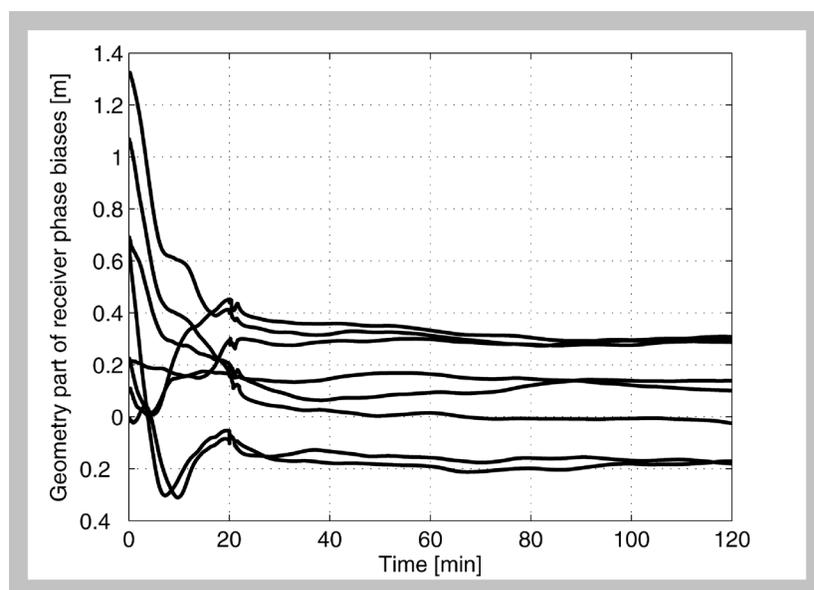
Zwei neuartige Ansätze wurden untersucht, um eine sehr hohe Zuverlässigkeit der Mehrdeutigkeitsauflösung auch für die absolute Positionierung zu ermöglichen: Zum einen wurde ein Verfahren zur präzisen Schätzung der Phasenversätze der Satelliten und Empfänger auf allen Frequenzen entwickelt und anschließend mit echten GPS-Daten aus dem

SAPOS-Netz verifiziert. Die Abbildung zeigt, dass die Phasenversätze über einen Zeitraum von zwei Stunden nur bis zu 2 cm variieren. Dabei sind drei Phasen zu beobachten: Zunächst konvergiert das Kalman-Filter ohne Mehrdeutigkeitsfixierungen. Anschließend folgt die Phase der Fixierungen, bevor schließlich die stabilisierten Werte erreicht werden.

Das Verfahren beinhaltet ein traditionelles Kalman-Filter zur Schätzung der Mehrdeutigkeiten. Diese werden sequentiell fixiert, wobei neben der statistischen Information des Kalman-Filters auch die tatsächliche Abweichung zwischen der reellwertigen Schätzung und der nächstliegenden ganzen Zahl berücksichtigt wird. Damit konnte die Robustheit der Mehrdeutigkeitschätzung gegenüber eventuellen Modellierungsfehlern substantiell erhöht werden.

Der zweite Ansatz zur Erhöhung der Zuverlässigkeit besteht in der Verwendung von a-priori-Informationen über die Basislinienlänge. Diese bedingte Mehrdeutigkeitschätzung wurde als Lagrange-Optimierung betrachtet, deren Lösung beispielsweise mit dem mehrdimensionalen Gauss-Newton-Verfahren effizient bestimmt werden kann.

In der Praxis ist die a-priori-Information über die Basislinienlänge ebenfalls mit Unsicherheiten behaftet. Auch für diesen Fall konnte ein effizientes Verfahren gefunden werden.



Stabilität der systematischen Versätze der geodätischen Empfänger im SAPOS-Netzwerk

Literatur:

- [1] Henkel, P.; Günther, C.: Reliable Integer Ambiguity Resolution with Multi-Frequency Code Carrier Linear Combinations. In: *Proc. of 23rd Intern. Techn. Meeting of the Inst. of Navigation (ION GNSS)*, Portland, USA, Sept. 2010
- [2] Henkel, P.; Wen, Z.; Günther, C.: Estimation of Satellite and Receiver Biases on Multiple Frequencies with a Kalman Filter. In: *Proc. of 22nd Intern. Techn. Meeting of the Inst. of Navigation (ION GNSS)*, San Diego, USA, pp. 1067 – 1074, Jan. 2010

Robuste Signalverarbeitung im Satellitennavigationsempfänger

Kaspar Giger und Christoph Günther

The use of satellite navigation in safety-critical environments requires robust and reliable signal tracking. Current receivers use independent tracking loops. They are subject to cycle slips and potentially a complete loss of synchronization in the presence of shadowing due to receiver movements or ionospheric scintillations.

A new promising technique to address this deficiency was developed. It exploits the spatial and spectral correlation of the signals received from the different satellites in view.

The new algorithms were successfully tested using data from a flight campaign in the surrounding of Innsbruck. The figure below shows the continuous carrier-phase tracking of the new algorithm throughout a fade of 40 dB on one satellite, as well as the loss of lock of the traditional receiver. This capability plays a particular role in the promising multi-frequency algorithms developed recently.

Sicherheitskritische Anwendungen stellen hohe Anforderungen an die Robustheit der Signalverarbeitung in Empfängern für die Satellitennavigation. Kritisch sind dabei insbesondere Veränderungen in der Ausbreitung, die starke Signalpegelschwankungen und schnelle Trägerphasendrehungen erzeugen. Die primären Ursachen dieser Phänomene sind Abschattung (beispielsweise durch Gebäude), Mehrwegeausbreitung und ionosphärische Szintillationen.

Üblicherweise werden in einem Empfänger für jedes empfangene Signal getrennte Regelschleifen für den Spreizcode (DLL) und die Trägerphase (PLL) eingesetzt. Das bedeutet, dass für jede empfangene Trägerfrequenz und jeden Satelliten unabhängige DLL und PLL verwendet werden. In dieser Konfiguration können die oben beschriebenen Phänomene dazu führen, dass die Trägerphasenregelung ausrastet (Signalverlust) oder dass die Trägerphase springt

(Cycle Slip). Im letzteren Fall entsteht ein Fehler in der Distanzmessung von einer oder mehreren Wellenlängen. Beim europäischen Satellitennavigationssystem Galileo liegen die Wellenlängen zwischen 19 und 25 Zentimetern.

Eine wesentlich höhere Reglerstabilität wird in einem neuen Ansatz erreicht, der die räumliche und spektrale Korrelation der Signale nutzt. Die Korrelationen entstehen dadurch, dass alle Signale durch dieselbe Antenne empfangen werden und somit die gleichen Empfängerbewegungen abbilden.

Die Algorithmen für das „Joint Tracking“ Verfahren wurden hergeleitet und in einem Software-Defined Radio umgesetzt. Letzterer Empfänger wurde mit Messdaten eines Flugversuchs bei Innsbruck (Österreich) getestet und erfolgreich verifiziert [1]. Es konnte gezeigt werden, dass auch während schneller Manöver des Flugzeugs (Banking-Winkel von über 50°) keine Satelliten verloren wurden.

Die Abbildung zeigt, dass die Trägersynchronisation mit dem neuen Verfahren auch bei einem Einbruch von über 40 dB funktioniert, während beim traditionellen Verfahren die Phase davonläuft. Einbrüche treten beispielsweise bei engen Kurven auf, wie sie im Landeanflug in Zukunft geflogen werden sollen. In solchen

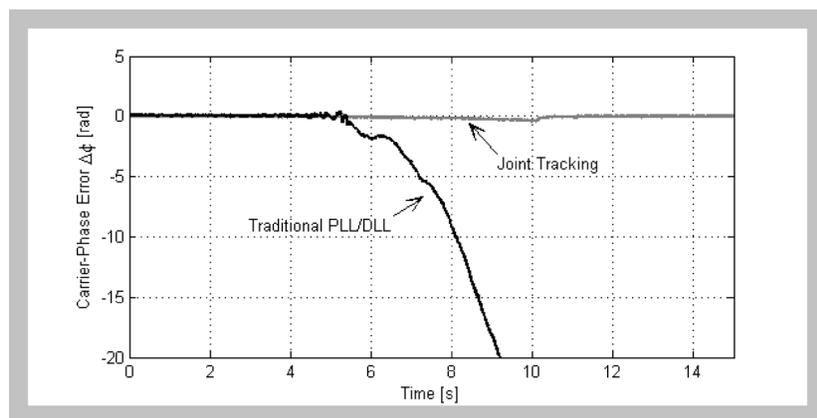
Manövern verschwinden ganze Satellitengruppen aus dem Empfangsbereich der Antenne.

Weitere Untersuchungen haben bestätigt, dass „Joint Tracking“ auch eine geeignete Massnahme gegen starke Fluktuationen und Phasendrehungen während ionosphärischen Szintillationen ist. Diese Fähigkeit ist für die neuen Algorithmen zur zuverlässigen Trägerphasenpositionierung von besonderer Bedeutung, da sie von der Verfügbarkeit der Signale auf mehreren Frequenzen abhängen.

Das „Joint Tracking“ wird zurzeit dahingehend weiterentwickelt, direkt die präzise Positionslösung zu liefern. Dies entspricht einer neuen Empfängerarchitektur, die das Potential birgt, in besonders eleganter Weise weitere Sensoren zu integrieren, z.B. zur Beschleunigungs- oder Drehratenmessung.

Literatur:

- [1] Giger, K; Henkel, P.; Günther, C.: Joint Satellite Code and Carrier Tracking. In: *Proc. International Technical Meeting of the ION*, San Diego, USA, pp. 636–645, Jan. 2010



Vergleich des Trägerphasenfehlers beim traditionellen und beim „Joint Tracking“ Empfänger während eines Signalpegelabfalls von über 40 dB

Geostationäre Datenrelais für niedrig fliegende Satelliten

J. Sebastian Knogl, Ronald Böhnke und Christoph Günther

Earth observation uses a large number of Low Earth Orbiting (LEO) satellites (ca. 400). The increasing resolution of their instruments has inflated the data volumes that need to be transmitted. Their low altitude limits the contact times, which is challenging both with respect to the data volumes and delay until data can be transmitted. GEO relaying is thus a promising alternative. Two GEOs can serve all LEOs above 400 km. The GeReLEO project was setup to develop a simple and flexible system for this service. The solution found uses a specially shaped dual reflector and an array of several hundred feed elements switched onto a set of transponders. The number in the latter set is equal to the number of full LEOs channels. Additionally, efficient transmission schemes including adaptive modulation and coding are designed in order to achieve high data rates. This project is financed by the German Aerospace Center (DLR), and is led by its Institute for Communications and Navigation.

Die Erdbeobachtung setzt eine große Anzahl abbildender Satelliten (weltweit ca. 400) ein. Um eine bestmögliche Auflösung und Signalstärke zu erhalten, fliegen diese Satelliten in Höhen zwischen 400 und 800 km. Die zunehmende Auflösung der Instrumente lässt die Datenmengen dabei stetig wachsen. Auf Grund der geringen Höhe sind die Kontaktzeiten zwischen solchen Satelliten und ihren wenigen Bodenstation allerdings äußerst kurz.

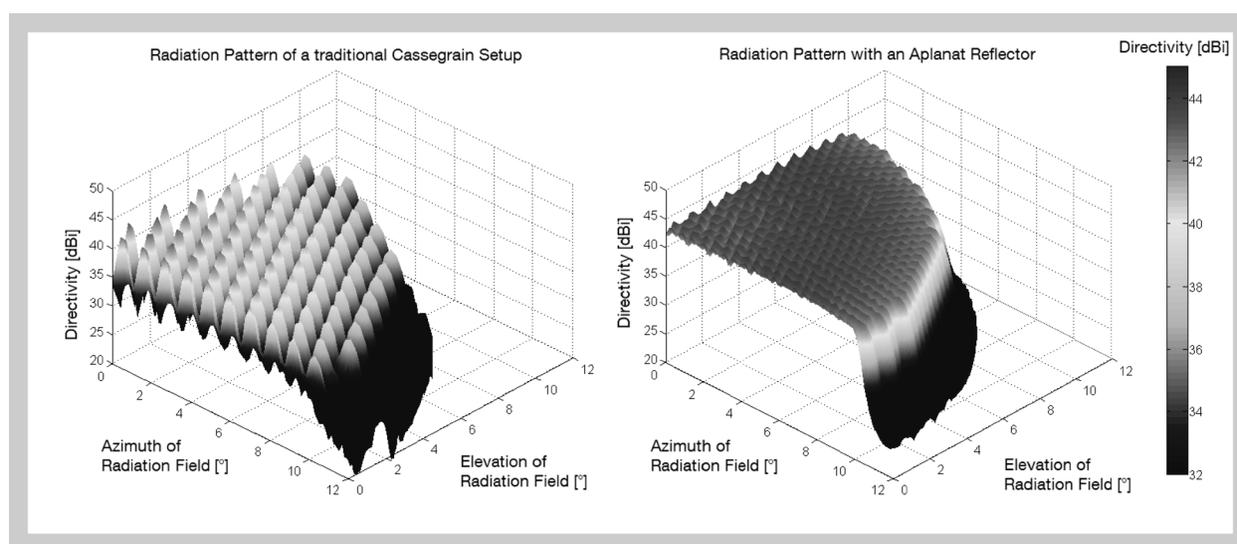
Deshalb müssen die Daten zwischengespeichert und in den kurzen Kontaktzeiten übermittelt werden. Das stellt hohe Anforderungen an das Übertragungssystem. Die notwendigen Bandbreiten stehen immer seltener zur Verfügung. Da die Satelliten in ca. 90 Minuten einmal die Erde umkreisen, wird die Übermittlung der Daten häufig um diesen Betrag verzögert. Das ist bei zeitkritischen verkehrsrelevanten Informationen meistens viel zu lange.

Der Einsatz eines geostationären Satelliten als Datenrelais bietet sich als Lösung an. Mit nur zwei Geo-Satelliten lassen sich alle niedrig fliegenden Satelliten oberhalb von 400 km anbinden. Ein entsprechendes System wird unter Leitung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) in einem na-

tionalen Verbundprojekt konzipiert und entwickelt. Der gleichzeitige Zugriff einer Vielzahl niedrig fliegender Satelliten auf nur eine Antenne am Satelliten ist dabei eine zentrale Forderung.

Weiter sollen mögliche Entwicklungen in der Nachrichtentechnik während der Lebensdauer der Satelliten, also etwa 15 bis 20 Jahre, einfach integriert werden können. Die Arbeit am Lehrstuhl konzentriert sich auf das Design von Antenne und Zugriffsverfahren. Eine neuartige Multi-beam-Antenne, bestehend aus einem besonderen Reflektor, der auf Korrekturverfahren aus der Optik zurückgreift, dient als Empfangsantenne (siehe Antennendiagramm unten) Kombiniert mit einem geschalteten Array von mehreren hundert Patchelementen führt dies zu einer Lösung, die aus heutiger Sicht alle Anforderungen erfüllt.

Das Zugriffsverfahren und die erforderlichen Regelalgorithmen werden derzeit entworfen und für eine typische Konstellation niedrig fliegender Satelliten optimiert. Um die bestmögliche Positionierung zu erhalten, muss dabei auch die Position des GEO-Satelliten exakt bestimmt werden, was eine direkte Verbindung zur Satellitennavigation schafft.



An Aplanat RF Reflector Design allows to keep the gain fluctuations small, ensuring the same data rate everywhere.

Akademische Arbeiten

Patrick Henkel hat im September 2010 seine Promotion zum Thema „Reliable Carrier Phase Positioning“ mit der Bewertung „summa cum laude“ abgeschlossen. Eine Kurzbeschreibung seiner Dissertation finden Sie auf Seite 115.

Im Berichtszeitraum gab es zudem sechs Masterarbeiten:

- Susanne Schlötzer: *High Integrity Carrier Phase Based Relative Positioning for Precision Landing using a Robust Nonlinear Filter*. Betreuer: M. Rippl (DLR), P. Henkel, Febr. 2009,
- Pratana Kukieattikool: *GNSS Signal Analysis using High Gain Antenna*. Betreuer: S. Erker (DLR), P. Henkel, Febr. 2009,
- Victor Danubio Gomez: *Partial Ambiguity Fixing for Precise Point Positioning with Multiple Frequencies in the Presence of Biases*. Betreuer: P. Henkel, März 2009,
- Fadwa Alshawaf: *Receiver Autonomous Integrity Monitoring including Carrier Phase Measurements for Multi-Constellation GNSS*. Betreuer: M. Rippl (DLR), P. Henkel, Oct. 2009,
- Nabil Ghanem: *Performance Analysis of Tracking Loops in Highly Dynamical Environments*. Betreuer: K. Giger, Oct. 2009,
- Zhibo Wen: *Estimation of Code and Phase Biases in Satellite Navigation*. Betreuer: P. Henkel, March 2009.

Abgeschlossen wurden auch drei Bachelorarbeiten:

- Quirin Funke: *Satellite Constellations for Data Transfer from the Moon*. Betreuer: C. Günther, July 2009,
- Mario Gómez Arias: *Adaptive Kalman Filter-Based Phase-Tracking in GNSS*. Betreuer: K. Giger, July 2010,
- Patryk Jurkowski: *Constrained Integer Ambiguity Resolution*. Betreuer: P. Henkel, Oct. 2010.

Preise

Patryk Jurkowski und Patrick Henkel haben den Bayerischen Preis bei der *European Satellite Navigation*

Competition 2010 gewonnen und den dritten Platz in der Gesamtwertung *Galileo Masters 2010* belegt.

Zhibo Wen bekam für seine herausragende Masterarbeit den Leo-Brandt-Preis 2010 der Deutschen Gesellschaft für Ortung und Navigation (DGON) zugesprochen. Desweiteren hat er mit seinem Team den ersten Platz bei einem Studentenwettbewerb auf der ESA Summer School 2010 in Aalborg gewonnen.

Forschungsaufenthalt

Patrick Henkel hat im Juni 2010 das renommierte GPS Lab an der Stanford Universität zum zweiten Mal während seiner Promotion besucht. Er hat dort seine Doktorarbeit mit seinem Zweitgutachter, Prof. Per Enge, besprochen. Der Aufenthalt wurde von der TUM Graduate School finanziert.

ESEO und ESMO

Die Zusammenarbeit im Projekt European Student Earth Orbiter (ESEO) musste eingestellt werden, da die TUM in einen Vertrag mit Garantien und Vertragsstrafen gezwungen worden wäre. Das Projekt European Student Moon Orbiter (ESMO) wird fortgesetzt. Hier bestehen noch gewisse Unsicherheiten, da die zunächst zugesagte Übernahme der Betriebskosten für die Antenne in Raisting zur Zeit noch nicht geklärt ist. In diesem Projekt ist die TUM für das Bodensegment zuständig.

Tätigkeiten in

Wissenschaftsgremien

- Mitglied im Vorstand der ITG/VDE,
- Mitglied im Fachausschuss 5.1 (Informations- und Systemtheorie) der ITG/VDE,
- Mitglied im Kuratorium der Carl-Cranz-Gesellschaft,
- Mitglied im Kuratorium für den Technologiepreis der Eduard-Rhein-Stiftung,
- Mitglied im Programmkomitee der European Navigation Conference ENC-GNSS 2010,
- Mitglied im Programmkomitee der Jahrestagungen des Institute of Navigation ION-GNSS 2010 und ION-ITM 2010.



Publikationen in Zeitschriften

Günther, C.; Henkel, P.: Reduced Noise Ionosphere-free Carrier Smoothed Code. – In: *IEEE Trans. on Aerospace and Electr. Systems*, vol. 46, iss. 1, pp. 323–334, 2010

Henkel, P.: Geometry-free Linear Combinations for Galileo. – In: *Acta Astronautica*, vol. 65, iss. 9–10, pp. 1487–1499, 2009

Henkel, P.; Giger, K.; Günther, C.: Multifrequency Multisatellite Vector Phase-Locked Loop for Robust Carrier Tracking. – In: *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, vol. 3, pp. 674–681, 2009

Henkel, P.; Günther, C.: Partial Integer Decorrelation: Optimum Trade-off between Variance Reduction and Bias Amplification. – In: *Journal of Geodesy*, vol. 84, iss. 1, pp. 51–63, 2009

Henkel, P.; Günther, C.: Joint L/C Band Code and Carrier Phase Linear Combinations for Galileo. – In: *Intern. Journal of Navigation and Observation*, pp. 1–8, 2008

Publikationen in Tagungsbänden

Giger, K.; Henkel, P.; Günther, C.: Multifrequency Multisatellite Carrier Tracking. – In: *Proc. 4th European Workshop on GNSS Signals and Signal Processing*, DLR Oberpfaffenhofen, Dec. 2009

Giger, K.; Henkel, P.; Günther, C.: Joint Satellite Code and Carrier Tracking. – In: *Proc. International Technical Meeting of the Institute of Navigation (ION-ITM)*, San Diego, USA, Jan. 2010

Greda, L.; Knüpfer, B.; Heckler, M.; Knogl, S.; Bischl, H.; Dreher, A.; Günther, C.: GeReLEO – A Satellite Multibeam Antenna for High-Rate Data Relays. – In: *Proc. 32. ESA Antenna Workshop on Antennas for Space Applications*, ESTEC Noordwijk, Niederlande, Oct. 2010

Greda, L.; Knüpfer, B.; Knogl, S.; Heckler, M.; Bischl, H.; Dreher, A.: A Multibeam Antenna for Data Relays for the German Communications Satellite Heinrich-Hertz. – In: *Proc. European Conference on Antennas and Propagation*, Barcelona, Spanien, Apr. 2010

Henkel, P.: Constrained Integer Ambiguity Resolution. – In: *Proc. DLR-Stanford Workshop*, Oberpfaffenhofen, Oct. 2010

Henkel, P.: Bootstrapping with Partial Integer Decorrelation and Multi-Frequency Combinations in the Presence of Biases. – In: *Proceedings International Association of Geodesy (IAG) Scientific Assembly*, Buenos Aires, Argentina, Aug. 2009

Henkel, P.; Gao, G.; Todd, W.; Günther, C.: Robust Multi-Carrier, Multi-Satellite Vector Phase Locked Loop with Wideband Ionospheric Correction and Integrated Weighted RAIM. – In: *Proc. European Navigation Conference (ENC)*, Naples, Italy, May 2009

Henkel, P.; Gomez, V.; Günther, C.: Modified LAMBDA for Absolute Carrier Phase Positioning in the Presence of Biases. – In: *Proc. International Technical Meeting of the Institute of Navigation*, Anaheim, USA, Jan. 2009

Henkel, P.; Günther, C.: Reliable Integer Ambiguity Resolution with Multi-Frequency Code Carrier Linear Combinations. – In: *Proc. 23rd Int. Technical Meeting of the Institute of Navigation (ION-GNSS)*, Portland, USA, Sept. 2010

Henkel, P.; Günther, C.: Precise Point Positioning with Multiple Galileo Frequencies. – In: *Proc. IEEE/ION Position, Location and Navigation Symposium (PLANS)*, Monterey (CA), USA, May 2008

Henkel, P.; Wen, Z.; Günther, C.: Estimation of Code and Phase Biases on Multiple Frequencies with a Kalman Filter. – In: *Proc. 4th European Workshop on GNSS Sign. and Signal Processing*, DLR, Oberpfaffenhofen, Germany, Dec. 2009

Henkel, P.; Wen, Z.; Günther, C.: Estimation of Satellite and Receiver Biases on Multiple Galileo Frequencies with a Kalman Filter – In: *Proc. Int. Technical Meeting of the Institute of Navigation (ION ITM)*, San Diego, USA, Jan. 2010

Knüpfer, B.; Bischl, H.; Dreher, A.; Greda, L.; Katona, Z.; Knogl, S.: GeReLEO – Geo-Datenrelais für niedrige (LEO) Satelliten. – In: *Proc. 2. Nat. Konferenz „Satellitenkommunikation in Deutschland“*, Bonn, März 2010

Rippl, M.; Schlötzer, S.; Henkel, P.: High Integrity Carrier Phase based Positioning for Precision Landing using a Robust Nonlinear Filter. – In: *Proc. Int. Technical Meeting of the Institute of Navigation (ION-ITM)*, San Diego, USA, Jan. 2010

Patente

Henkel, P.: A Method for Tracking a Plurality of Global Positioning Satellite Signals: Multi-Carrier Vector Phase Locked Loop. – In: *World Patent Application, Int. Appl. Num.: PCT/EP2009/054337, Publ. Num.: WO 2009/ 125011 A1*, Apr. 2008

Henkel, P.: Method for Processing a Set of Signals of a Global Navigation

Satellite System with at least Two Carriers: Single Difference Phase and Code Bias Estimation for Precise Point Positioning. – In: *World Patent Application, Inter. Appl. Num.: PCT/EP2009/054855, Publ. Num.: WO 2009/130260 A2*, Apr. 2008

Henkel, P.; Gomez, V.: Partial Ambiguity Fixing for Multi-Frequency Ionospheric Delay Estimation. – In: *Europ. Patent Application, Num.: EP09172607.5*, Oct. 2009

Henkel, P.; Jurkowski, P.: Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung der Relativposition zwischen zwei Empfängern und Verwendung der Vorrichtung zur Stabilisierung schwebender Lasten. *Deutsches Patentamt, Anmeldung*, Aug. 2010

Henkel, P.; Wen, Z.; Günther, C.: Estimation of Satellite and Receiver Biases on Multiple Frequencies with a Kalman Filter. – In: *European Patent Application, Europ. Appl. Num.: EP09178573.3*, Dec. 2009

Knogl, S.; Günther, C.: Schaltmatrixvorrichtung für elektrische Signale. – In: *Deutsches Patentamt, Anmeldung*, Aug. 2010

Eingeladene Vorträge

Giger, K.: Multi-Frequency Multi-Satellite Tracking Loops. Kolloquium Satellitennavigation, TU München, 13.07.2009

Giger, K.: Multi-Frequency Ionospheric Scintillations. Doktoranden-seminar, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Oberpfaffenhofen, 05.03.2010

Henkel, P.: Präzisionslandeanflug mit Galileo. TU Braunschweig, 20.01.2009

Henkel, P.: Präzisionslandeanflug mit Galileo – Trägerphasenmessungen für CAT III-Landungen. Deutsche Flugsicherung, Langen, 25.06.2009

Henkel, P.: Reliable Carrier Phase Positioning with Multiple Frequencies. Seminarvortrag am Institut für

Physikalische und Astronomische Geodäsie (IAPG), TU München, 03.07.2009

Henkel, P.: Single and Multifrequency Differential GNSS. Carl Crantz Gesellschaft, Vortragsreihe Grundlagen der Satellitennavigation und GPS-Modernisierung, Oberpfaffenhofen, 14.10.2009

Henkel, P.: Estimation of Satellite and Receiver Biases on Multiple Galileo Frequencies. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Neustrelitz, 03.03.2010

Henkel, P.: Reliable Carrier Phase Positioning with Multiple Frequencies. GPS Lab, Stanford University, 14.06.2010

Jurkowski, P.; Henkel, P.: Reliable Carrier Phase Receiver System with Extremely Reliable Integer Ambiguity Resolution. DLR-Anwendungszentrum, 14.09.2010

Vorträge im Kolloquium

28.10.2008 André Hauschild, DLR Oberpfaffenhofen: Real-Time Estimation of GPS Satellite Clocks Based on Global NTRIP-Streams

11.11.2008 Dr. Hans Trautenberg, EADS Astrium GmbH: Galileo Integrität

02.12.2008 Prof. Alain Geiger, ETH Zürich: Erdbeben und Überschwemmungen – Spielt GPS eine Rolle in der Frühwarnung?

13.01.2009 Dr. Oliver Montenbruck, DLR Oberpfaffenhofen: Echtzeitnavigation tief fliegender Satelliten mit Hilfe des GPS Systems

27.01.2009 Prof. Bernd Eissfeller, Universität der Bundeswehr München: GPS und Galileo Satellitennavigationssysteme – und deren Störbarkeit

03.02.2009 Prof. Gerhard Beutler, Universität Bern: Genaue Bahnen von Satelliten und Satellitensystemen und ihre Bedeutung für die Gravitationsfeldbestimmung

25.05.2009 Dr. Stefan Bedrich, Kaiser-Threde GmbH: Precise Time Facility for Galileo

15.06.2009 Johannes Traugott, TU München: Tracking Albatrosses using GPS

29.06.2009 Dr. Todd Walter, Stanford University: Wide Area Augmentation System

06.07.2009 Stefan Erker, Steffen Thörlert, DLR Oberpfaffenhofen: GNSS Verifikation

20.07.2009 Dr. Helmut Blomenhofer, Thales ATM: Navigationshilfen für die Luftfahrt von heute und morgen

27.07.2009 Prof. Per Enge, Stanford University: On Location at Stanford University

08.10.2009 Henk Wymeersch, Chalmers University: Performance Bounds and Graphical Models for Cooperative Positioning,

17.11.2009 Frank Schubert, DLR Oberpfaffenhofen: Bouncing off Walls and Trees: Multipath Channel Modeling for Satellite Navigation from the Samples' Point of View

01.12.2009 André Hauschild, DLR Oberpfaffenhofen, Dr. Peter Steigenberger, TU München: The CONGO-Network: Towards the Scientific Utilization of GIOVE

15.12.2009 Dr. Mathieu Joerges, Illinois Institute of Technology: Carrier Phase GPS Augmentation Using Laser Scanners and Using Low Earth Orbiting Satellites

12.01.2010 Dr. Thomas Gruber, TU München: ESA's Earth Gravity Field Mission GOCE – Status, Observation Technique and Data Analysis

09.02.2010 Prof. Sandra Verhagen, TU Delft: Carrier Phase Integer Ambiguity Resolution – Recent Results and Open Issues

07.06.2010 Dr. Andrew Simsky, Septentrio Satellite Navigation: (1) Field



Experience with Future GNSS Ranging Signals – A Review (2) Integrity Concepts of Galileo

01.07.2010 Dr. Jan Wendel, EADS Astrium: Integrated Navigation Systems: Inertial Navigation, Data Fusion Algorithms and Integration Strategies (loosely, tightly, deeply)

12.07.2010 Prof. Karl Ulrich Schreiber, Geodätisches Observatorium Wettzell und University of Canterbury: High Resolution SAGNAC Interferometry

13.07.2010 Prof. Richard Langley, University of New Brunswick: Precise Point Positioning: Recent Developments at UNB

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich dem Lehrstuhl für Nachrichtentechnik, vertreten durch den kommissarischen Leiter Prof. Norbert Hanik, Dr. Klaus Eichin und Prof. Günter Söder für ihre Gastfreundschaft in der Vergangenheit danken und freue mich auf die Zusammenarbeit mit dem neuen Lehrstuhlinhaber Professor Gerhard Kramer.

Ebenso danke ich den Herren Max Rößner und Quirin Funke für ihr außergewöhnliches Engagement in den Projekten ESEO und ESMO und für ihre Unterstützung beim Aufbau des Praktikums „Satellitenkommunikation.“ Ein ganz besonderer Dank gilt der Fakultät, die die Beschaffung eines Galileo-Simulators für das Praktikum „Satellite Navigation Laboratory“ ermöglicht hat. Dies ist ein enormer Gewinn für dieses Praktikum und erhöht dessen Attraktivität und Ausbildungswert ganz erheblich.

12

Sonstiges

12.1 Tätigkeit in der (akademischen) Selbstverwaltung

Ralf Kötter

- Mitglied verschiedener Berufungsausschüsse in der Fakultät EI (seit 2007)
- Mentor im gemeinsamen Elitestudiengang SIM (Systeme der Informations- und Multimediatechnik) der TUM und der FAU Erlangen-Nürnberg (seit 2007)
- Mitglied der Strukturkommission der Fakultät EI (seit 2008)
- Programmdirektor des Studiengangs MSCE der Fakultät EI (ab Oktober 2008)

Norbert Hanik:

- Mitglied der Arbeitsgruppe „Lehramt an Beruflichen Schulen“ in der Fakultät EI (seit 2004)
- Mitglied verschiedener Berufungsausschüsse in der Fakultät EI (seit 2005)
- Mitglied im DVP-Ausschuss des Zentralinstituts für Lehrerbildung (seit 2005)
- Mitglied im DHP-Ausschuss der Fakultät EI (seit 2006)
- Vorsitzender des BAFöG-Ausschusses der Fakultät EI (seit 2006)
- Mitglied im Promotionsausschuss der Fakultät EI (seit 2006)

Joachim Hagenauer:

- Programmdirektor des Studiengangs MSCE der Fakultät EI (1998–2008)
- Vorstand des Internationalen Begegnungszentrums (IBZ) der Münchner Universitäten (seit 2005)
- Mitglied im International Advisory Board des Institute for Advanced Studies (IAS) der TUM (seit 2006)
- Mentor im gemeinsamen Elitestudiengang SIM (Systeme der Informations- und Multimediatechnik) der TUM und der FAU Erlangen-Nürnberg (seit 2006)

Pavol Hanus:

- Koordinator und Manager des Studiengangs MSCE der Fakultät EI (seit 2004)

Manfred Jürgens:

- Mitglied des Personalrats der Technischen Universität München zur Vertretung der Beamten (seit 1995)

12.1 Tätigkeit in der (akademischen) Selbstverwaltung

12.2 Tätigkeit in wissenschaftlichen Gremien

12.3 Neuerungen in der Infrastruktur

12.4 Nomor – Lauter Tolle Experten (LTEs)

12.5 Feste – Feiern

12.2 Tätigkeit in wissenschaftlichen Gremien

Ralf Kötter

- Mitglied im Board of Governors der IEEE Information Theory Society (seit 2003)
- Mitglied der ITG-Fachgruppe 5.1 „Informations- und Systemtheorie“ (seit 2007)
- Mitglied im Münchner Kreis, einer internationalen Vereinigung für Kommunikationsforschung (seit 2007)
- Co-Chair im Programmkomitee des „International Symposium on Information Theory, 2008, Toronto“

Norbert Hanik:

- Mitglied der ITG-Fachgruppe 5.3.1 „Simulation und Modellierung optischer Komponenten und Systeme“ (seit 1999)

Joachim Hagenauer:

- Fellow der Information Theory (IT) Society des IEEE (seit 1993, 1996 – 2002 im Board of Governors)
- Mitglied im Münchner Kreis, einer internationalen Vereinigung für Kommunikationsforschung (seit 1994)
- Distinguished Lecturer of the IEEE COMSOC Society (seit 1996)
- Mitglied im Konvent „acatech“ der Deutschen Akademien der Wissenschaften (seit 2002)
- Vorstand der Eduard-Rhein-Stiftung (seit 2006, Mitglied im Kuratorium seit 2000)
- Mitglied im IEEE Richard W. Hamming Medal Committee (2003–2008)
- Vorsitzender des Preiskomitees des Vodafone-Innovationspreises (seit 2003, Mitglied seit 1998)
- Mitglied der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (seit 2003)
- Vorsitzender des BAoW-Forums „Technologie“ (seit 2003)
- Mitglied im Advisory Board of the Network of Excellence in Wireless Communications – NEWCOM (2006–2008)
- Mitglied im Evaluation Board High Speed Communication der „Swedish Foundation of Strategic Research“ (seit 2006)
- Mitglied des Advisory Boards der DoCoMo Euro labs (seit 2007)
- Mitglied im VDE Slaby Kreis (seit 2007)

Christoph Hausl:

- Gastherausgeber der Sonderausgabe „Physical Layer Network Coding for Wireless Cooperative Networks“ der Zeitschrift „EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking“ (2009)

12.3 Neuerungen in der Infrastruktur

Günter Söder

Schon seit mehr als einem Jahrzehnt heißt dieses Kapitel in unserem Bericht ganz neutral „Neuerungen in der Infrastruktur“, auch wenn wir damit in der Vergangenheit stets Verbesserungen meinten. Diese Namensgebung zahlt sich nun aus, indem wir die Überschrift beibehalten können.

In diesem Sinne haben sich im letzten Jahr durchaus Neuerungen

ergeben. Nach dem neuen Raummanagement-Konzept der Fakultät mussten wir Ende 2009 drei unserer Räume mit insgesamt 78 qm abgeben. Zudem wurden mit der Neubesetzung des Lehrstuhls unsere mechanische Werkstatt und die Schreinerei zum 01.06.2010 an den Lehrstuhl für Energiewandlungstechnik (Leitung: Prof. Hans-Georg Herzog)

verlagert. Der Umzug zog sich über 4 Monate hin, ist aber nun Ende September abgeschlossen. Das obere Foto zeigt den Abtransport einer Fräsmaschine via Fenster und Kran.

Mit den besten Erinnerungen an eine überaus gute Zusammenarbeit danken wir an dieser Stelle nochmals Herrn Manfred Jürgens und Herrn Ansgar Ströbele herzlich für die in

jeweils fast 30 Jahren geleistete Arbeit für den LNT. Wir wünschen ihnen, dass sie an ihrem neuen Lehrstuhl ebenso hohe Anerkennung finden wie bei uns. Wir wissen noch nicht, wie wir diese personelle Lücke schließen können, da beide außer für Mechaniker- bzw. Schreinerarbeiten auch für viele andere Aufgaben am LNT verantwortlich waren.

Im vierten Stock hat der LNT nur noch den Raum N2407 für unsere Systemadministratoren Danzer und Kontny sowie das Emerituszimmer N2402, die beide nun Enklaven zwischen dem Lehrstuhl für Kommunikation und Navigation (Leitung: Prof. Christoph Günther) sowie dem Lehrstuhl für Theoretische Informationstechnik (LTI) unter der Leitung von Prof. Holger Boche bilden.

Derzeit werden unsere ehemaligen Werkstätten für den zum 1. Oktober 2010 neu eingerichteten Boche-Lehrstuhl umgebaut. Der Einzug ist für Anfang 2011 geplant. Wir hoffen, dass sich durch diese räumliche Nähe tatsächlich eine in jeder Hinsicht enge Zusammenarbeit zwischen dem LNT und LTI ergibt, wie es auf der TUM-Homepage nach den Berufungen der Professoren Gerhard Kramer und Holger Boche als „deutschlandweit einzigartiger Schwerpunkt der Informations- und Kommunikationstechnologie“ angekündigt wurde.

Weitere Infrastrukturmaßnahmen stehen im Zusammenhang mit dem LNT-Rechnernetz. Die Systemadministration liegt nun in den Händen von Manfred Danzer, Martin Kontny, Joschi Brauchle, Ulli Brennenstuhl und Sebastian Knogl (NAV). Während der beiden letzten Jahre ergaben sich die wesentlichen Veränderungen im Software-Bereich und bei der Rechner-Organisation, zum Beispiel:

- Update aller Linux-Clients auf mindestens OpenSUSE 11.1 und Bereitstellung von Office 2007 mit der Software Crossover Linux,
- Installation eines Windows 2008 Servers und 6 neuer Workstations für Matlab-Simulationen,
- Neustrukturierung des Rechnernetzes durch neue Server, u. a. für zwei High Availability Cluster (HAC),

- Umzug/Administration der Dienste wie NFS, Kerberos, Autofs, CUPS, Samba, DHCP, Quota, LDAP usw. auf das HAC,
- Migration und Regelverschärfung der bisherigen Linux IP Tables Firewall auf die nun betriebene virtuelle Cisco ASDM LRZ-Firewall,
- Umstellung der Bibliotheksverwaltung von Karteikarten auf ein modernes Datenbanksystem und Barcodescanner,
- Nutzung des neuen MS Exchange Mailers der TUM (Mail, Calendar); Einführung von Outlook.

Im Namen aller Nutzer bedanke ich mich bei unseren Administratoren für den großen Einsatz und ihre Kreativität auf das Herzlichste. Auch Janis Dingel und Stephan Hellerbrand sind hier zu erwähnen, die bis zu ih-

rem Ausscheiden trotz immenser Belastungen durch ihren Promotionsabschluss mit großem Engagement bei der Sache waren.

Abschließend ist zu vermerken, dass auch die Historienwand des LNT neu gestaltet wurde. Neben jeweils zwei Tafeln für die Professoren K. Heinke, H. Piloty, H. Marko und J. Hagenauer gibt es nun auch eine für den fünften Lehrstuhlinhaber, Prof. Ralf Kötter (siehe unteres Foto).



Auszug unserer Werkstätten aus N4 am 25.09.2010. Foto: Dr. Mayer (EWT)



Schautafel für Prof. Ralf Kötter im 3. Stock des Gebäudes N4

12.4 Nomor Research – Lauter Tolle Experten (LTEs)

Thomas Stockhammer und Ingo Viering

What's the news about that Nomor Research in 2010? After six successful and profitable years the days of a "start-up" are history, but research and innovation are more present than ever before. Nomor's services and products have gained even more attraction by the world-wide introduction of Long Term Evolution (LTE) – supplemented by the team's expertise in LTE-Advanced and Self-Organizing Networks (SON). Expertise sells, even through a crisis. Nomor now has partners and customers on five continents, including major players, technology leaders, institutes and universities. The LNT spin-off continuously recruits international engineers, often relying on the excellent programs at the Technische Universität München. Quality matters as a differentiator. The international culture is part of Nomor's hallmark – but during the World Cup all Nomor was one nation: black – red – golden. Coming along with all the good news is only one blemish: Professor Hagenauer decided to retire from his board duties, but he leaves a rising star rather than de-

serting from a sinking ship. We are grateful for his courage and confidence in the company from day one. And the good news are: he promised to maintain his service to act as a bridge between the LNT and Nomor Research.

Nomor Research im Jahre 2010, gibt es da eigentlich was Neues? Nach sechs kontinuierlich erfolgreichen und finanziell profitablen Jahren sind die Tage eines Start-ups zwar ad acta gelegt, das Thema Forschung und Innovation ist jedoch aktuell wie nie zuvor. Mit der Einführung von Long Term Evolution (LTE) sind die Dienstleistungen und Produkte des LNT-Spinoffs begehrt denn je: Wer kann schon auf eine sechsjährige LTE-Historie verweisen und gleichzeitig einen Ausblick auf die nächsten Generationen von LTE, auch bekannt als LTE-Advanced, oder Selbstorganisierende Netze (SON) liefern. Die Konzentration des Unternehmens auf innovative Technologien hat sich auch in der Krise als sehr geeignet herausgestellt.

Immer noch und immer wieder schöpft die Firma aus dem großartigen Potential junger internationaler Ingenieure, die unter anderem an der TU München ausgebildet werden. Diese Ausbildung zusammen mit der Ausrichtung von Nomor Research

auf Forschung und Vorentwicklung wird weltweit als Differenzierung anerkannt und hat der Firma ein Kunden- und Partnernetzwerk auf allen fünf Kontinenten beschert. Diese Partner sind divers, Großfirmen wie Nokia Siemens Networks oder LG Electronics, Technologieführer wie Qualcomm oder Texas Instruments, Spezialisten im Test- und Produktbereich sowie Institute wie ETRI (Korea) oder die European Space Agency (ESA) als auch Universitäten in aller Herren Welt gehören dazu. Des Weiteren ist das engagierte Team ein integraler Bestandteil zweier europäischer Förderprojekte.

Die Zahl der Team-Mitarbeiter ist seit 2008 minimal auf nunmehr 25 gestiegen – Qualität vor Quantität ist hier die Devise, um den Kundenanforderungen gerecht zu werden. Das Team ist beinahe ausschließlich mit Ingenieuren (und Ingenieurinnen!) besetzt und immer noch suchen und finden zahlreiche Studenten der TU München den Weg vom Praktikanten über den Werkstudenten und Masterarbeiter zum Mitarbeiter. Die Mischung ist bunter denn je, wie man auf dem Foto zum Jahresabschluss 2009 unschwer erkennen kann. Erstaunlicherweise waren aber während der Fußballweltmeisterschaft alle Nomor-Mitarbeiter unabhängig vom Herkunftsland schwarz-rot-gold.

All den positiven Meldungen ist aber auch ein kleiner Wermutstropfen beigemischt: Prof. Hagenauer beendete seine Teilhaberschaft an Nomor Research und verabschiedete sich in den wohlverdienten Ruhestand. Wir sind aber glücklich darüber, dass er kein sinkendes Schiff, sondern ein prosperierendes Unternehmen verlässt, und vor allem darüber, dass er uns weiter mit Rat und Tat zur Seite stehen wird. Wir bedanken uns bei ihm für seinen Mut und sein Vertrauen in uns und hoffen, dass er uns weiterhin die Brücken zum Lehrstuhl für Nachrichtentechnik und der TU München bauen wird.



Das Nomor-Team 2009 mit Prof. Hagenauer und vielen ehemaligen Mitarbeitern und Diplomanden des LNT

12.5 Feste – Feiern



17.12.2008: Weihnachtsfeier des LNT; von links Ingeborg Hauske, Elly Kugler, Prof. Hans Marko, Dr. Renate Löhning und Olga Baur.



04.04.2009: Feier von Dr. Christoph Hausl, Dr. Timo Mayer und Dr. Johanna Weindl.



Weitere Promotionen: Dr. Thomas Stockhammer, Dr. Janis Dingel, Dr. Pavol Hanus



30.09.2009: Der LNT vor der Donausternwarte in Sausthal in der Nähe von Kelheim. Unser Betriebsausflug 2009.



17.12.2008 – NT-Praktikum:

LNT-Weihnachtsfeier 2008

(siehe nebenstehendes Foto)

- Viele Ehemalige und Studenten
- Fassbier von Nomor (auch 2009)
- Das Jahr am LNT in Bildern
- „Debattieren ohne Wissen“

Organisation: J. Dingel, J. Weindl, G. Zeitler (Pseudonym: Ja, Di WeinachtsZeit is)

04.04.2009 – NT-Praktikum:

Dreifach-Doktorfeier

(Dr.-Hüte siehe Foto 2. Zeile)

Organisation: C. Hausl, T. Mayer, J. Weindl

05.06.2008 – Dachterrasse:

LNTwww-Grillfest

Organisation: G. Söder, K. Eichin, viele (ehemalige) Diplomanden

30.09.2009: Exkursion zur

Donausternwarte in Sausthal

(siehe unteres Foto)

- Busfahrt nach Kelheim
- Besichtigung der Sternwarte
- Mittagessen in Weltenburg
- Besichtigung der Asamkirche

Organisation: G. Zeitler

14.10.2009 – Gebäude N4, 3. Stock:

5 Jahre LÜT am LNT

- Grillen bei eisigen Temperaturen

Organisation: N. Hanik, M. Jürgens, M. Kontny, A. Ströbele

16.12.2009 – NT-Praktikum:

LNT-Weihnachtsfeier 2009

(siehe Foto auf der nächsten Seite)

- Wieder viele Ehemalige
- LNT-Jahresrückblick in Bildern
- Sensationelle Reisetatistik
- Vorzügliches Dinner (wie 2008)
- Denk-, Kreativ-, Aktionsspiele

Organisation: J. Brauchle, K. Giger, M. Thakur (Pseudonym: Kaspar, Mohitior und Brauchlasar)

12 Sonstiges

30.06.2010 – TU Innenhof:

ICTON Barbecue Event

- Versorgung von 350 Gästen mit bayerischen Grillspezialitäten
- Blaskapelle Stockdorf und d'Schwuhplattler (s. Kap. 9.5)
- Der LNT präsentiert sich in Festtagskleidung (Foto Mitte)

Organisation: B. Göbel, U. Brennenstuhl, M. Jürgens, M. Kontny, A. Ströbele, EESTEC LC Munich

08.07.2010 – Dachterrasse:

Späte Einstandsfeier von Neunen

- Laue Sommernacht über München (siehe unteres Foto)
- Grillspezialitäten und andere Schmankerln
- Gitarrensolos und Gesang

Organisation: U. Brennenstuhl, E. Georgieva, M. Heindlmaier, J. Hou, B. Inan, O. Iscan, S. Knogl, T. Lutz, Z. Wen

11.10.2010 – NT-Praktikum:

Grillfest nach der WM

- Umsetzung der Gewinne des LNT-WM-Tippspiels
- Anerkennung der Sieger (alle vom LNT, Erster: C. Hausl)

Organisation: Die drei „Loser“ C. Günther, P. Henkel (beide NAV), M. Jürgens (EWT)

14.10.2010:

Weiterbildungsausflug

- Geodäsie-Observatorium Wettzell
- Anreise mit Bus nach Kötzing
 - Einführungsvortrag Geodäsie
 - Besuch der Forschungs- und Messstation zur Erdvermessung
 - Mittagessen im Landgasthof Miehthener Hof in Viechtach
 - Führung durch Schloss Egg: (Bayerns höchster Schlossturm, tiefstes Verlies)

Organisation: J. Brauchle, K. Giger, M. Thakur



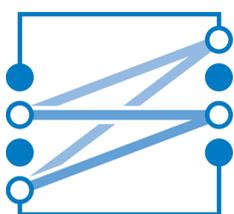
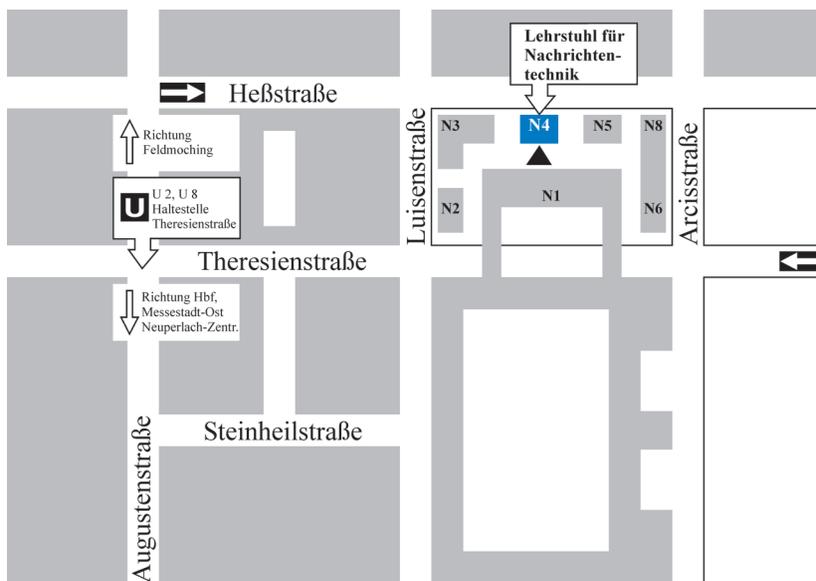
16.12.2009: LNT-Weihnachtsfeier; man erkennt unter anderen Joschi Brauchle, Danaïl Traskov, Mohit Thakur und Oscar Gaete.



30.06.2010: Der LNT in bayerischem Outfit: D. Traskov, B. Göbel, E. Georgieva, M. Heindlmaier, B. Inan, G. Zeitler, S. Hellerbrand, M. Jürgens.



08.07.2010: Einstandsfeier von neun „Neuen“ auf der Dachterrasse von N4 bei herrlichstem Wetter und mit vielen Gästen.



Lehrstuhl für Nachrichtentechnik
 Institut für Informations- und Kommunikationstechnik
 Technische Universität München
 Arcisstr. 21, D-80290 München
 Tel.: (+49) 89 28 92 34 66
 Fax: (+49) 89 28 92 34 90
 URL: <http://www.LNT.ei.tum.de>