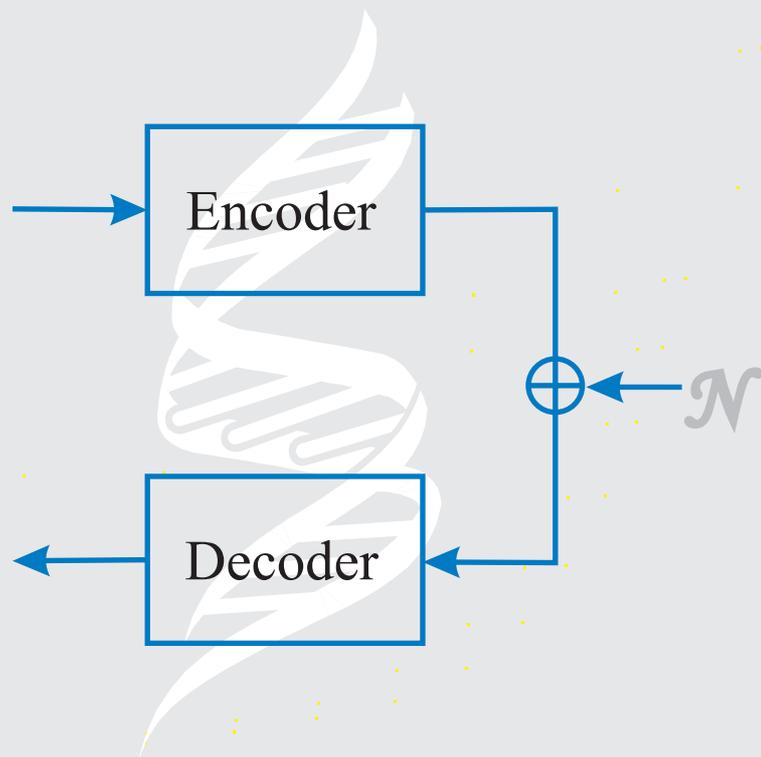


Lehrstuhl für Nachrichtentechnik
Prof. Dr.-Ing. Joachim Hagenauer

Tätigkeitsbericht

1.4.2005–30.9.2006



Technische Universität München

Die Grafik auf der Frontseite wurde von der Forschungsgruppe ComInGen (Communication and Information Theory in Genetics) des Lehrstuhls für Nachrichtentechnik gestaltet. Diese befasst sich seit drei Jahren mit den Möglichkeiten, bekannte Konzepte der Informations- und Codierungstheorie bei der Untersuchung genetischer Information zu nutzen. Die DNA ist der alleinige Träger der Information über den Bauplan eines Organismus und kann als Abfolge von Symbolen aus einem vierwertigen Alphabet dargestellt werden. Die genetische Information ist also in einem digitalen Signal codiert und muss aus diesem nicht nur ausgelesen und interpretiert, sondern auch zuverlässig von Zelle zu Zelle oder von Generation zu Generation übertragen werden. Interessant ist nun die Frage, wie dieses von der Natur im Laufe der Evolution entwickelte genetische Informationsverarbeitungssystem seine erstaunliche Zuverlässigkeit erreicht hat und ob aus der Nachrichtentechnik bekannte Methoden zum Einsatz kommen.

In Zusammenarbeit mit Biologen versuchen wir, Vorgänge in der molekular-genetischen Welt durch nachrichtentechnische Methoden zu interpretieren. Die Grafik symbolisiert das Verschmelzen beider Disziplinen. Sie zeigt die aus der Kommunikationstechnik bekannte Übertragungskette vor dem Hintergrund einer DNA-Doppelhelix – symbolisierend, dass es sich um die Übertragung genetischer Information handelt. Das Rauschen steht symbolisch für Mutationen, die während der Übertragung auftreten. Der Decodierprozess ist theoretisch in der Natur beobachtbar, jedoch meist nur schwer interpretierbar, da uns die Codierung – geformt und optimiert durch die Evolution im Zeitraum von Jahrmillionen – nicht bekannt ist.

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
E-mail: hagenauer@tum.de
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.
Zittelstr. 1, D-80796 München
Tel.: (+49) 16 28 97 67 85
E-mail: hausleiter@freenet.de

Belichtung und Druck:

Typo Plitt
Friedenstr. 4, D-81671 München

Auflage: 500 Stück



Inhalt

1	Vorwort	1
2	Personelles	5
2.1	Wissenschaftliches Personal	5
2.2	Lehrbeauftragte und Honorarprofessoren	5
2.3	Gastwissenschaftler	7
2.4	Mitarbeiter in den Werkstätten	7
2.5	Mitarbeiterinnen im Büro und in der Verwaltung	7
2.6	Externe Doktoranden	7
2.7	Wissenschaftliche und Studentische Hilfskräfte	7
2.8	Ehrungen und Jubiläen	8
2.9	Alumni-Nachrichten	9
3	Lehrveranstaltungen	11
3.1	Einige allgemeine Bemerkungen zur Lehre	11
3.2	Fachgebiet Informationstechnik	12
3.3	Studiengang MSCE	15
3.4	Studiengang Lehramt an beruflichen Schulen (LB)	17
3.5	Lehrstuhl für Kommunikation und Navigation	18
3.6	Hauptseminar Digitale Kommunikationssysteme	19
3.6	Seminar on Topics in Communications Engineering	20
3.7	Weitere Lehrveranstaltungen und Weiterbildung	21
4	Diplomarbeiten, Master Theses, Studienarbeiten	23
4.1	Diplomarbeiten	23
4.2	Master Theses	24
4.3	Master Theses (MSCE)	25
4.4	Diplomarbeiten/Master Theses anderer Hochschulen	25
4.5	Zulassungsarbeiten für den Studiengang LB	26
4.6	Bachelor- und Studienarbeiten	26
5	Dissertationen	29



Inhalt

6	Arbeitsgebiete	39
7	Extern geförderte Projekte	57
8	Veröffentlichungen, Patente, Vorträge	65
8.1	Zeitschriften- und Buchbeiträge	65
8.2	Beiträge in Tagungsbänden	66
8.3	Patente	70
8.4	Vorträge	70
8.5	Publikationen des Lehrstuhls für Kommunikation und Navigation	72
9	Veranstaltungen	73
9.1	Tschechische Akademie der Wissenschaften in Prag	73
9.2	Workshop mit Laboratoire de Télécommunications	75
9.3	International Workshop on Optical Communications	76
9.4	Festkolloquium zur Verabschiedung von Prof. Hauske	77
9.5	15 th Joint Conference on Communications and Coding, Sölden, Österreich	81
9.6	4 th International Symposium on Turbo Codes and Related Topics	83
9.7	Sechstes Projekttreffen der WPR.7 von NEWCOM	88
9.8	ITG-Fachgruppe „Angewandte Informationstheorie“	89
9.9	Ehrendoktorwürde für Prof. Hagenauer	90
9.10	Workshop „The Revival of Sequential Decoding“	93
9.11	International Graduate Seminar on IT	95
9.12	Abschiedsvorlesung von Prof. Hagenauer	97
10	Internationale Beziehungen	99
10.1	Austauschprogramme	99
10.2	Forschungsaufenthalte von Angehörigen des LNT	100
10.3	Vorträge von Gästen	104
11	Lehrstuhl für Kommunikation und Navigation	105
12	Sonstiges	111
12.1	Tätigkeit in der (Akademischen) Selbstverwaltung	111
12.2	Tätigkeit in Gremien und wissenschaftlichen Vereinigungen	112
12.3	Neuerungen in der Infrastruktur	113
12.4	Nomor – Es läuft: Aus der Garage in den Hinterhof	114
12.5	Feste – Feiern	115

1 Vorwort

Liebe Freunde, Partner und Mitarbeiter des LNT,

„Alles hat seine Zeit“ – das steht schon in den Predigten des weisen Königs Salomon. Deshalb muss und will ich mich damit abfinden, dass die schöne Zeit der Leitung des Lehrstuhls für Nachrichtentechnik – meist kurz LNT genannt – für mich als 65-jährigen jetzt zu Ende geht, wie es das bayerische Hochschullehrergesetz befiehlt.

Einen Lehrstuhl der Ingenieurwissenschaften zu leiten, noch dazu einen so großen mit einer über 100-jährigen Geschichte, ist eine sehr schöne und herausfordernde Aufgabe. Solch ein klassischer Lehrstuhl ist eines der letzten (fast) souveränen Königreiche, die noch existieren. Der Leiter ist ein Souverän von des Ministers und des Präsidenten Gnaden, die sich beide kaum – und wenn überhaupt nur freundlich-wohlwollend – einmischen. Die Finanzquellen sprudeln kontinuierlich dank des bayerisch gespeisten „Titel 73“, der Deutschen Forschungsgemeinschaft, des Bundesministeriums für Bildung und Wissenschaft, der Europäischen Union und – nicht zu vergessen – der Industrie.

Die Finanzen sind dank des Wirkens von Finanzminister Klaus Eichen und seines Vorgängers Dieter Heidner wohlgeordnet. Dann braucht man noch einen Innenminister wie Günter Söder, der vor und hinter den Kulissen dafür sorgt, dass der Vorlesungs- und Prüfungsbetrieb sowie die Rechnerverwaltung geräuschlos

von statten geht. Die Kabinettsitzungen dieses Staates heißen „Assistentenkaffee“ und sind Arbeitsbesprechungen in lockerer Form, in der die einzelnen Ressorts – von „Nachrichtentechnik 1“ bis „Mobile Communications Lab“ – über ihre Arbeit berichten. Es ist kein Geheimnis, dass bei diesen Sitzungen deutlich mehr gelacht wird als an den Kabinettsitzungen in München oder Berlin.

Natürlich wird auch das Brutto-(sozial)produkt dieses Staates gemessen und in Form einer durch das Dekanat – genauer gesagt durch Dr. Wülbern, den Leiter des Statistikamtes – jährlich erstellten Leistungsbilanz verglichen. Aber dies ist eher ein Schönheitswettbewerb und selten wird ein Defizitverfahren eingeleitet, insbesondere, wenn man wie der Lehrstuhl für Nachrichtentechnik im Vergleich gut abschneidet.

Natürlich muss man auf die „vox populi“ der Wählerschaft achten. Dies geschieht in Form von halbjährlichen Lehrevaluationen, aber selten liest man in den Gazetten wie dem „Trafo“ so etwas wie Unzufriedenheit oder gar aufkommende revolutionäre Tendenzen. Im Gegenteil, der LNT erfreut sich häufiger Nominierungen für den „Preis für gute Lehre“ und war zweimal sogar der Gewinner dieser Auszeichnung.

Die Außenbeziehungen zu anderen „Königreichen“ in der Fakultät und an der TU München sind hervorragend. Ich darf jetzt bei meiner

„Abdankung“ von einer fast 14-jährigen Friedenszeit berichten. Die Allianzen zwischen den Lehrstühlen – insbesondere mit dem Nachbarreich des LKN (Lehrstuhl für Kommunikationsnetze) von Prof. Eberspächer, aber auch mit Ulm, Erlangen, Aachen, Berlin und Hannover – erwiesen sich als äußerst gewinnbringend, nicht zuletzt bei der DFG.

Aber auch die interkontinentalen Beziehungen des LNT erfreuen sich einer großen Stetigkeit und Fruchtbarkeit, etwa zu Prof. Costello und Prof. Massey. So ist es nicht verwunderlich, dass das Regiment zukünftig von einem „Ausländer“ aus Darmstadt und Illinois übernommen wird, so wie vor 200 Jahren einer aus Pfalz-Zweibrücken bayerischer König wurde.

Sie merken hoffentlich an diesen lockeren Worten, wie sehr es mir am LNT gefallen hat. Einige Aspekte dieser Aufgabe sind mir über all die Jahre immer wichtig gewesen:

- Gute Mitarbeiter zu gewinnen: Das müssen nicht unbedingt die Absolventen mit einem 1,0-Diplomdurchschnitt sein. Vielmehr spielt der Persönlichkeitsaspekt eine große Rolle.
- Frauen einen angemessenen Platz in den Ingenieurwissenschaften zu verschaffen: Ich freue mich besonders, dass unter den etwa 30 Promovierten vier Doktorandinnen waren, von denen zwei Professorinnenstellen erhielten.

1 Vorwort

- Den Doktorand(inn)en zwar die Themen vorzugeben, aber ihnen dann genügend Freiräume zu belassen und sie bei ihren Arbeiten lediglich zu begleiten.
- Allen Assistenten gleichermaßen Aufgaben in Lehre, Forschung, Projekten und Organisation zu geben und sie frühzeitig zur selbständigen Lehre und zum eigenständigen Managen von Projekten hinzuführen.
- Industriekontakte zu pflegen und auch Industrieaufträge anzunehmen, aber nicht um des Geldverdienens willen, sondern nur dann, wenn sie wissenschaftlich interessant sind.
- Eine interkulturelle Arbeitsumgebung zu schaffen: Dazu haben das MSCE-Programm, die zunehmende Internationalisierung der TU München und die vielen Gastwissenschaftler und Humboldt-Preisträger entscheidend beigetragen.
- Einen internationalen Austausch zu pflegen: Fast jeder Assistent war zu einem drei- bis sechsmonatigen Aufenthalt in einer aus-

ländischen Forschungseinrichtung in Ländern wie Australien, Israel, Schottland, dem Libanon, der Schweiz und vor allem in den USA, beispielsweise in Princeton, Stanford oder Georgia Tech.

- Forschung in einer lockeren Umgebung zu betreiben: Dazu zählen die inzwischen weit bekannten „Coding and Skiing“-Wochen, bei denen in einem abgelegenen Ort in den Bergen wissenschaftlicher Austausch betrieben wird, jeweils mit einer anderen, zumeist ausländischen Forschergruppe.
- Aber auch die Ferienakademien in Südtirol und St. Petersburg sowie das Internationale Seminar in Beirut und München mit Teilnehmern aus dem Libanon und Southampton zählen dazu.
- Die sozialen Kontakte und Fähigkeiten zu pflegen und zu fördern: Da sind die fast schon legendären LNT-Weihnachtsfeiern zu erwähnen – stets mit großem Rahmenprogramm – sowie die Exkursionen und Betriebsausflüge, zum Beispiel nach Linz, Wien, Prag und Venedig.
- Zu nennen sind hier aber auch die vielen privaten Doktorfeiern, Geburtstage und Dachfeste. Einen Anlass gab es immer, und sei es eine Sonnenfinsternis. Nur zu Faschingsfeiern haben wir es in meiner Zeit nicht gebracht.

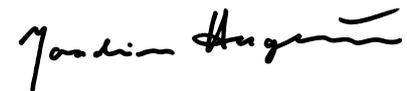
All diese Elemente haben dazu beigetragen, dass ich mich in dem „Königreich“ LNT in den vergangenen dreizehneinhalb Jahren sehr wohl

gefühlt habe. Es war eine sehr gute Entscheidung, 1992 den Ruf nach München anzunehmen. Ich bin sehr glücklich, dass eine so hervorragende Forscherpersönlichkeit wie Professor Ralf Kötter von der University of Illinois at Urbana-Champaign, einer berühmten amerikanischen Hochschule, den Ruf als mein Nachfolger angenommen hat. Ich wünsche ihm, dass er sich – nach vielen Jahren – ebenso zufrieden verabschieden kann, wie ich es heute tue.

Ich bedanke mich ganz herzlich bei allen Lehrstuhlangehörigen, auch im Sekretariat und in den Werkstätten, für die umfangreichen Leistungen, die auch in diesem, nur über einen verkürzten Zeitraum gehenden Bericht sichtbar wurden.

Ich würde mir zudem wünschen, dass man einmal eine Sammlung der Emails herausgibt, mit denen der Chefredakteur dieser Tätigkeitsberichte, Herr Professor Dr.-Ing. habil. Günter Söder, alle Beteiligten ermutigt, antreibt, belohnt und herausfordert, damit alles zum vorgesehenen Zeitpunkt fertig wird. Jeder Herausgeber eines Sammelbandes könnte davon lernen. Vielen Dank für diese geschickte Arbeit, Herr Söder!

München, im September 2006



Joachim Hagenauer

Dear Associates and Friends of the LNT,

when I, as successor of Professor Hagenauer, was offered the opportunity to write a few welcoming words in this activity report, I happily accepted this task even though my official appointment has not yet begun.

Not only does it give me the chance to express my appreciation of the “Lehrstuhl für Nachrichtentechnik” and the people who constitute this institute, but also it provides an opportunity to introduce myself and to satisfy some natural curiosities.

After obtaining my Diploma degree in Electrical Engineering from the TH Darmstadt in 1989, I left Germany for graduate studies in Sweden where I received a Ph.D. in technical sciences in 1996. To make a long story short, I subsequently held positions at IBM’s Research Laboratory in Almaden, California, and at the University of Illinois and CNRS in France, before I began a tenure-track assistant professor position at the University of Illinois at Urbana-Champaign in 1999. Early tenure was granted to me and I have been a member of the faculty in Champaign ever since, pursuing my research program, which covers practical and theoretical aspects of communications.

Research in an engineering discipline is special in a number of ways. In particular, I believe that grounding the primary choice of research problems in the needs of industry not only guarantees relevance of research but, in my experience, it also provides the richest and most interesting problems on which to work. In addition I believe that it is extremely

important for a research group to be very active in an international context. In my experience, the most successful research is often conducted within small and shifting groups of high-powered individuals who, more often than not, are not co-located.

I look forward to continuing and sharing the many international collaborations that have already developed during my career. It speaks of the highest regard that the LNT enjoys that it has been possible to attract a number of outstanding scien-



tist as visitors. I believe the natural stage for the activities of an institute like the LNT is the worldwide community of research groups. It is only in worldwide competition that the LNT can maintain and extend the eminent position that it enjoys today.

When I was honored by receiving the “Ruf” to assume the succession of Professor Hagenauer as Head of the LNT, I felt very excited at the prospect of contributing my time and energy to this worldwide renowned

1 Vorwort

place. Still, the decision to accept this honor was not easy after having lived outside of Germany for almost sixteen years and I must admit that I am leaving my current position at the University of Illinois at Urbana/Champaign with some sense of loss – loss of a vibrant research group, much admired colleagues and many good friends.

Still, in addition to personal reasons, the opportunities and challenges afforded to me in this new position clearly outweighed the concerns and my family and I are looking forward to our life in Munich. In particular, I look forward to getting to know everybody at the LNT much better. My door will be open to everybody and I welcome you to get in touch after I arrive in Munich.

Finally, I would like extend my warmest regards and a heartfelt thank-you to Professor Hagenauer for making the LNT the vibrant place it is today. I will do my best to do justice to his work and legacy as we move forward into the future together.

Munich, July 2006

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ralf Kötter', with a stylized flourish at the end.

Ralf Kötter

2

Personelles

2.1 Wissenschaftliches Personal

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Joachim Hagenauer
Leitung des Lehrstuhls

Prof. Dr.-Ing. Norbert Hanik, Extraordinarius
Fachgebiet „Leitungsgebundene Übertragungstechnik“

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Hans Marko (em.)
Leitung des Lehrstuhls von 1962 bis 1993

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

Dipl.-Ing. Florian Breyer, wiss. Angestellter (ab 15.10.2005)
M.Sc. Leonardo Coelho, wiss. Angestellter (ab 15.10.2005)
Dipl.-Ing. Janis Dingel, wiss. Angestellter (ab 01.01.2006)
Dipl.-Ing. Nicolas Dütsch, wiss. Angestellter
Dipl.-Ing. Bernhard Göbel, wiss. Assistent
M.Sc. Pavol Hanus, wiss. Assistent
Dipl.-Ing. Christoph Hausl, wiss. Angestellter
Dipl.-Ing. Stephan Hellerbrand, wiss. Angestellter (ab 15.10.2005)
Dipl.-Ing. Hrvoje Jenkač, wiss. Angestellter
Dipl.-Ing. Günther Liebl, wiss. Assistent
Dipl.-Ing. Timo Mayer, wiss. Angestellter
Dipl.-Ing. Frank Schreckenbach, wiss. Angestellter
Dipl.-Ing. Johanna Weindl, wiss. Angestellte (ab 01.01.2006)
Dr. phil. nat. Jürgen Zech, wiss. Angestellter (ab 01.03.2006)

Im Berichtszeitraum ausgeschieden:

Prof. Dr.-Ing. Gert Hauske, Extraordinarius (zum 31.03.2006)
Dr.-Ing. Christian Kuhn, wiss. Angestellter (zum 31.08.2006)
M.Sc. Ioannis Oikonomidis, wiss. Angestellter (zum 31.07.2005)
Dr.-Ing. Johannes Zangl, wiss. Assistent (zum 30.11.2005)

2.2 Lehrbeauftragte und Honorarprofessoren

Apl. Prof. Dr.-Ing. habil. Reimar Lenz, Dr. Lenz Videometrie München
Dr.-Ing. Michael Mecking, BMW AG München
Dr.-Ing. Alexander Seeger, Siemens AG München

2.1 Wissenschaftliches
Personal

2.2 Lehrbeauftragte und
Honorarprofessoren

2.3 Gastwissenschaftler

2.4 Weitere Doktoranden

2.5 Mitarbeiter in den
Werkstätten

2.6 Mitarbeiterinnen im Büro
und in der Verwaltung

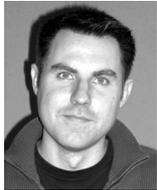
2.7 Wissenschaftliche und
Studentische Hilfskräfte

2.8 Ehrungen und Jubiläen

2.9 Alumni-Nachrichten

Im Berichtszeitraum sind zu unserem Bedauern vier Kollegen ausgeschieden. Um so mehr freuen wir uns, Ihnen eine neue Kollegin und fünf neue Kollegen vorstellen zu können.

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



Universität Stuttgart Elektro- und Informationstechnik mit Schwerpunkt Telekommunikation. Seit Herbst 2005 ist er Assistent von Prof. Hanik im Fachgebiet

Leitungsgebundene Übertragungstechnik. Er beschäftigt sich mit der Entzerrung optischer Polymer-Fasern (POF) in Zusammenarbeit mit der Siemens Coporate Technology in München-Neuperlach. Neben seiner Forschungstätigkeit betreut er die Vorlesung „Grundlagen der Informationstechnik (LB)“.

Leonardo Didier Coelho, M.Sc., 1979 in Recife/Brasilien geboren, studierte in Pernambuco/



Brasilien und München Elektrotechnik sowie Communications Engineering. Er beendete sein Studium mit der Masterarbeit „Mehrstufige Modulationsverfahren in der optischen Übertragungstechnik“.

Seit Oktober 2005 ist er als wissenschaftlicher Mitarbeiter von Prof. Hanik am LNT im Fachgebiet „Leitungsgebundene Übertragungstechnik“ tätig und betreut die Vorlesung „Optical Communication Systems“. Seine Forschungsthemen sind Modellierung, Simulation und Optimierung optischer Kommunikationssysteme, nichtlineare Effekte in der Faser und mehrstufige Modulationsverfahren.

Die neue Hinzugekommenen am LNT

Dipl.-Ing. Janis Dingel, 1980 in Marburg geboren, studierte ab 2000



an der TU München Elektrotechnik mit Schwerpunkt Informationstechnik. Er absolvierte ein Auslandspraktikum bei der Siemens AG in

Vancouver/Kanada. Sein Studium beendete er 2005 mit einer Diplomarbeit über die „Detektion und Analyse konservierter, nichtcodierender Sequenzen im menschlichen Genom“. Seit Januar 2006 arbeitet er in der Forschungsgruppe ComInGen (Communication and Information Theory in Genetics) und beschäftigt sich insbesondere mit der Frage, ob die Natur bei der Informationsverarbeitung auf molekularbiologischer Ebene selbst fehlerkorrigierende Codes entwickelt hat. Neben der Forschungstätigkeit ist Janis Dingel mitverantwortlich für die Systemadministration der Computersysteme des Lehrstuhls. Insbesondere kümmert er sich um das LNT-Videokonferenzsystem.

Dipl.-Ing. Stephan Hellerbrand, geboren 1980 in München, studierte ab 1999 an der TUM



Elektro- und Informationstechnik mit Schwerpunkt Nachrichtentechnik. Nach einem Aufenthalt an der University of

Melbourne im Rahmen eines Kontaktstipendiums beendete er im April 2005 sein Studium mit einer Diplomarbeit über „Trellis-basierende Quantisierung“, die er zum Teil am Lund Institute of Technology in Schweden anfertigte. Seit Herbst 2005 arbeitet Stephan Hellerbrand in der Optikgruppe von Prof. Hanik im EIBONE-Projekt, wo er sich mit der Störungskompensation in Glasfaserübertragungssystemen befasst. Daneben betreut er das ab 2006 angebotene Praktikum „Simulation of Optical Communication Systems“ und ist verantwortlich für die Administration der Computersysteme des LNT (Linux- und Windows-Server, Backup und Netzkomponenten).

Dipl.-Ing. Johanna Weindl, 1981 in Starnberg geboren, studierte ab



2000 an der TUM Elektro- und Informationstechnik mit Schwerpunkt Kommunikationstechnik, davon ein Semester an der Universidad

Politecnica de Cartagena in Spanien. Ihre Diplomarbeit über „Codebuchmodelle für Interaktionen zwischen Proteinen und DNA“ schrieb sie zur Hälfte am LNT, zur anderen Hälfte im Libanon an der American University of Beirut. Seit Januar 2006 ist sie wissenschaftliche Angestellte am LNT und forscht als Mitglied der ComInGen-Gruppe an Synchronisationsprozessen in der Molekularbiologie. Daneben betreut sie die Vorlesung „Advanced Topics in Communications Engineering“ und sie ist Assistant Program Manager im Collaborative IT Program on Education and Research (CITPER).

Dr. phil. nat. Jürgen Zech, 1973 in Aschaffenburg geboren, studierte ab 1994 an der Universität



Würzburg Chemie. Er fertigte 2000 am Institut für Biochemie die Diplomarbeit „Replikationsinitiation bei

Eukaryonten“ an. Nach Arbeiten zur Leukämieentstehung durch Fanconi-Anämie am Institut für Humangenetik der Uni Würzburg wechselte er im Herbst 2000 an die Johann Wolfgang von Goethe Universität Frankfurt. 2005 promovierte er bei Prof. Marschalek zum Thema „Bevorzugte Sequenzen für die Entstehung leukämieassoziiierter Translokationen – Untersuchungen zur genomischen Instabilität des humanen MLL-Gens“. Seit März 2006 ist Dr. Zech am Institut für medizinische Statistik und Epidemiologie der TUM bei Dr. Müller angestellt. Er bearbeitet in der ComInGen-Gruppe am LNT die informationstheoretische Analyse konservierter Sequenzen und die Entwicklung neuer Modelle für Protein-DNA-Interaktionen.

2.3 Gastwissenschaftler

Prof. Max H. M. Costa, Universidade Estadual de Campinas, Brasilien
02.05.2006–31.07.2006

Prof. Daniel J. Costello Jr., University of Notre Dame, Indiana, USA
(Humboldt Fellow), 02.05.2005–25.07.2005

Dr.-Ing. Axel Hübner, University of Notre Dame, Indiana, USA
02.05.2005–25.07.2005

Prof. Raymond Yeung, Chinese University of Hong Kong, China
19.05.2005–25.07.2005

2.4 Weitere Doktoranden

Dipl.-Ing. Harald Ernst, DLR, Oberpfaffenhofen
M.Sc. Tiago Gasiba, Nomor Research, München
Dr.-Ing. Markus Kaindl, BMW AG, München
Dipl.-Ing. Matthias Mörz, Aspien GmbH, München
Dipl.-Ing. Ulrich Nuding, Graduiertenkolleg/Zentrum für Sensomotorik
Dr.-Ing. Florian Röhrbein, Honda Research Institute, Offenbach
Dipl.-Ing. Thomas Stockhammer, Nomor Research, München
Dr.-Ing. Melanie Witzke, EADS Astrium GmbH, Ottobrunn

2.5 Mitarbeiter in den Werkstätten

Manfred Jürgens, Betriebsinspektor, Mechanische Werkstatt
Martin Kontny, Elektromaschinenbauer, Elektroniklabor
Winfried Kretzinger, Werkstatteleiter des Elektroniklabors
(Altersteilzeit ab 01.08.2004)
Ansgar Ströbele, Hauptwerkmeister

2.6 Mitarbeiterinnen im Büro und in der Verwaltung

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

2.7 Wissenschaftliche und Studentische Hilfskräfte

Wissenschaftliche Hilfskräfte:

Tiago Gasiba, Ji Li, Alina Resch, Markus Weinhold, Yven Winter.

Studentische Hilfskräfte:

Jonas Bähr (Praktikum), Simon Blank, Joschi Brauchle, Dominik Claußen, Fuat Demir, Daniel Dieterle, Janis Dingel, Philippe Dupraz, Stephanie Eichin, Gaurav Garg, Dimitri Hamidi, Christian Hoffmann, Avni Islamaj, Daniela Jürgens, Franz Kohl, Maxim Kuschnerov, Xing Liu, Ikbal Megdich, Andreas Müller, Martin Pfannenstein, Nicole Reichenberger, Daniel Rogusch, Manijeh Schwindt, Lian Shen, Alena Wasmer, Chao Zhang, Shulian Zhao.

Die links aufgeführten Studierenden waren nach ihrem Studiumsabschluss noch einige Zeit als Wissenschaftliche Hilfskräfte am LNT beschäftigt, mit administrativen Arbeiten betraut oder arbeiteten als studentische Hilfskräfte bei Forschungsprojekten oder bei der Praktikumsbetreuung mit.

Nachfolgend sind die Mitarbeiter, Lehrbeauftragten und (ehemaligen) Diplomanden und Doktoranden aufgeführt, die im Berichtszeitraum für hervorragende Leistungen in Lehre, Forschung bzw. Studium ausgezeichnet wurden. Aufgeführt sind hier nur solche Auszeichnungen, die mit dem LNT unmittelbar in Zusammenhang stehen.

2.8 Ehrungen und Jubiläen

Prof. Dr.-Ing. **Joachim Hagenauer** wurde am 26.05.2006 von der Technischen Fakultät der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg der Titel und die Würde eines *Doktors der Ingenieurwissenschaften Ehren halber* (Dr.-Ing. E.h.) verliehen. Ein Bericht über den Festakt im Erlanger Schloss finden Sie im Kapitel 9.9.

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. **Joachim Hagenauer** wurde im Sommer 2006 vom Präsidenten der Technischen Universität München, Herrn Prof. Wolfgang A. Herrmann, in das *Institute of Advanced Study* berufen. Die vierzehn Mitglieder dieses Gremiums – darunter drei Nobelpreisträger – haben die Aufgabe, die Exzellenzinitiative der TU München zu koordinieren.

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. **Joachim Hagenauer** erhielt im Juli 2006 vom *Bund der Freunde der TUM* für das Projekt „Communication and Information Theory in Genetics“ Fördermittel in Höhe von € 20.000.

Prof. Dr.-Ing. **Gert Hauske**, seit 1965 wissenschaftlicher Mitarbeiter am LNT und seit 2001 Extraordinarius für das Fachgebiet „Grundlagen der visuellen Kommunikation“, feierte im Januar 2005 sein *40-jähriges Dienstjubiläum* und erhielt aus diesem Anlass vom Präsidenten, Herrn Prof. Wolfgang A. Herrmann, die Goldene Ehrennadel der TU München überreicht.

Dipl.-Ing. **Christoph Hausl** und Dipl.-Ing. **Philippe Dupraz**, Diplomand am LNT 2005, wurden im Juni 2006 beim International Workshop on Wireless Ad-hoc and Sensor Networks (*IWWAN 2006*) in New York mit dem *Best Paper Award* ausgezeichnet. Der Titel ihres Beitrags lautete „Joint Network-Channel Coding for the Multiple-Access Relay Channel“.

Dipl.-Ing. **Christoph Hausl** und Prof. Dr.-Ing. **Joachim Hagenauer** erhielten bei der IEEE International Conference on Communications (*ICC 2006*) für den Beitrag „Iterative Network and Channel Decoding for the Two-Way Relay Channel“ den *Best Paper Award* zugesprochen. Der Kongress fand im Juni 2006 in Istanbul statt.

Die LNT-Mitarbeiter und Diplomingenieure **Günther Liebl**, **Hrvoje Jenkač**, **Thomas Stockhammer** und **Christian Buchner** erhielten bei der 4th International Conference on Networking für ihren gemeinsamen Beitrag „Joint Buffer Management and Scheduling for Wireless Video Streaming“ einen der *Best Paper Awards* zugesprochen. Der Kongress fand im April 2005 auf La Reunion statt.

Prof. Dr.-Ing. habil. **Günter Söder** und Dr.-Ing. **Klaus Eichin** belegten bei dem 2006 erstmals ausgetragenen *TUM-eLearning-Award* für das Projekt „LNTwww – ein Lerntutorial für die Nachrichtentechnik“ den zweiten Platz und erhielten ein Preisgeld in Höhe von 1000 Euro. Die Preisverleihung fand am 23.05.2006 im Audimax-Foyer der TUM statt.

Dipl.-Ing. **Johanna Weindl** und **Pavol Hanus** M.Sc. wurden bei der 14th Annual International Conference on Intelligent Systems for Molecular Biology, die im August 2006 im brasilianischen Fortaleza stattfand, für den Beitrag „Synchronization Model of Transcription Initiation in Prokaryotes and its Kinetic Interpretation“ mit dem *Best Paper Award* ausgezeichnet.

Prof. Raymond Yeung von der Chinese University of Hong Kong, im Jahr 2005 Gastprofessor am LNT für das MSCE-Programm, wurde von der Alexander von Humboldt-Stiftung der *Friedrich Wilhelm Bessel Research Award 2006* zugesprochen.

2.9 Alumni-Nachrichten

Dr.-Ing. **Thomas Hindelang**, wissenschaftlicher Mitarbeiter am LNT von 1994 bis 2000 und seitdem bei der Siemens AG München beschäftigt, wurde zum 01.03.2006 *Leiter der Dienststelle* „Algorithmen und Simulationen“ (COM MN PG R H A 5). Wir gratulieren. Er ist damit auf dieser Position der Nachfolger von Dr.-Ing. Alexander Seeger, der zum 01.02.2006 an das Europäische Patentamt in München gewechselt ist.

Dr.-Ing. **Melanie Kaindl**, geb. Witzke, und Dr.-Ing. **Markus Kaindl**, beide wissenschaftliche Mitarbeiter am LNT bis 2005 und Doktoranden von Prof. Hagenauer, haben im Juni 2006 *geheiratet*. In der 106-jährigen Geschichte unseres Lehrstuhls sind sie nach Marianne (Hebel) und Dr. Manfred Mall sowie Margot (Hutterer) und Dr. Walter Mayer das dritte Ehepaar mit beidseitiger LNT-Vergangenheit und das erste doppelt promovierte. Die ehemaligen Kollegen vom LNT gratulieren herzlich.

Dipl.-Ing. **Matthias Mörz**, LNT-Mitarbeiter von 1999 bis 2005, gründete im Juni 2005 die Firma Aspien GmbH (<http://www.aspien.com>). Neben verschiedenen Beratungsdienstleistungen befasst sich Aspien insbesondere mit der Entwicklung von Signalverarbeitungs-Algorithmen für digitale Kommunikationssysteme und deren Implementierungen in Hard- und Software. Ein Tätigkeitsschwerpunkt bildet die analoge Signalverarbeitung. Die Firma hat ihren Sitz in München und beschäftigt derzeit drei Mitarbeiter.

Im Mai 2007 erscheint ein **Special Focus der European Transactions on Telecommunications** zur Würdigung der Lebensleistung unseres Ordinarius, Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Joachim Hagenauer. Als Autoren wirken außer den derzeitigen LNT-Angehörigen Florian Breyer, Janis Dingel, Prof. Norbert Hanik, Christoph Hausl, Hrvoje Jenkač, Günther Liebl, Frank Schreckenbach, Johanna Weindl und Dr. Jürgen Zech auch einige Alumni mit: Prof. João Barros, Dr. Gerhard Bauch, Prof. Zaher Dawy, Prof. Norbert Görtz, Dr. Thomas Hindelang, Prof. Peter Höher, Dr. Susanne Kaiser, Dr. Christian Kuhn, Matthias Mörz, Dr. Elke Offer, Dr. Patrick Robertson, Dr. Michael Ruf, Thomas Stockhammer, Dr. Michael Tüchler und Dr. Thomas Wörz. Für das Editorial – die Laudatio – konnten wir die Herren Professoren Jörg Eberspächer und Johannes Huber gewinnen.



In dieser Rubrik sind Ehrungen und berufliche bzw. private Veränderungen ehemaliger Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zusammengestellt. Sollten wir jemanden vergessen haben, so bitten wir vorab um Entschuldigung.

Gleichzeitig erbitten wir um Informationen für zukünftige Alumni-Nachrichten, die Sie auch auf den WWW-Seiten des Lehrstuhls finden können (www.lnt.ei.tum.de).

3

Lehr- veranstaltungen

3.1 Einige allgemeine Bemerkungen zur Lehre

Joachim Hagenauer und Günter Söder

Wenn Sie die Lehrveranstaltungen auf den nachfolgenden Seiten mit denen früherer Tätigkeitsberichte vergleichen, werden Sie einige gravierende Veränderungen feststellen. So hat Prof. Hanik, seit 2004 Extraordinarius für das Fachgebiet „Leitungsgebundene Übertragungstechnik“ die Lehrveranstaltungen von Dr. Heidner übernommen und diese teilweise neu ausgerichtet. Neu hinzugekommen sind seine Vorlesung „Optical Communication Systems“ und das Praktikum „Simulation of Optical Communication Systems Laboratory“. Beide Veranstaltungen werden gleichzeitig für die Studiengänge EI, IT und MSCE angeboten und deshalb in englischer Sprache abgehalten. Ab Herbst wird Prof. Hanik jeweils drei Vorlesungen je „2V+1Ü“ im Winter und drei Veranstaltungen (zweimal „2V+1Ü“ und einmal „4P“) im Sommer abhalten und damit das Lehrdeputat – inzwischen für Professoren auf 9 und für wissenschaftliche Mitarbeiter auf 5 Semesterwochenstunden erhöht – mehr als erfüllen. Wir danken an dieser Stelle Herrn Dr. Heidner nochmals herzlich für sein jahrzehntelanges Engagement in der Lehre. Ebenso gilt unser Dank den Lehrbeauftragten Prof. Mittelstaedt und Dr. Kühne, deren Vorlesungen nach 25 bzw. 15 Jahren in diesem Bericht erstmals fehlen.

Im Februar 2006 hat auch Prof. Hauske, Extraordinarius für das Fach-

gebiet „Visuelle Kommunikation“ nach mehr als 75 Semestern seine letzten Vorlesungen gehalten (siehe Kap. 9.4). Die noch aufgeführten Lehrveranstaltungen mit den Nummern 72714, 72723, 72752 werden zukünftig entfallen. Die Grundlagenvorlesung „Statistische Signaltheorie“ wurde zu unserem Bedauern an einen anderen Lehrstuhl vergeben.

Im Kapitel 3.2 sind die 18 Lehrveranstaltungen für den Studiengang „Elektrotechnik und Informationstechnik“ (EI) mit Abschluss Dipl.-Ing. oder M.Sc. im Detail angegeben. Im Kapitel 3.3 folgen die 10 Lectures für den englischsprachigen Studiengang „Master of Science in Communications Engineering“ (MSCE), die entweder gemeinsam mit EI durchgeführt oder durch Lehrbeauftragte (Dr. Mecking, Dr. Seeger) bzw. Gastprofessoren (Prof. Costa, Prof. Costello, Prof. Yeung) abgehalten wurden. Der Zulauf zu diesem Programm mit Bewerberauswahl und Studiengebühren nimmt weiter zu.

Das Kapitel 3.4 beinhaltet die Veranstaltungen für das „Lehramt an Beruflichen Schulen“ (LB), die aufgrund von sehr vielen TUM/BWL-Studenten (Anteil etwa 90%) ebenfalls sehr gut besucht werden.

Im Kapitel 3.5 finden Sie die Vorlesungen von Prof. Günther und seinen Mitarbeitern am Lehrstuhl für Kommunikation und Navigation, der verwaltungstechnisch dem LNT angegliedert ist (siehe Kapitel 11).

- 3.1 Einige allgemeine Bemerkungen zur Lehre
- 3.2 Fachgebiet Informationstechnik
- 3.3 Studiengang MSCE
- 3.4 Studiengang Lehramt an beruflichen Schulen (LB)
- 3.5 Lehrstuhl für Kommunikation und Navigation
- 3.6 Hauptseminar Digitale Kommunikationssysteme
- 3.7 Seminar on Topics in Communications Engineering
- 3.8 Weitere Lehrveranstaltungen und Weiterbildung

3.2 Fachgebiet Informationstechnik

- Nr. 72101: PF (2V + 1Ü) im 4. Sem.
Nachrichtentechnik 1
Hagenauer mit Kuhn
Sommersemester 2005 und 2006
- Quellensignale und ihre Spektren. Abtasttheorem, Quantisierung. Basisband-übertragung: Impulsformung und zugehörige 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
Hagenauer mit Jenkač
Wintersemester 2005/2006
- 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. 72112: WP (2V + 1Ü) im 6. Sem.
Einführung in die Kanalcodierung
Hagenauer mit Zangl bzw. Mayer
Sommersemester 2005 und 2006
- Grundbegriffe der Informationstheorie. Beispiele einfacher Blockcodes. Lineare und zyklische Blockcodes. Syndromdecodierung linearer Blockcodes. Grundbegriffe der Algebra und der Galoisfelder. Reed-Solomon- und Bose-Chaudhuri-Hocquenghem (BCH)-Codes. Decodierung von Reed-Solomon-Codes. Faltungscodes: Definition und Eigenschaften, Codierung und Maximum-Likelihood-Decodierung mit dem Viterbi-Algorithmus. Codierung für Fading- und Burst-Kanäle. Codierte Modulation: Trellis- und blockcodierte Modulation. Turbo-Codes. Praktische Anwendungen der Codierung im Mobilfunk, Satellitenfunk und Hörfunk. Verkettung von Codes: Prinzip des Interleavers, Codierung und iterative Decodierung seriell und parallel verketteter Codes.
- Nr. 72113: WP (2V + 1Ü) im 7. Sem.
Mobile Communications
Hagenauer mit Liebl
Wintersemester WS 2005/2006
(in Englisch, zusammen mit MSCE)
- Introduction to mobile communication systems. Digital modulation schemes used for mobile communications. Models for mobile radio channels: slow/fast fading channel, frequency-selective/non-frequency-selective channels. Diversity techniques for fading channels. Channel coding and equalization for mobile communication systems. Existing mobile communication systems (GSM, DECT, IS-95, JDC, IS-54, UMTS).
- Nr. 72120: WP (3V) im 8. Sem.
Hauptseminar Digitale Kommunikationssysteme
Hagenauer, Hanik, Mayer
Sommersemester 2005 und 2006
- Für das Seminar werden verschiedene Themen aus den Gebieten der Mobilkommunikation, der optischen Übertragungstechnik und der Codierung (z. B. Sprach- und Videocodierung, Multimediaübertragung, Mehrantennensysteme, Ad-Hoc-Netzwerke und Kanalcodierung) ausgewählt, die von den Studenten selbständig bearbeitet werden. Jeder Student fasst die Ergebnisse seiner Arbeit schriftlich zusammen und hält anschließend einen wissenschaftlichen Vortrag. Themenliste siehe Kapitel 3.6.

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 accessing techniques.

Nr. 72122: WP (2V + 1Ü) im 7. Sem.
Information Theory and Source Coding
 Mecking
 Wintersemester 2005/2006
 (in Englisch, zusammen mit MSCE)

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 und Signaldetektion), Systemtheorie (periodische Signale, lineare zeitinvariante Systeme, kausale Übertragungssysteme).

Nr. 72140: WP (4P) im 5.–8. Sem.
Grundpraktikum Nachrichtentechnik
 Hagenauer mit Dütsch 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
 Sommersemester 2005 und 2006

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, Übertragungscode, Nyquistsysteme.

Nr. 72142: WP (4P) im 6./8. Sem.
Praktikum Simulationmethoden in der Nachrichtentechnik
 Söder
 Sommersemester 2005 und 2006

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. 72143: WP (4P) im 7. Sem.
Praktikum Simulation digitaler Übertragungssysteme
 Söder
 Wintersemester 2005/2006

Nr. 72153: WF (2V) im 7. Sem.
Digitale Fotografie und Videometrie
Lenz
Wintersemester 2005/2006

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 Farbmatrik, radiometrische und geometrische Kamerakalibrierung, 3D-Objektvermessung.

Nr. 72702: WP (2V + 1Ü) im 4. Sem.
Statistische Signaltheorie
Hauske mit Oikonomidis
Sommersemester 2005

Grundlegende Definitionen und elementare Gesetze der Wahrscheinlichkeitsrechnung. Markov-Ketten. Ein- und mehrdimensionale Zufallsgrößen: Verteilungsfunktion, Momente, Transformation von Wahrscheinlichkeitsdichten. Stochastische Prozesse: stationäre und ergodische Prozesse, Autokorrelationsfunktion, Kreuzkorrelationsfunktion und Leistungsdichtespektrum. Lineare Filterung stochastischer Signale.

Nr. 72714: WP (2V + 1Ü) im 6. Sem.
Psychooptik und Bildübertragung
Hauske
Sommersemester 2005

Systemtheoretische Beschreibung der visuellen Wahrnehmung und Anwendungen in Bildverarbeitung und Bildcodierung. Optische Grundlagen: Geometrisch-optische und beugungsoptische Bildentstehung. Systemtheorie der optischen Abbildung, lichttechnische Größen. Das Auge: Anatomie, Abbildungseigenschaften, Akkommodation, Pupille, Adaption. Der Gesichtssinn als Übertragungskanal: Historie, systemtheoretische Betrachtungsweise, Zeitfrequenz-/Ortsfrequenz-/Zeit-/Ortsverhalten, Augenbewegungen, Mehrkanal-konzepte, Farbwahrnehmung, optische Täuschungen.

Nr. 72723: WP (2V + 1Ü) im 7. Sem.
Kybernetische Systeme
Hauske
Wintersemester 2005/2006

Entscheidungstheorie: Statistische Grundlagen, kostenoptimale Entscheidungsverfahren. Spieltheorie: Strategiebegriff, Theorie der Zwei-Personen-Nullsummenspiele einschließlich Lösungsverfahren. Lernende Systeme: Lernmatrix, Perzeptron, neuronales Netz. Systemtheorie: Grundlagen der Signalübertragung in nervenanalogen Netzen.

Nr. 72752: WF (2V) im 7. Sem.
Optimale Empfänger und Schätzer
Hauske
Wintersemester 2005/2006

Stochastische Prozesse: Korrelationsfunktionen, Leistungsdichtespektren und ihre Messung. Stochastische Systemtheorie. Vektorkanalmodell: Orthonormaldarstellung von Signalen und Rauschen. Optimale Filter: Matched-Filter, MAP-Empfänger. Schätzfilter: Wiener-Filter, Kalman-Bucy-Filter.

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.

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 Ratio, system margin, system penalty. Optimized system design. High-channel WDM systems, ultra-long-haul systems, ultra-high channel data rates, Soliton systems.

Das Praktikum führt in die Modellierung, Simulation und physikalische Optimierung optischer Kommunikationssysteme ein. In diesem Kurs wird eine weltweit verwendete kommerzielle Photonic System Design Software (Optiwave Photonic Design Tools) eingesetzt. In den ersten Terminen werden die Sender- und Empfängerkomponenten Laser, externer Modulator und Photodetektor beschrieben und in der Simulation analysiert. Die folgenden Termine behandeln die linearen und nichtlinearen Effekte, die bei der Glasfaserübertragung auftreten und die daraus resultierende Beeinträchtigung der Signalqualität. Außerdem wird die Optimierung von optischen Übertragungssystemen behandelt sowie die Übertragung über Multimode-Fasern und der Einsatz von Faser-Verstärkern.

3.3 Studiengang MSCE

Introduction to mobile communication systems. Digital modulation schemes used for mobile communications. Models for mobile radio channels: slow/fast fading channel, frequency-selective/non-frequency-selective channels. Diversity techniques for fading channels. Channel coding and equalization for mobile communication systems. Existing mobile communication systems (GSM, DECT, IS-95, JDC, IS-54, UMTS).

Nr. 72915: WP (2V + 1Ü) im 7. Sem.
Digitale leitungsgebundene Übertragungstechnik
Hanik mit Göbel
Wintersemester 2005/2006

Nr. 72921: WP (2V + 1Ü) im 8. Sem.
Optical Communication Systems
Hanik mit Göbel bzw. Coelho
Sommersemester 2005 und 2006
(in Englisch, zusammen mit MSCE)

Nr. 72991: WP (4P) im 8. Sem.
Simulation of Optical Communication Systems Laboratory
Hanik mit Hellerbrand u. a.
Sommersemester 2006
(in Englisch, zusammen mit MSCE)

Nr. 72113: WP (2V + 1Ü) im 1. Sem.
Mobile Communications
Hagenauer mit Liebl
Wintersemester 2005/2006
(gemeinsam mit Studiengang EI)

Nr. 72122: PF (2V + 1Ü) im 1. Sem.
Information Theory and Source Coding
 Mecking
 Wintersemester 2005/2006
 (gemeinsam mit Studiengang EI)

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 accessing techniques.

Nr. 72124: PF (2V + 1Ü) im 3. Sem.
System Aspects in Communications
 Seeger
 Wintersemester 2005/2006
 (gleichzeitig WP für die Module EI-SM-B1, EI-SM-C3 im Studiengang EI, 7. Semester)

Code division multiple access (CDMA) in mobile communication: spreading and scrambling, rake receiver, power control, soft and softer handover. Universal mobile telecommunication system (UMTS) radio access network architecture: mobile station, base station (NodeB), radio network controller (RNC), transport channels and physical channels, service types, channel allocation procedures. CDMA receiver tasks: path acquisition, channel estimation, maximum ratio combining, signal-to-interferer-ratio estimation and power control, decoding. Link budget and coverage evaluation, capacity calculations for uplink and downlink. Transmit diversity: open loop and closed loop. Time division duplex (TDD) modes. Joint detection and joint transmission. Multi-user detection in wideband CDMA: parallel and serial interference cancellation. Adaptive antennas for coverage and capacity enhancement: receiver diversity, space-time rake receiver, transmit diversity for multiple antennas, advanced downlink beamforming. High speed downlink packet access: link quality indication, adaptive modulation and coding, hybrid automatic repeat request.

Nr. 72171: PF (2V + 1Ü) im 2. Sem.
Channel Coding
 Schreckenbach/Hagenauer
 Sommersemester 2005 und 2006

Introduction to error-control coding. Review of information theory: limits on data transmission, discrete-time channel models, the channel coding theorems. 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: Hamming space (definition and properties), 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 (Reed-Solomon codes) over Galois fields (construction, properties, encoding algorithms). Bounded minimum distance decoding (Berlekamp-Massey algorithm). Optional: BCH codes (construction, properties), concatenated codes (construction methods), iterative decoding.

Nr. 72173: PF (2V + 1Ü) im 2. Sem.
Advanced Topics in Communications Engineering
 Yeung mit Hausl
 Sommersemester 2005

Information Theory: construction of the I-Measure, information diagrams, Markov chain. Information Inequalities: a geometrical framework, unconstrained and constrained inequalities, machine proving of Shannon-type inequalities, non-Shannon-type inequalities. Single-Source Network Coding: optimal linear network codes, ramifications and applications. Multi-source network coding: max-flow bound, superposition coding, information rate region.

Advanced course in information theory: new techniques for source coding, gambling and stock market, Kolmogorov complexity, multi-user information theory, joint source and channel coding, coding with side information at transmitter or receiver.

This lecture is a joint seminar of the Institute of Communications (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 (see Chapter 3.7).

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.

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 Ratio, system margin, system penalty. Optimized system design. High-channel WDM systems, ultra-long-haul systems, ultra-high channel data rates, Soliton systems.

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. In the first lab sessions, the basic components of optical transmitters and receivers are described and analyzed in simulations. The sessions that follow treat the linear and nonlinear effects that occur in transmission over optical fiber and the corresponding consequences for the 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)

Eigenschaften von Nachrichtensystemen und deren Komponenten, vorwiegend aus dem Bereich der Mobilfunksysteme: Zeitvariante Kanäle, Vielfachzugriffsverfahren, GSM-System, CDMA, UMTS.

Nr. 72173: PF (2V + 1Ü) im 2. Sem.
Advanced Topics in Communications Engineering
 Costa mit Weindl
 Sommersemester 2006

Nr. 72174: WP (2V) im 3. Sem.
Seminar on Actual Topics in Communications Engineering
 Hagenauer, Hanik, Mayer
 Wintersemester 2005/2006
 (gemeinsam mit LKN)

Nr. 72175: WP (4P) im 1. Sem.
Communications Laboratory
 Hagenauer mit Hausl
 Wintersemester 2005/2006

Nr. 72921: WP (2V + 1Ü) im 2. Sem.
Optical Communication Systems
 Hanik mit Göbel bzw. Coelho
 Sommersemester 2005 und 2006
 (gemeinsam mit Studiengang EI)

Nr. 72991: WP (4P) im 2. Sem.
Simulation of Optical Communication Systems Laboratory
 Hanik mit Hellerbrand u. a.
 Sommersemester 2006
 (gemeinsam mit Studiengang EI)

Nr. 72183: WP (2V + 1Ü) im 8. Sem.
Kommunikationssysteme (LB)
 Eichin
 Sommersemester 2005 und 2006
 (WP für BWL im 6. Semester)

- Nr. 72187: WP (2V + 1Ü) im 7. Sem.
Modulationsverfahren (LB)
Söder
Wintersemester 2005/2006
(WP für BWL im 5. Semester)
- Grundlagen der Modulation: ZSB- und ESB-Amplitudenmodulation und zugehörige Modulatoren/Demulatoren. Winkelmodulation. Verzerrungen durch Modulation. Einfluss von Rauschstörungen. Prinzip der digitalen Modulationsverfahren: Zeitdiskrete Signaldarstellung, Pulscodemodulation. Grundlagen der Digitalsignalübertragung.
- Nr. 72191: WP (3P) im 8. Sem.
Nachrichtentechnik-Praktikum (LB)
Eichin, Söder
Sommersemester 2005 und 2006
- Charakteristische Versuche und Messungen an nachrichtentechnischen Systemen: Grundlagen der Statistik, Signale und Spektren, Amplitudenmodulation, Frequenzmodulation, Abtasttheorem, Pulscodemodulation, Digitalsignalübertragung.
- Nr. 72981: PF (2V + 1Ü) im 1. Sem.
Grundlagen der Informationstechnik (LB)
Hanik mit Breyer
Wintersemester 2005/2006
(PF für BWL im 1. 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, Verteilungsfunktionen und Momente, stationäre und ergodische Prozesse.
- Nr. 72985: PF (2V + 1Ü) im 6. Sem.
Signaldarstellung (LB)
Hanik
Sommersemester 2005 und 2006
(WP für BWL im 4. Semester)
- Signale und Spektren: stochastische, periodische, aperiodische Signale. Fourierreihe, Fourierintegral und Fouriertransformation. Systemtheorie linearer zeitinvarianter Systeme: Übertragungsfunktion, Impulsantwort, lineare Verzerrungen, Faltung.
- 3.5 Lehrstuhl für Kommunikation und Navigation**
- Nr. 72671: WP (2V + 1Ü) im 7. Sem.
Satellite Navigation
Günther mit Graf
Sommersemester 2005
Wintersemester 2005/2006
(in Englisch, zusammen mit MSCE)
- Radio based determination of position, time and velocity. Accuracy – Dilution of Precision (DOP) and User Equivalent Range Error (UERE). Satellite orbits and constellations. Service availability. Navigation services and signals (modulation and codes). Detection and tracking. Discriminators for delay, frequency and phase. Associated loops: DLL, FLL, PLL; Multipath, ionosphere and troposphere – models and errors. Time generation and synchronization. Relativistic corrections. Terrestrial reference system.
- Nr. 72672: WP (2V + 1Ü) im 8. Sem.
Satellite Navigation II
Günther mit Henkel
Sommersemester 2006
(in Englisch, zusammen mit MSCE)
- Differential Global Positioning Service (DGPS) and Global Navigation Satellite System (GNSS). Integrity and augmentation: Wide Area Augmentation System – WAAS, European Navigation Overlay Service – EGNOS, Local Area Augmentation System – LAAS, Ground Based Augmentation System – GBAS. Receiver noise. Multipath mitigation. Binary Offset Carrier (BOC) Signal Correlation: Galileo, Modernized GPS. L2 codeless reception. Carrier phase ambiguity resolution. Enhanced sensitivity reception.

3.6 Hauptseminar Digitale Kommunikationssysteme

Sommersemester 2005

- 09.06.2005 **Fangting Luo** – Betreuer: T. Mayer
Scheduling–Algorithmen für Multiple-Access-Kanäle
- 09.06.2005 **Lun Zhao** – Betreuer: G. Liebl
Video-Streaming über IP-Netze
- 09.06.2005 **Ismail Fidan** – Betreuer: T. Mayer
WiMAX – Broadband Wireless Access Technology
- 16.06.2005 **Andreas Müller** – Betreuer: J. Zangl
Modulation und Codierung in DVB–{S,C,T}
- 16.06.2005 **Andreas Rauschert** – Betreuer: P. Hanus
Codierungstheoretische Modelle in der Genetik
- 16.06.2005 **Joschi Brauchle** – Betreuer: N. Dütsch
Integration von Fehlerdetektion und -korrektur in die arithmetische Codierung
- 23.06.2005 **Ingmar Cramm** – Betreuer: B. Göbel
Transozeanische Glasfaser-Übertragungssysteme: Geschichte und Stand der Technik
- 23.06.2005 **Hui Cong** – Betreuer: C. Hausl
Vierte Generation Mobilfunk
- 23.06.2005 **Daniel Rogusch** – Betreuer: B. Göbel
DSL – Technische Grundlagen und Probleme im Osten
- 30.06.2005 **Guanyu Xu** – Betreuer: H. Jenkač
Fountain–Codierung für Multimedia Broadcast
- 30.06.2005 **Galin Ngamo** – Betreuer: I. Oikonomidis
Kapazität und Codierung von Relais-Kanälen

Sommersemester 2006

- 01.06.2006 **Katrin Hoke** – Betreuer: M. Kaindl
Ultrawideband (UWB) – Eine Alternative zur bisherigen Funktechnik?
- 01.06.2006 **Nora Tax** – Betreuer: F. Schreckenbach
Low-Density Parity-Check Codes

Das Hauptseminar ist eine Wahlpflichtveranstaltung für den Studiengang EI im Sommersemester. Organisator dieses Seminars war im gesamten Berichtszeitraum Dipl.-Ing. Timo Mayer.

- 01.06.2006 **Christian Hoffmann** – Betreuer: T. Mayer
EXIT-Charts
- 22.06.2006 **Nie Xie** – Betreuer: C. Kuhn
Turbo-Entzerrung
- 22.06.2006 **Balazs Matuz** – Betreuer: N. Dütsch
Turbo-Kompression
- 22.06.2006 **Fabian Kleindienst** – Betreuer: T. Mayer
Turbo-Fountain
- 06.07.2006 **Hermann Karl** – Betreuer: B. Göbel
40 Jahre faseroptische Nachrichtentechnik – Eine
technikgeschichtliche Darstellung
- 06.07.2006 **Elyes Bouzitoune** – Betreuer: F. Breyer
Optische Polymerfasern (POF) – Trends und Stand der
Technik
- 13.07.2006 **Xinnan Xu** – Betreuer: P. Hanus
Informationstheorie in der Molekularbiologie
- 13.07.2006 **Ying Yu** – Betreuer: J. Dingel
Hidden-Markov-Modelle in der biologischen Sequenzanalyse
- 13.07.2006 **Andreas Simmler** – Betreuer: J. Weindl
Rahmensynchronisierung und die Analogie in molekularer
Biologie

3.7 Seminar on Topics in Communications Engineering

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. Organization: Dr. Christian Hartmann (LKN) and Timo Mayer (LNT).

Wintersemester 2005/2006

- 02.12.2005 **Rajyalakshmi Mahaligam** – Betreuer: N. Dütsch
The Burrows-Wheeler Compression Algorithm
- 02.12.2005 **Tauseef Afzal** – Betreuer: C. Hausl
Multi-Carrier CDMA and Flash OFDM
- 02.12.2005 **Ahmed Younus** – Betreuer: Dr. Hartmann
WiMax: Broadband Wireless Access
- 13.01.2006 **Yikang Xiang** – Betreuer: H. Jenkač
Digital Video Broadcasting for Handheld (DVB-H)

- 13.01.2006 **Ke Zhu** – Betreuer: B. Müller-Rathgeber (LKN)
UMTS and HSDPA: Fast Internet Access with the
3rd Generation
- 13.01.2006 **Kok Liang Toh** – Betreuer: R. Abou-Jaoude (LKN)
The Digital Home: Networking in the Home
- 20.01.2006 **Roy Ghandour** – Betreuer: T. Mayer
Interference Suppression by Precoding: “Writing on Dirty
Paper”
- 20.01.2006 **Jan Sindre Isene** – Betreuer: S. Eichler (LKN)
Asymmetric Digital Subscriber Line: Internet to the Home
Today and Tomorrow
- 20.01.2006 **Beril Caylak** – Betreuer: P. Tabery (LKN)
WiFi: Wireless LAN for Home Internet Access
- 27.01.2006 **Petter Johannessen** – Betreuer: S. Meister (LKN)
WiFi Mesh Mode: Mesh Networks for Internet to the Home
- 27.01.2006 **Rene Denis** – Betreuer: R. Vilzmann (LKN)
Digital Video Broadcast: Using Broadcast Systems for
Internet Access
- 27.01.2006 **Saravana Alagu Balaji Sundararaj Marimuthu** –
Betreuer: B. Göbel
Quantum Information Theory

3.8 Weitere Lehrveranstaltungen und Weiterbildung

- Coelho, L.; Göbel, B.: Optical Communication Systems. Vorlesung an der
American University of Beirut (AUB) im Libanon, 27.03.–13.04.2006
- Göbel, B.; Weindl, J. et al.: International Graduate Seminar on Information
Technology. Joint Seminar with the American University of Beirut and the
University of Southampton, Beirut, 20.–24.06.2006, München, 11.–15.07.2006
- Hagenauer, J.; Jenkač, H.; Hanus, P.: Das Turbo-Prinzip. Joint Advanced
Student’s School, St. Petersburg, Russland, 30.03.–07.04.2005
- Jenkač, H.: Digitale Modulationsverfahren. CCG-Kurs. Oberpfaffenhofen,
10.10.2005
- Liebl, G.: Digitaler Mobilfunk. Vorlesung am Chinesisch-Deutschen Hoch-
schulkolleg an der Tongji-Universität Shanghai, China, 09.05.–13.05.2005

In diesem Kapitel sind alle Lehr-
veranstaltungen und Weiterbildungs-
seminare zusammengefasst, die von
Lehrstuhlangehörigen an anderen
Universitäten bzw. an Fortbildungs-
einrichtungen in der Industrie ab-
gehalten wurden.

Seeger, A.; Dawy, Z.: WCDMA Basics and Enhancements. CCG-Kurs, Oberpfaffenhofen, 03.07.2006

Söder, G.: Digitale Übertragungssysteme. Praktikum an der Johannes Kepler Universität Linz, Österreich, 7 Termine im Sommersemester 2005

4

Diplomarbeiten

Master Theses Bachelorarbeiten

4.1 Diplomarbeiten

- 14.04.2005 **Dirk Steckhan** – Betreuer: Prof. Hauske, L. Goganovic (Siemens Corp. Princeton)
Segmentation und Visualisierung des Herzens und der Kalzifizierungen aus CT-Daten
- 14.04.2005 **Stephan Hellerbrand** – Betreuer: C. Kuhn, Prof. Anderson (Lund University)
Trellis Based Quantization Using the BCJR Algorithm and its Application to Multiple Correlated Sources
- 02.06.2005 **Uygur Savasar** – Betreuer: F. Schreckenbach, Dr. Auer, A. Saul (beide DoCoMo Euro-Labs)
Clipping Techniques for Peak Reduction in Multi-Carrier Systems
- 30.06.2005 **Ji Li** – Betreuer: Prof. Söder, Dr. Eichin
Konzipierung und Ausarbeitung von Multimedia-Anwendungen zum Thema „Signalдарstellung“
- 14.07.2005 **Korbinian Geiger** – Betreuer: H. Jenkač
Retransmission Strategies for Multimedia Broadcast and Multicast Services
- 04.08.2005 **Markus Koban** – Betreuer: Prof. Hauske, L. Goganovic (Siemens Corp. Princeton)
Entwicklung einer Methode zur Rauschreduzierung von Computertomographie-Daten mittels Wavelet-Transformation
- 11.11.2005 **Janis Dingel** – Betreuer: P. Hanus, Dr. Müller (GSF Neuherberg)
Localization and Statistical Analysis of Conserved Non-Genic Regions
- 11.11.2005 **Johanna Weindl** – Betreuer: P. Hanus, Dr. Dawy (AUB Beirut)
Coding Theory Models for DNA-Protein Interactions
- 20.12.2005 **Philippe Dupraz** – Betreuer: C. Hausl
Rate-Compatible Network Code Design for Joint Network and Channel Coding
- 20.12.2005 **Nikolaus von Tietzen und Hennig** – Betreuer: Dr. Zangl
Iterative Positionsschätzung in unkoordinierten Sensornetzen

4.1 Diplomarbeiten

4.2 Master Theses

4.3 Master Theses (MSCE)

4.4 Diplomarbeiten anderer Hochschulen

4.5 Diplomarbeiten für den Studiengang LB

4.6 Bachelor- und Studienarbeiten

Im abgelaufenen Berichtszeitraum wurden am Lehrstuhl für Nachrichtentechnik 17 Diplomarbeiten für den Studienabschluss *Dipl.-Ing.* und sieben Master Theses für den neuen Studienabschluss *M.Sc.* der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik durchgeführt. Sechs der Absolventen mit dem Abschluss *Master of Science* kamen von der Tongji University und haben das Doppel-diplom im Rahmen des Chinesisch-Deutschen Hochschulkollegs erlangt.

In den Kapiteln 4.1 und 4.2 sind die 17 Diplomarbeiten und 7 Master Theses des LNT zusammengestellt.

Im Kapitel 4.3 sind diejenigen 12 Absolventen im englischsprachigen MSCE-Studiengang aufgeführt, deren Abschlussarbeiten von LNT-Mitarbeitern betreut wurden. Die Abschlussarbeit von Carlos Climent wurde zwar offiziell von seiner Heimatuniversität in Madrid bewertet,

die fachliche Betreuung lag jedoch beim LNT (siehe Kapitel 4.4). Im Gegenzug dazu haben acht unserer Diplomanden ihre Arbeit an einer Universität bzw. in einer Firma in Frankreich, Schweden, den USA bzw. im Libanon durchgeführt (siehe Kapitel 10.1).

Studierende für das *Lehramt an beruflichen Schulen* (LB) müssen als Voraussetzung für die Zulassung zum Staatsexamen ebenfalls ein eigenständiges Thema bearbeiten. Im Berichtszeitraum wurden am LNT drei solcher Abschlussarbeiten angefertigt (siehe Kapitel 4.5), die auch als Diplomarbeit für die Zusatzgraduierung „Diplom-Berufspädagoge“ anerkannt werden kann. Die Bearbeitungszeit beträgt am Lehrstuhl für Nachrichtentechnik ebenfalls 6 Monate.

Seit 2002 ist für alle Studierenden unserer Fakultät, die nach dem 6. Semester den Bachelorgrad erlangen wollen, die Anfertigung einer Bachelorarbeiten im Umfang von etwa 3 Monaten Pflicht. Für alle Anderen besteht die Möglichkeit für eine vom Umfang her vergleichbare Studienarbeit. In Kapitel 4.6 sind die 22 im Berichtszeitraum von Mitarbeitern des LNT betreuten Bachelor- und Studienarbeiten aufgeführt.

Seit dem 01.04.1993 – also in der Amtszeit von Prof. Hagenauer – haben somit insgesamt 478 Studierende ihre wissenschaftliche Abschlussarbeit (Diplom- und Zulassungsarbeit, Master Thesis) bei uns abgelegt. Daneben wurden von den LNT-Mitarbeitern noch 95 Studien- bzw. Bachelorarbeiten betreut.

Günter Söder

20.12.2005 **Anna Weinzierl** – Betreuer: P. Hanus
Compression Based Classification of Linguistic and Genetic Data

30.06.2006 **Jermaine Loy** – Betreuer: C. Hausl, Prof. Medard (MIT)
Energy-Aware Equilibrium for Joint Source and Channel Coding

06.07.2006 **Tzvetomir Tzvetkov** – Betreuer: F. Breyer, M. Mörz, Li Li
(beide Aspien GmbH)
Kanalmodellierung und Untersuchung von Entzerrerverfahren für SI-POF-Übertragungssysteme

06.07.2006 **Vladimir Veljanovski** – Betreuer: L. Coelho, W. Schairer
(Siemens AG)
Untersuchung des Einflusses des Group-Delay Ripples in gechirpten Faser-Bragg-Gittern auf die Übertragungsqualität optischer Systeme

31.07.2006 **Ingo Stork genannt Wersborg** – Betreuer: Prof. Hanik, Prof. Shapiro (MIT)
Implementing the Optimal Entangling Probe with Single-Photon Two-Qubit Quantum Logic

31.07.2006 **Martin Köstler** – Betreuer: Prof. Hanik, Dr. Rapp
(Siemens AG)
Aufbau eines Messplatzes zur automatischen Charakterisierung von Erbium-dotierten Faserverstärkern

28.09.2006 **Giatwan Kosumo** – Betreuer: H. Jenkač, T. Mayer
Decoder Optimization for Turbo-Fountain Codes

4.2 Master Theses

15.09.2005 **Li Li** – Betreuer: Prof. Hanik
Doppeldiplom (Chinesisch-Deutsches Hochschulkolleg)
Modelling and Simulation of Digital Optical Signal Transmission over Polymer Optical Fibers

22.09.2005 **Yan Lu** – Betreuer: T. Mayer, G. Liebl
Doppeldiplom (Chinesisch-Deutsches Hochschulkolleg)
Simulation of UMTS Uplink Channels

22.09.2005 **Yuxin Du** – Betreuer: C. Hausl
Doppeldiplom (Chinesisch-Deutsches Hochschulkolleg)
Network Code Design for Joint Network and Channel Coding

22.09.2005 **Yun Zhu** – Betreuer: G. Liebl, T. Stockhammer, Dr. Heddergott
(beide Siemens AG)
Doppeldiplom (Chinesisch-Deutsches Hochschulkolleg)
Channel Coding Options for Multicarrier GSM

22.09.2005 **Yunnuo Zhu** – Betreuer: G. Liebl, T. Stockhammer, Dr. Pandel
(beide Siemens AG)
Doppeldiplom (Chinesisch-Deutsches Hochschulkolleg)
Scalable Video Coding for Multimedia Broadcast Services

16.03.2006 **Daniel Rogusch** – Betreuer: B. Göbel, C. Kuhn
Untersuchungen zur iterativen Entzerrung und Decodierung hochbitratiger optischer Übertragungssysteme

13.09.2006 **Xing Liu** – Betreuer: N. Dütsch
Doppeldiplom (Chinesisch-Deutsches Hochschulkolleg)
Turbo Source Coding of Non-Binary Memoryless Sources

4.3 Master Theses (MSCE)

06.10.2005 **Johnny Khoury** – Betreuer: C. Kuhn, Prof. Boutros (ENST Paris)
Iterative Detection for MIMO Systems using Lattice Sphere and List-Sequential Detectors

06.10.2005 **Chun Hui Suen** – Betreuer: F. Schreckenbach, Dr. Auer
(DoCoMo Euro-Labs)
Adaptive Coding and Modulation for Multi-User OFDM

06.10.2005 **Ramez Khoury** – Betreuer: G. Liebl, W. Kufer
(Rohde & Schwarz GmbH)
Terrestrial Satellite Communication Channel Modelling

06.10.2005 **Junaid Afzal** – Betreuer: H. Jenkač, T. Stockhammer, Dr. Xu
(beide Siemens AG)
System Design and Advanced Receiver Techniques for MBMS Streaming Services

11.10.2005 **Sijia Zhang** – Betreuer: C. Hausl, Dr. Herzog, Dr. Rademacher
(beide Siemens AG)
Implementation of WiMAX on Digital Signal Processors

13.10.2005 **Leonardo Didier Coelho** – Betreuer: B. Göbel
Numerical Optimization of Fiber-Optic Communication Systems with
Advanced Modulation Formats at 40 Gbit/s Channel Data Rate

13.10.2005 **Van Thanh Vu** – Betreuer: F. Schreckenbach, C. Kuhn
Optimization of Multidimensional Mappings for Advanced Applications

13.10.2005 **Prasanna Sethuraman** – Betreuer: C. Kuhn, Dr. Bauch
(DoCoMo Euro-Labs)
Non-Coherent Detection with the List-Sequential Algorithm

17.08.2006 **Yipeng Liu** – Betreuer: T. Mayer
System Level Network Load Analysis for Uplink Receiver Cooperation

28.09.2006 **Tauseef Afzal** – Betreuer: G. Liebl, Dr. Xu (BenQ mobile)
Interactive Error Control for Mobile Video Telephony

28.09.2006 **Mithlesh Sinha** – Betreuer: Dr. Kuhn, Dr. Heddergott, Dr. Xu
(beide BenQ mobile)
Multiple Antenna Concepts for Enhanced GSM

28.09.2006 **Ahmed Younus** – Betreuer: H. Jenkač, T. Stockhammer, Dr. Xu
(beide BenQ mobile)
Dynamic and Interactive Multimedia Scenes in Mobile Broadcast
Environments

4.4 Diplomarbeiten/Master Theses anderer Hochschulen

14.04.2005 **Carlos Climent** – Betreuer: Prof. Hanik, S. Spälter
(Siemens AG)
ETSI Telecomunicación Ciudad Universitaria Madrid, Spanien
Setup and Test of a Reentrant and Recirculating Optical Loop

4.5 Zulassungs- und Diplomarbeiten für Studiengang LB

- 27.09.2005 **Bettina Hirner** – Betreuer: Prof. Söder, Dr. Eichin
Multimedia-Anwendungen zu den Themen „Wahrscheinlichkeitsdichte – Verteilungsfunktion, Korrelation, Digitale Filter und Verzerrungen“
- 31.03.2006 **Thorsten Kalweit** – Betreuer: Dr. Eichin, Prof. Söder
Multimedia-Anwendungen für LNTwww zum Thema
„Modulationsverfahren“
- 15.09.2006 **Markus Elsberger** – Betreuer: Prof. Söder, Dr. Eichin
Grafische Faltung und Matched Filter – Interaktionsmodule für das
Lerntutorial LNTwww

4.6 Bachelor- und Studienarbeiten

- 10.04.2005 **Florian Rohrmüller** – Betreuer: P. Hanus, Prof. Bajic (Institute for Infocomm Research)
Applications of Hidden Markov Models for the Recognition of Genomic Signals
- 22.04.2005 **Naijiang Lu** – Betreuer: N. Dütsch
Turbo Source-Channel Coding of Still Images
- 01.05.2005 **Ralph Ziegler** – Betreuer: Prof. Hauske, Prof. Breitmeyer (University of Houston, TX, USA)
Erweiterung eines neuronalen Modells zur Erklärung von Parakontrast-Maskierung
- 09.08.2005 **Khaled Jmal** – Betreuer: G. Liebl
End-to-End Control for Wireless Multimedia Applications
- 28.08.2005 **Bastian Bunsen** – Betreuer: Dr. Zangl, Dr. Schmidt, Dr. Kuhwald (beide Rohde & Schwarz GmbH)
Untersuchung von ausgewählten Signalverarbeitungsblöcken von Breitband-OFDM-Demodulatoren mit dem Matlab-System-Generator
- 15.09.2005 **Fangting Luo** – Betreuer: G. Liebl, T. Mayer
Advanced Scheduling Strategies for Wireless Shared Channels
- 15.09.2005 **Lun Zhao** – Betreuer: G. Liebl, T. Mayer
Analysis of the Applicability of the ITU-T E-Model for Dynamic Speech Evaluation in a Wireless Scenario
- 30.09.2005 **Hui Cong** – Betreuer: C. Hausl
Gemeinsame Netzwerk- und Kanalcodierung: Untersuchung der Performance für verschiedene Kanalmodelle
- 01.10.2005 **Dominik Dötterböck** – Betreuer: N. Dütsch
Recursive Nonsystematic Quick-Look-In Constituent Codes and their Application to Turbo Source Coding
- 02.11.2005 **Ismail Fidan** – Betreuer: G. Liebl, T. Mayer
Gaming Requirements for 3G Networks
- 03.11.2005 **Nicolay Kokoranov** – Betreuer: B. Göbel, Dr. Göger (Siemens CT)
Performance Optimization in Lightwave Systems with Fiber-Bragg-Gratings and Electronic Dispersion Compensation

- 01.12.2005 **Fabian Kleindienst** – Betreuer: T. Mayer, H. Jenkač
 Iterative Kooperation von Basisstationen
- 01.12.2005 **Balazs Matuz** – Betreuer: N. Dütsch
 Improving the Performance of Turbo Source Coding for Binary Sources with Memory
- 28.02.2006 **Shulian Zhao** – Betreuer: N. Dütsch
 Turbo Source Coding for Two Binary Correlated Sources
- 31.03.2006 **Inga Trusova** – Betreuer: T. Mayer, H. Jenkač
 Information Theoretical Bounds for Receiver Cooperation
- 31.03.2006 **Philipp Blaumer** – Betreuer: Dr. Eichin, Prof. Maral (ENST Paris)
 Aspekte der Kommunikation über Satellit
- 01.04.2006 **Florian Schweiger** – Betreuer: Dr. Eichin, S. Ladjal (ENST Paris)
 Superresolutionsalgorithmus für aliasingbehaftete Bilder
- 04.04.2006 **Stephan R. Keitel** – Betreuer: Prof. Söder, Dr. Hauser (Fa. ESG)
 Spezifikation und Realisierung einer virtuellen Sensorikgruppe
- 01.07.2006 **Martin Wirnshofer** – Betreuer: N. Dütsch
 Analyse von LT-Codes zur Quellencodierung mit Hilfe von EXIT-Charts
- 19.09.2006 **Lena Chebli** – Betreuer: S. Hellerbrand
 Compensation of Fiber Transmission Impairments by Receiver Signal Processing
- 29.09.2006 **Bertram Fesl** – Betreuer: B. Göbel
 Optimierung optischer Übertragungssysteme mit Turbo-Entzerrung
- 29.09.2006 **Slim Lamine** – Betreuer: Prof. Söder, Dr. Eichin
 Synchrondemodulator und Abtasttheorem – Multimedia-Anwendungen für das Lerntutorial LNTwww

Einige allgemeine Informationen zu den Dissertationen

Günter Söder

5

Dissertationen

During the term of this report, four research assistants of our Institute finished their Ph.D. theses. Prof. Hauske supervised an external Ph.D. student from Klinikum Großhadern.

Up to now, the listing of all finished Ph.D. theses at this and the predecessor institutes, which started back in 1906, contains 190 entries. Since 1993, when Professor Hagenauer became Chair of the Institute for Communications Engineering, he advised altogether 30 Ph.D. theses. His predecessor, Professor Marko, supervised 10 Ph.D. theses in the years since 1993. Furthermore, Professor Hauske was first reviewer in 8 doctoral examinations.

In den letzten eineinhalb Jahren haben vier wissenschaftliche Mitarbeiter des Lehrstuhls ihre Promotion zum Abschluss gebracht, alle betreut von Prof. Hagenauer. Daneben war Prof. Hauske Erstberichter im Promotionsverfahren eines Stipendiaten des Graduiertenkollegs 267, das am Klinikum Großhadern angesiedelt ist.

In der 1906 beginnenden Liste der Promotionen am Lehrstuhl für Nachrichtentechnik und seiner Vorgängerinstitutionen werden Frau Dr. Witzke, Dr. Zangl, Dr. Kaindl, Dr. Röhrbein und Dr. Kuhn als Nummer 186 bis 190 geführt. Seit vor nunmehr dreizehneinhalb Jahren Prof. Hagenauer die Institutsleitung übernommen hat, war er Doktorvater von 30 Doktoran-

dinnen und Doktoranden. Sein Vorgänger, Prof. Marko, hat seit seiner Emeritierung zehn Promotionen betreut. Prof. Hauske, der bis zu seiner Pensionierung im März dieses Jahres innerhalb der Fakultät das Gebiet *Grundlagen der visuellen Kommunikation* vertrat, war als Erstgutachter in acht Promotionsverfahren tätig, so dass seit April 1993 genau 48 Promotionen erfolgreich zum Abschluss gebracht wurden, was einem Mittelwert von knapp vier Dissertationen pro Jahr entspricht.

Auf den Seiten 31–35 finden Sie jeweils kurze, einseitige Zusammenfassungen der fünf Dissertationen. Danach folgt eine Liste mit den 15 Promotionsverfahren, bei denen die LNT-Professoren Hagenauer, Hanik und Hauske als Koreferenten mitgewirkt haben.

Zunächst aber einige persönliche Informationen über die Kandidatin – die 7. aus dem LNT hervorgegangene „Frau Doktor“ in 100 Jahren – und die vier Kandidaten.

Dr.-Ing. Melanie Witzke, geboren 1974 in Köln, studierte an der RWTH



Aachen Elektro- und Informationstechnik. Von 1999 bis 2005 war sie dann wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Nachrichtentechnik.

Ihr Forschungsschwerpunkt lag auf dem Gebiet der Sender- und Emp-

fängerstrukturen für Mehrantennensysteme im Mobilfunk. Zu diesem Thema bearbeitete sie ein dreijähriges Forschungsprojekt mit der Fa. Ericsson. Sie betreute die Vorlesung „Kanalcodierung“ und im Wintersemester 2004/2005 „Grundlagen der Informationstechnik“.

Frau Dr. Witzke ist seit April 2005 Mitarbeiterin bei der EADS Astrium GmbH in Ottobrunn.

Dr.-Ing. Johannes Zangl, geboren 1974 in Augsburg, studierte Elektro-



und Informationstechnik an der TUM und war ab 2000 wissenschaftlicher Mitarbeiter des LNT. In dieser Zeit bearbeitete er u. A. ein mehr-

jähriges DFG-Projekt in dem Schwerpunktprogramm „Adaptivität in heterogenen Kommunikationsnetzen mit drahtlosem Zugang (AKOM)“. Im Bereich der Lehre betreute er über viele Jahre die Vorlesungen „Grundlagen der Informationstechnik“ und „Mobile Communications Lab“ sowie – im Sommersemester 2005 – die „Kanalcodierung“. Zudem war er als Systemverwalter für die Betreuung des LNT-Rechnernetzes und des Mobilfunklabors verantwortlich.

Seit Dezember 2005 ist Dr. Zangl Mitarbeiter bei Infineon Technologies in München und als Entwicklungsingenieur in der Verifikation von VDSL2 tätig.

Dr.-Ing. Markus Kaindl wurde 1972 in Augsburg geboren und studierte Elektro- und



Informationstechnik an der TU München. Von 1998 bis 2005 war er Assistent am LNT und bearbeitete u. A. Forschungsaufträge der Siemens AG. Er beteiligte sich an der Standardisierung des Adaptive Multi-Rate (AMR) Codecs und des Wideband-AMR-Codecs für GSM und beschäftigte sich mit Verfahren zur effizienten Unterstützung von IP-basierten Diensten für das GSM/EDGE Radio Access Network (GERAN). In der Lehre betreute er die Vorlesung „Informationstheorie und Quellencodierung“ sowie mehrere Praktika. Sein Forschungsschwerpunkt lag auf dem Gebiet der Kanalcodierung für leitungsgebundene und paketvermittelte Übertragung von Sprache und Daten im GSM-System. Ferner beteiligte er sich an Konzeption, Aufbau und Betrieb des LNT-Rechnernetzes.

Seit April 2005 ist Dr. Kaindl bei der BMW Group im Bereich der Entwicklung von Bluetooth-Telefonsystemen tätig.

Dr. rer. nat. Florian Röhrbein, 1970 in München geboren, studierte an der



TUM Informatik und war dann Stipendiat im Rahmen des Graduiertenkollegs 267 namens „Sensorische Interaktionen in biologischen und technischen Systemen“. Als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Zentrum für Sensomotorik beschäftigte er sich in der Folgezeit mit interdisziplinären Fragestellungen im Bereich der *Computational Neuroscience*, u. a. an der medizinischen Fakultät der LMU

München, am MacKay Institute, an der Keele University und im Generation Research Program in Bad Tölz.

Herr Dr. Röhrbein arbeitet nach einem Forschungsaufenthalt bei Frau Prof. Schill an der Universität Bremen inzwischen als Senior Scientist am europäischen Honda Research Institute in Offenbach. Er entwickelt dort eine biologisch orientierte kognitive Architektur zur Wissensrepräsentation für den humanoiden Roboter ASIMO.

Dr.-Ing. Christian Kuhn, 1976 in Starnberg geboren, studierte an der



TU München Elektro- und Informationstechnik. Danach war er von 2002 bis 2006 wissenschaftlicher Mitarbeiter am LNT. Während dieser Zeit beschäftigte er sich mit komplexitätsreduzierten Detektionsalgorithmen für iterative Empfängerstrukturen. Der Schwerpunkt lag hierbei auf sequenziellen Detektions- und Schätzalgorithmen. Im Sommer 2005 war Dr. Kuhn im Rahmen von NEWCOM auf einem dreimonatigen Forschungsaufenthalt am *Institute for Digital Communications* an der *University of Edinburgh* in Schottland. Des Weiteren bearbeitete er ein mehrjähriges DFG-Projekt und betreute die Lehrveranstaltungen „Digitale leitungsgebundene Übertragungstechnik“ sowie „Nachrichtentechnik I“.

Seit September 2006 ist Dr. Christian Kuhn bei Rohde & Schwarz in München im Bereich der digitalen Signalverarbeitung beschäftigt.

In nächster Zukunft werden viele der Hagenauer-Assistenten ihr Promotionsverfahren abschließen. Nachfolgend sehen Sie die Themen des internen, in unregelmäßigen Abständen abgehaltenen Doktorandenseminars und die potenziellen Doktoranden des nächsten Berichtszeitraums. Mit (O) sind die Vorträge von Mitgliedern der Optik-Gruppe gekennzeichnet, die in einem parallel abgehaltenen Doktorandenseminar gegeben wurden, das von Prof. Hanik organisiert wird.

01.06.2005 **Ulrich Nuding**
Nichtlineare Informationsverarbeitung im visuellen System: Analyse, Synthese und Modellierung.

08.06.2005 **Christoph Hausl**
Demonstration Tool: Iterative Decoding of Coded Modulation Systems.

03.08.2005 **Pavol Hanus**
Codierungstheoretische Modelle in der DNA – Erste Ansätze.

30.11.2005 **Timo Mayer**
Turbo Base-Station Cooperation for Intercell Interference Cancellation.

01.12.2005 **Leonardo Coelho (O)**
Bit-Error-Rate Analysis Using Eigenfunction Expansion and Saddlepoint Integration Methods.

14.12.2005 **Christoph Hausl**
Iterative Network and Channel Decoding for the Two-Way Relay Channel.

18.01.2006 **Björn Schuller** (Lehrstuhl für Mensch-Maschine-Kommunikation)
Automatische Emotionserkennung aus sprachlicher und manueller Interaktion.

26.01.2006 **Bernhard Göbel (O)**
Information Theory and Fibre-Optics I: The Volterra Series.

09.02.2006 **Frank Palme** (Bayerisches Landesamt für Umwelt)
Systemtheorie als fundamentales Werkzeug für die Modellierung und Implementierung statischer Fourier-spektrometer.

13.02.2006 **Tiago Gasiba** (BenQ)
Density Evolution and Raptor Codes

11.04.2006 **Tiago Gasiba** (BenQ)
Raptor Codes: Theory and Applications

26.04.2006 **Harald Ernst** (DLR)
Interaktiver Satellitenrundfunk für landmobile Teilnehmer

Über die laufenden Forschungsarbeiten können Sie sich auch im Internet unter <http://www.lnt.ei.tum.de> informieren.

Iterative Detektion von MIMO-Signalen mit linearen und erweitert-linearen Filtern

Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. Ulf Schlichtmann

1. Bericht: Prof. Dr.-Ing. Joachim Hagenauer

2. Bericht: Prof. Dr.-Ing. Karl-Dirk Kammeyer (Universität Bremen)

Tag der mündlichen Prüfung: 06.07.2005



This thesis considers transmission without feedback over mobile communication channels with multiple transmit and receive antennas – so called *Multiple Input Multiple Output* (MIMO) channels. Different space-time mappings are investigated that utilize the spatial dimension of the MIMO channel for delivering large data rates and/or more reliable information. *Space-time block codes* are presented as a scheme that achieves the maximum diversity degree. Spatial multiplexing increases the data rate instead of the reliability. The enhanced multi-stratum space-time code and the linear dispersion code aim at exploiting both gains.

Transmission over MIMO channels suffers from strong co-antenna interference. To cope with this problem an iterative receiver structure with a linear detector is developed in this work. This detector cancels and further suppresses the interference with a minimum mean-squared error (MMSE) filter. The filter adapts to the residual interference of its input signal. Apart from the regular linear MMSE filter, a widely linear filter is used to estimate the data. This filter consists of two complex-valued filters for the observation and its complex conjugate. Widely linear estimation is superior or at least identical in performance to strictly linear estimation. In a detailed discussion, it is shown how the widely linear filter adapts to the different structures of the MIMO signal. In particular, we distinguish between space-time mappings that only transmit data and those mappings that also allow complex conjugate repetitions. The former use the widely linear filter to exploit the rotational variance of the interference noise during the iterations. The latter require widely

linear processing to account for the transmitted complex conjugate data. During the iterations, the rotationally variant noise is also considered.

Finally, it is shown how the MIMO system with an iterative receiver can be applied to WLAN. After few modifications of the current IEEE standard 802.11g, significant gains are achieved that allow an increase of the throughput.

This thesis was published by the VDI-Verlag in 'Fortschritt-Berichte' – Ser. 10, No. 762.

In dieser Arbeit wird die Übertragung über Mobilfunkkanäle mit mehreren Sende- und Empfangsantennen untersucht – so genannte *Multiple Input Multiple Output* (MIMO)-Kanäle. Der Fokus liegt dabei auf der Entwicklung von Sendeverfahren und Empfängerstrukturen, die das große Potenzial der MIMO-Kanalkapazität möglichst ausschöpfen. Dem Sender liegt keine, dem Empfänger hingegen perfekte Kanalkennntnis vor.

Zunächst werden unterschiedliche Sendeverfahren im Hinblick auf einen möglichen Diversitäts- bzw. Raten-gewinn untersucht. Als reines Diversity-Verfahren werden die *Space-Time-Blockcodes* betrachtet. Durch analytische Berechnung der Kanalkapazität wird gezeigt, wann diese einen zusätzlichen Energiegewinn nach der Detektion aufweisen.

Einen maximalen Raten-gewinn erzielen Spatial-Multiplexing, der Enhanced-Multi-Stratum-Space-Time- und der Linear-Dispersion-Code. Die beiden zuletzt genannten stellen zusätzlich Sendeantennen-Diversity zur Verfügung.

Den Schwerpunkt der Arbeit bildet die Entwicklung eines iterativen Empfängers, um trotz starker räumlicher Interferenz möglichst große Ge-

winne zu erzielen. Die Schätzung der Daten erfolgt zur Komplexitätsreduktion mit einem linearen anstelle des optimalen A-Posteriori-Probability-Detektors. Ein solcher verwendet ein MMSE (Minimum Mean Squared Error)-Filter, das sich während der Iterationen adaptiv an die Restinterferenz seines interferenzreduzierten Eingangssignals anpasst.

Als Alternative zum regulären linearen MMSE-Filter wird innerhalb des Detektors zusätzlich ein erweitert-lineares Filter verwendet. Dieses setzt sich aus zwei komplexen Filtern zusammen, weshalb nicht nur das Empfangssignal, sondern auch das konjugiert komplexe Empfangssignal verarbeitet werden kann. Ein solches Filter ist immer dann notwendig, wenn konjugiert komplexe Daten übertragen werden, um die darin enthaltene Information zu schätzen. Zusätzlich ist das Filter in der Lage, ein rotationsvariantes Eingangssignal auszuwerten. Diese Charakteristik nimmt das MIMO-Signal während der Iterationen an, wenn das Interferenzrauschen durch den Einfluss der A-priori-Information rotationsvariant wird. In der Arbeit wird analysiert, wann das erweitert-lineare dem streng linearen Filter überlegen ist. Ferner wird die Leistungsfähigkeit der iterativen Detektion für verschiedene Sendeverfahren verifiziert.

Am Beispiel von WLAN wird gezeigt, wie eine MIMO-Übertragungsstrecke mit iterativer Detektion in ein komplexes Mobilfunksystem eingesetzt werden kann. Nach einigen Modifikationen des IEEE-Standards 802.11g erreicht man eine Steigerung des Durchsatzes.

Die Dissertation ist beim VDI-Verlag als Nr. 762 in der Reihe 10 der Fortschritt-Berichte erschienen.

Dr.-Ing. Johannes Zangl:

Multi-Hop-Netze mit Kanalcodierung und Medium Access Control (MAC)

Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. Alexander W. Koch

1. Bericht: Prof. Dr.-Ing. Joachim Hagenauer

2. Bericht: Prof. Dr.-Ing. Jörg Eberspächer

Tag der mündlichen Prüfung: 07.07.2005

This work contains an analysis of uncoordinated, wireless, and distributed networks, e.g. sensor networks, with respect to the OSI-Layers one and two. In detail, we are interested in the influence of channel coding on the overall system performance, since the additional redundancy due to coding results in an increased interference level in uncoordinated networks. In a first step we develop an appropriate system model that allows us to approximate the interference statistics for different channel models (pathloss, Rayleigh- and Rice fading channels) as well as for different channel accessing schemes (completely uncoordinated – ALOHA, Carrier Sense Multiple Access – CSMA). This model is then used extensively for analyzing a great variety of channel coding schemes with and without incremental redundancy. Furthermore, we adapt a transmission scheme with parallel concatenated tail-biting convolutional codes and iterative decoding which promises an increased throughput and high system efficiency in uncoordinated networks. The derivation of a theoretical bound on system performance, which we call the “spectral information speed” concludes this work.

This thesis was published by the VDI-Verlag in ‘Fortschritt-Berichte’ – Ser. 10, No. 761.

Die Arbeit behandelt Aspekte der Kommunikation in unkoordinierten, drahtlosen, verteilten (Sensor-)Netzen auf der physikalischen Schicht sowie der Sicherungsschicht. Insbesondere der Einfluss von Verfahren der Kanalcodierung zum Vorwärtsfehlerschutz ist dabei von Interesse, da durch die hiermit verbundene zusätzliche Redundanz die Wahrscheinlichkeit von Störungen unter Um-

ständen stark erhöht wird. Eine Schlüsselfrage lautet deshalb: Ist der Einsatz von Kanalcodierung in derartigen Systemen überhaupt sinnvoll, wenn durch sie zwar Fehler korrigiert, auf der Übertragungsschicht jedoch gleichzeitig zusätzliche Fehler hervorgerufen werden?

Ein Hauptaugenmerk dieser Arbeit liegt in der objektiven Vergleichbarkeit der Ergebnisse, wobei dieses Ziel nur dann erreicht werden kann, wenn schon auf der physikalischen Schicht eine mit Bedacht durchgeführte Systemmodellierung zur Verfügung gestellt wird. Aufbauend auf dem bekannten Modell mit festen Sendereichweiten der Netzwerkelemente wird deshalb eine geeignete Weiterentwicklung vorgestellt, welche leistungsmäßige Betrachtungen (Pfadverlustmodell sowie zusätzliches Rayleigh- und Rice-Fading) einschließt. Ferner wird bei der Modellierung der Netzwerkelemente zwischen dem durch sie produzierten Verkehr auf der physikalischen Schicht (Sende-Verkehrswert) und der tatsächlich zu übertragenden Information (Informations-Verkehrswert) differenziert. Der Grund für diese Unterscheidung besteht darin, dass (Interferenz-)Störungen auf dem Kanal zwar unmittelbar durch den Sendeverkehr beeinflusst und verursacht werden, für einen objektiven Vergleich der Leistungsfähigkeit jedoch der Informationsverkehr von Interesse ist. Unter Verwendung dieser Basisgrößen des Systems werden außerdem entsprechende Zielgrößen definiert. Hier ist zum einen der Durchsatz, zum anderen die leistungsbezogene Systemeffizienz einer Kommunikationsverbindung in einem verteilten System zu nennen.

Da die betrachteten unkoordinierten Netze aus einer großen Anzahl

von (einigen hundert bis tausend) Knoten bestehen, gestaltet sich die quasi-parallel durchzuführende Rechnersimulation als verhältnismäßig aufwändig. Ein weiterer zentraler Punkt der Arbeit beschäftigt sich deshalb mit der aufwandsgünstigen Approximation der Interferenz für Pfadverlust-, Rayleigh- und Ricefading-Kanäle mit ALOHA- und CSMA-Kanalzugriff. Durch die damit erreichbare hohe Genauigkeit werden zweidimensionale Simulationen vermieden und so die Untersuchung ausgefeilter Übertragungsbzw. Codierverfahren erst ermöglicht.

Mit dem geschaffenen Instrumentarium ist es möglich, verschiedenste Verfahren der Kanalcodierung hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit zu untersuchen. Es konnte gezeigt werden, dass einfache Blockcodierverfahren (Tail-Biting-Faltungscodes) zwar in der Lage sind, den mittleren Durchsatz zu steigern, die Effizienz (erfolgreich übertragene Informationsmenge geteilt durch die hierzu benötigte Sendeenergie) jedoch meist geringer als bei uncodierter Übertragung ist. Dieser Nachteil kann durch Anwendung von Codierungsverfahren mit inkrementeller Redundanz verhindert werden. Im Weiteren wurde ein parallel verkettetes Codierschema mit iterativer Decodierung und inkrementeller Redundanz für verteilte Netze angepasst, das im Vergleich zu allen anderen bisher betrachteten Verfahren eine nochmalige Steigerung der Leistungsfähigkeit bewirkt.

Die Herleitung und Evaluierung der informationstheoretischen Grenze „Spektrale Informationsgeschwindigkeit“ schließt die Arbeit ab.

Die Dissertation ist beim VDI-Verlag als Nr. 761 in der Reihe 10 der Fortschritt-Berichte erschienen.

Kanalcodierung für Sprache und Daten im GSM-System

Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Rigoll

1. Bericht: Prof. Dr.-Ing. Joachim Hagenauer

2. Bericht: Prof. Dr.-Ing. Peter Vary (RWTH Aachen)

Tag der mündlichen Prüfung: 28.10.2005



This thesis addresses channel coding approaches for speech and data transmission in mobile communications. Firstly, we consider the well known concept of unequal error protection with a redundancy profile that is properly matched to the sensitivity of compressed speech data.

In the following we present two novel concepts for enhanced channel (de-)coding of compressed speech signals: A very robust GSM fullrate decoder can be achieved with iterative source and channel decoding. The large gains in speech quality and robustness compared to conventional decoders show that it is worthwhile to give up the well accepted separation principle in the design of future speech and channel codecs. The principle of FEED decoding based on convolutional codes with high memory in combination with sequential decoding is applied to speech transmission with the AMR-Codec. The advantages of this approach are "perfect" bad frame indication and scalable decoding complexity.

The second part of this thesis focuses on the packet-switched transmission of speech and data over the mobile internet. This combined channel consists of a public, uncoordinated packet data network and a mobile network. Due to the different transmission characteristics of both networks we usually observe not only packet losses, but also bit errors within the received data stream. The basic idea of a new transmission concept is based on the interpretation of the packet data network as a random puncturing device. Therefore, for the receiver packet-losses of the packet data network act as puncturing of the channel code at the transmitter. As a consequence the

system is able to manage both packet losses and bit errors with only one channel code. The performance of the new system is shown by means of speech transmission with the AMR codec and data transmission with turbo codes.

This thesis was published by the VDI-Verlag in 'Fortschritt-Berichte' – Ser. 10, No. 764.

Es werden Verfahren zur Kanalcodierung für Sprache im Mobilfunk behandelt. Dabei wird sowohl die herkömmliche Übertragung über leitungsvermittelte Mobilfunkkanäle als auch die paketorientierte Übertragung über das mobile Internet betrachtet. Zunächst wird das bekannte Konzept der quellenangepassten Kanalcodierung unter Verwendung von ungleichmäßigem Fehlerschutz vorgestellt. Darauf aufbauend werden die Erfahrungen, die bei der Umsetzung dieses Konzepts auf die Sprachübertragung im Mobilfunk im Rahmen der Standardisierungen der AMR-Codecs gewonnen werden konnten, zusammengefasst.

Im Weiteren werden zwei neuartige Konzepte zur Verbesserung des Fehlerschutzes für codierte Sprachsignale untersucht: Mit iterativer Quellen- und Kanaldecodierung, die in dieser Arbeit auf den GSM-Vollraten-Codec angewendet wird, kann ein äußerst robustes Gesamtsystem aus Kanal- und Sprachdecoder realisiert werden. Die gegenüber herkömmlichen Decodern großen Gewinne an Sprachqualität zeigen, dass es für zukünftige Codecs lohnenswert ist, das strenge Separationsprinzip bei der Entwicklung von Sprach- und Kanalcodecs aufzugeben. Durch die gemeinsame Optimierung beider Teilsysteme entsteht ein Gesamtsystem, das nicht

nur robust gegenüber Kanalfehlern ist, sondern auch bei abnehmender Kanalqualität lediglich schlechende Qualitätseinbußen zeigt.

Das Prinzip des FEED-Decoders, das basierend auf Faltungscodes mit großem Gedächtnis in Kombination mit sequenzieller Decodierung für progressive Bildcodierer optimiert ist, wird in dieser Arbeit auf die Sprachübertragung mit dem AMR-Codec angewendet. Der Vorteil dieses Ansatzes besteht vor allem in einer Rahmenfehlererkennung, die der Decoder inhärent mit sich bringt, und in einer skalierbaren Decodierkomplexität.

Der zweite Teil der Arbeit setzt den Fokus auf die paketorientierte Übertragung von Sprache und Daten über das mobile Internet. Der Kanal besteht aus einem öffentlichen, unkoordinierten Paketnetzwerk und einem Mobilfunknetz. Aufgrund der unterschiedlichen Übertragungsmedien treten bei der Übertragung über ein derartiges Netzwerk zwei unterschiedliche Effekte auf: Im Paketdatennetz können ganze Datenpakete verloren gehen, während im Mobilfunknetz zwar keine Paketverluste auftreten, dafür aber in den Nutzdaten der Pakete zusätzlich Bitfehler enthalten sein können.

Die grundlegende Idee besteht darin, das Paketnetzwerk als zufällige Punktierungseinheit zu interpretieren. Im Paketnetz verloren gegangene Pakete wirken dann beim Empfänger wie eine senderseitige Punktierung eines Kanalcodes, so dass mit einem einzigen Kanalcode sowohl Paketverluste als auch Bitfehler vermindert werden können.

Die Dissertation ist beim VDI-Verlag als Nr. 764 in der Reihe 10 der Fortschritt-Berichte erschienen.

Dr. rer. nat. Florian Röhrbein:

Visuelle und intersensorische Informationsverarbeitung: Signalstatistische Analyse und psychophysische Experimente

Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. Gerhard Rigoll

1. Bericht: Prof. Dr.-Ing. Gert Hauske

2. Bericht: Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Wilfried Brauer (Fakultät Informatik)

Tag der mündlichen Prüfung: 12.12.2005

Using an information-theoretic approach, this thesis analyzes the relationship between basic properties of sensory information processing and the statistics of natural input signals.

The first part of the thesis deals with the multi-channel decomposition by spatial frequency selective neurons in the visual cortex. To understand the specific biological partitioning scheme, I analyzed the rate-distortion behaviour of several subband decompositions with respect to the characteristic power spectral density of natural images. The results show that a logarithmic self-similar decomposition can yield the desired degree of distortion with far less complexity than a linear decomposition. A closer analysis revealed that there exists a slightly modified optimum decomposition which can yield even better results. This decomposition is roughly self-similar, but with a weak systematic decrease of log-bandwidth with increasing center frequency. This effect has also been observed for visual neurons. My results thus corroborate the hypothesis that biological sensory systems are efficiently adapted to the statistical redundancies of the natural environment.

If this adaptation to the statistical covariances of the sensory input is a universal mechanism that determines not only the information processing within but also between different modalities, substantial crossmodal sensory interactions should exist. To test this prediction, I conducted several psychophysical discrimination experiments in the second part of my thesis. It was measured whether joint auditory-visual sensitivity functions show intersensory interaction effects matched to the multimodal statistical covariance structure. The experi-

mental results provide significant evidence for a neural integration of multisensory information at an early level. Moreover, this type of multisensory integration is highly selective for ecologically valid stimulus combinations and depends on mutual properties of crucially on the auditory and visual signals used in the sense of being co-incident and co-localized. The results thus provide evidence against an independent, modality-specific processing in early sensory stages offering a new perspective on the nature and role of multisensory interactions.

The dissertation is published by the Shaker-Verlag.

In dieser Arbeit wird mit einem informationstheoretischen Ansatz der Zusammenhang zwischen grundlegenden Eigenschaften sensorischer Informationsverarbeitung und der Statistik natürlicher Eingangssignale untersucht.

Im ersten Teil der Dissertation werden theoretische Überlegungen zur mehrkanaligen Bildverarbeitung durch ortsfrequenzselektive Neurone im visuellen Kortex angestellt. Dazu wurden für das charakteristische Leistungsdichtespektrum natürlicher Bilder unterschiedliche Teilbandzerlegungen im Rahmen der Shannonschen Rate-Distortion-Theorie untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass eine logarithmische, selbstähnliche Zerlegung mit deutlich geringerer Komplexität als eine lineare Partitionierungsstrategie zur gewünschten Signalqualität führen kann.

Eine weitere Analyse hat erbracht, dass es eine leicht modifizierte, optimale Zerlegung gibt, die zu einem noch besseren Trade-off zwischen Aufwand und Leistung führt. Diese Kanalaufteilung ist in erster Nähe-

rung selbstähnlich, zeigt jedoch eine systematischen Abnahme der logarithmischen Bandbreiten mit zunehmender Mittenfrequenz. Exakt dieser Effekt wurde auch in neuro- und biowissenschaftlichen Experimenten beobachtet. Damit kann die spezifische Struktur der Ortsfrequenzzerlegung im Sehsystem als das Ergebnis einer effizienten Anpassung an die in natürlichen Bildern vorhandene Statistik zweiter Ordnung gedeutet werden.

Das Prinzip der Anpassung sensorischer Systeme an die statistischen Redundanzen der natürlichen Umgebung gilt auch für multisensorische Integrationsmechanismen, wie in mehreren psychophysischen Experimenten mit akustisch-visuellem Stimulusmaterial im zweiten Teil der Arbeit demonstriert wird. Dabei werden Inkrementalschwellen gemessen, die abhängig von der ökologischen Validität konsistent eine deutliche Sensitivitätssteigerung unter redundanten, gleichlautenden Stimulusbedingungen aufweisen und damit auf einen hochselektiven, neuronalen Summationsmechanismus hindeuten. Ein mehrstufiges On/Off-Modell ist in der Lage, die experimentellen Daten zu erklären.

Es konnte damit gezeigt werden, dass die modalitätsspezifischen Signale in Raum und Zeit kohärente Stimuluskonfigurationen darstellen müssen, um effektiv integriert zu werden. Diese Versuchsergebnisse liefern ein klares Gegenargument zu der klassischen Idee von grundlegend getrennten, modalitätsspezifischen sensorischen Kanälen, die nur in Form von Bias-Effekten oder auf höherer Entscheidungsebene miteinander interagieren.

Die Dissertation ist beim Shaker Verlag erschienen.

Dr.-Ing. Christian Kuhn:

Detection, Decoding, and Estimation with a List-Sequential (LISS) Algorithm

Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. Ulf Schlichtmann

1. Bericht: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Joachim Hagenauer

2. Bericht: Prof. D. J. Costello, Ph.D. (University of Notre Dame, USA)

3. Bericht: Prof. John B. Anderson, Ph.D. (Lund University, Schweden)

Tag der mündlichen Prüfung: 02.06.2006



This work deals with the tree-based algorithm LISS which is derived from the classical sequential decoder. It can be applied in a turbo receiver for detection, decoding, and estimation. Within that iterative receiver structure, it is possible to exploit the variable computational effort of sequential algorithms for detection with reduced complexity. A practical implementation of the sequential decoder is not able to deliver a definite decoding result in any case. The LISS detector, however, does not suffer from this problem in the operating range which is of practical interest for data transmission. This is due to the fact that the LISS algorithm systematically incorporates a priori knowledge into sequential detection. Moreover, the approximate calculation of the a posteriori soft-output allows the application of the turbo principle. After developing the general principles of the LISS algorithm, its application to equalization, co-channel interference cancellation, multiuser detection, and multiantenna detection is investigated.

This thesis will be published 2006 by the VDI-Verlag in the series 'Fortschritt-Berichte'.

Die seit den 1960er Jahren bekannte sequenzielle Decodierung ist eines der ersten Decodierverfahren für Faltungscodes, das sich insbesondere für Codes mit hohem Gedächtnis eignet. Dieser klassische Decodieransatz arbeitet am Codebaum und gewinnt hart entschiedene Schätzwerte für die Informationsbits über eine entsprechende Baumsuche. Legt man jedoch dieser Suche beschränkte Speicherressourcen zugrunde, so kann nicht in jedem Fall garantiert werden, dass die sequenzielle Baumsuche mit dem Stack-Algorithmus

erfolgreich abgeschlossen werden kann. In diesem Fall kann der Empfänger keine Aussage über die Informationsbits des jeweiligen Übertragungsblocks treffen. Dies stellt das zentrale Problem der sequenziellen Decodierung dar.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit dem sequenziellen Algorithmus LISS, der sich vom klassischen Stack-Decoder ableitet. Jedoch wurde dieser um einen Soft-Eingang sowie einen Soft-Ausgang erweitert. Hierdurch wird eine Anwendung von LISS in einem Turbo-Empfänger ermöglicht. Die verwendete Pfadmetrik bezieht neben den Kanalwerten die A-priori-Statistik in die Baumsuche mit ein. Ein weiterer Anteil, der die spezifische Pfadlänge berücksichtigt, vervollständigt die Metrik des LISS-Algorithmus. Dieser Längengewichtungsterm ermöglicht einen Vergleich der schon untersuchten Pfade des Baums, die generell unterschiedliche Längen aufweisen.

Wenn die Baumsuche bedingt durch die begrenzten Speicherressourcen abgebrochen werden muss, kann nach wie vor der Fall auftreten, dass kein Pfad das Ende des Baums erreicht hat. Darüber hinaus weisen im Allgemeinen die meisten gespeicherten Pfade nicht die volle Länge auf. Dennoch ist LISS auch in dieser Situation in der Lage, entsprechende Soft-Ausgangswerte zu ermitteln. Dies geschieht mittels einer Erweiterung aller bereits abgesuchten Pfade zur vollen Länge. Für diese Soft-Erweiterung werden die entsprechenden Erwartungswerte für die übertragenen Bits bzw. Symbole verwendet, die aus der im Turbo-Empfänger vorliegenden A-priori-Information berechnet werden. Dieser zusätzliche Schritt für den Stack-Algorithmus benötigt keinen

zusätzlichen Speicher. Nach der Pfaderweiterung werden aus der gewonnenen Pfadmenge die Soft-Ausgangswerte berechnet. Während den Iterationen im Empfänger assistiert die zweite Soft-In/Soft-Out-Komponente – beispielsweise ein äußerer Kanaldecoder – dem LISS-Algorithmus über die zur Verfügung gestellte A-priori-Information. Dies führt zu einer effizienteren Baumsuche in den folgenden Iterationen, und das ursprüngliche Problem der nicht abgeschlossenen Decodierung kann bei Einsatz des Turbo-Prinzips vermieden werden.

Neben der Decodierung von Faltungscodes mit hohem Gedächtnis kann der LISS-Algorithmus innerhalb eines Turbo-Systems zur Detektion bei linearen Übertragungskanälen verwendet werden. Beispiele für die in dieser Arbeit untersuchten Kanalkomponenten sind intersymbolinterferenzbehaftete Kanäle, Übertragungsszenarien mit Intersymbolinterferenz- und Gleichkanalstörung, Mehrbenutzer- sowie Mehrantennenkanäle. Generell kann für all diese Detektionsprobleme eine Pfadmetrik angegeben werden, welche ohne eine Vorverarbeitung, d.h. ohne Berechnung von ZF-Schätzwerten und Matrixzerlegungen, auskommt. Somit kann auch im Fall der Mehrantennendetektion die sonst übliche Vorverarbeitung eingespart werden, was darüber hinaus eine Detektion in Systemen mit weniger Empfangs- als Sendeantennen ermöglicht.

Weitere Anwendungsgebiete für den LISS-Algorithmus stellen die Schätzung von Kanalparametern sowie die gemeinsame Detektion und Parameterschätzung dar.

Diese Dissertation erscheint noch 2006 im VDI-Verlag in der Reihe Fortschritt-Berichte.

Der nebenstehenden Liste ist zu entnehmen, dass Prof. Hagenauer, Prof. Hauske und Prof. Hanik bei fünf weiteren Promotionsverfahren unserer Hochschule mitgewirkt haben. Daneben waren sie Koreferenten bei Promotionen in Berlin, Bremen, Brest, Dresden, Eindhoven, Erlangen, Kopenhagen, Lausanne und Stockholm.

Weitere Promotionsverfahren mit Beteiligung von LNT-Professoren

- 31.05.2005 **Pablo V. Holm-Nielsen**, Ph.D.
A Study on Optical Labelling Techniques for All-Optical Networks
1. Bericht: Prof. Dr. Bjarne Tromborg, TUD, Kopenhagen, Dänemark
2. Bericht: Prof. Dr.-Ing. *Norbert Hanik* (u. a.)
- 29.06.2005 **Stefania Sesia**, Ph.D.
Advanced Coding Techniques for Multicasting and Broadcasting in Wireless Communications
1. Bericht: Prof. Dr.-Ing. R. Kopp, EURECOM, Sophia-Antipolis, Frankreich
2. Bericht: Prof. Dr.-Ing. *Joachim Hagenauer* (u. a.)
- 12.07.2005 Dr.-Ing. **Patrick Herhold**
Cooperative Relaying - Protocols and Performance
1. Bericht: Prof. Dr.-Ing. Gerhard Fettweis, TU Dresden
2. Bericht: Prof. Dr.-Ing. *Joachim Hagenauer* (u. a.)
- 12.07.2005 Dr.-Ing. **Arne Striegler**
Rein optische Regeneration phasenmodulierter Signale
1. Bericht: Prof. Dr.-Ing. Lorenz-Peter Schmidt, FAU Erlangen
2. Bericht: Prof. Dr.-Ing. *Norbert Hanik*
- 28.07.2005 Dr. rer. nat. **Frank Forster**
Real-Time Range Imaging for Human-Machine Interfaces
1. Bericht: Prof. Dr. rer. nat. i. R. Manfred Lang, TU München
2. Bericht: Prof. Dr.-Ing. *Gert Hauske* (u. a.)
- 22.11.2005 Dr.-Ing. **Dirk Wübben**
Effiziente Detektionsverfahren für Multilayer-MIMO-Systeme
1. Bericht: Prof. Dr.-Ing. Karl-Dirk Kammeyer, Universität Bremen
2. Bericht: Prof. Dr.-Ing. *Joachim Hagenauer*
- 13.03.2006 **Carlos Eduardo Perez Valenzuela**, Ph.D.
Formats de Modulation pour les Telecommunications Optiques
1. Bericht: Prof. Jean-Louis de Bougrenet de la Tocnaye, ENST de Bretagne, Frankreich
2. Bericht: Prof. Dr.-Ing. *Norbert Hanik* (u. a.)
- 24.04.2006 **Cyril Measson**, Ph.D.
Conservation Laws for Coding
1. Bericht: Prof. Rüdiger Urbanke Ph.D., EPFL, Lausanne, Schweiz
2. Bericht: Prof. Dr.-Ing. *Joachim Hagenauer*
- 08.05.2006 Dr.-Ing. **Frank Palme**
Systemtheorie statischer Fourier-Spektrometer – Modellierung und Implementierung
1. Bericht: Prof. (em.) Dr. rer. nat. Dr. h. c. Elmar Schrüfer, TU München
2. Bericht: Prof. Dr.-Ing. *Joachim Hagenauer* (u. a.)
- 11.05.2006 Dr.-Ing. **Volker Winkler**
Automobiler Radarsensor mit integrierter Kommunikationsfunktion
1. Bericht: Prof. Dr.-Ing. habil. Jürgen Detlefsen, TU München
2. Bericht: Prof. Dr.-Ing. *Norbert Hanik*

15.05.2006 **Beata Zsigri**, Ph.D.

Photonic Crystal Fibres as the Transmission Medium for Future Optical
Communication Systems

1. Bericht: Prof. Dr. techn. Palle Jeppesen, TUD, Kopenhagen, Dänemark
2. Bericht: Prof. Dr.-Ing. *Norbert Hanik* (u. a.)

22.05.2006 Dr.-Ing. **Hadrien Louchet**

Top-Down Analysis of High-Capacity Fiber-Optic Transmission

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

07.06.2006 Dr.-Ing. **Björn Schuller**

Automatische Emotionserkennung aus sprachlicher und manueller
Interaktion

1. Bericht: Prof. (i. R.) Dr. rer. nat. Manfred Lang, TU München
2. Bericht: Prof. Dr.-Ing. *Joachim Hagenauer*

12.06.2006 **Omar Al-Askary**, Ph.D.

Coding and Iterative Decoding of Concatenated Multi-Level Codes for the
Rayleigh Fading Channel

1. Bericht: Prof. Ben Slimane, KTH Stockholm
2. Bericht: Prof. Dr.-Ing. *Joachim Hagenauer*

25.06.2006 **Sander Lars Jansen**, Ph.D.

Optical Phase Conjugation in Fiber-Optic Transmission Systems

1. Bericht: Prof. Dr. A. M. J. Koonen, TU Eindhoven, Niederlande
2. Bericht: Prof. Dr.-Ing. *Norbert Hanik*

26.06.2006 Dr. rer. nat. **Markus Hofbauer**

Kombination sensorischer Evidenzen aus dem visuellen und dem auditiven
Kanal

1. Bericht: Prof. Dr. Dr. h.c. mult. W. Brauer
2. Bericht: Prof. Dr.-Ing. (i. R.) *Gert Hauske*

Vom Mobilfunk-Code zum genetischen Code

Joachim Hagenauer

6

Arbeitsgebiete

Fast 30 Jahre Forschung in der Mobilkommunikation sind genug! Ich erinnere mich, als wir 1977 beim DLR in Oberpfaffenhofen mit der digitalen Datenübertragung von Seenotbojen und Schiffen zu Satelliten begannen, wie ich durch Strichlisten die Pegelwerte auszählte und für mich das Rayleighfading entdeckte. Mit meinem leider zu früh verstorbenen Kollegen Bernhard Dorsch haben wir fehlerkorrigierende Codes auf diese Kanäle angewandt, er mit Blockcodes, ich mit Faltungscodes – immer im freundschaftlichen Wettbewerb.

Diese Thematik war auch in den über 13 Jahren am LNT das Leitthema. Jetzt ist die letzte Generation meiner Assistenten und Doktoranden mit diesem Thema beschäftigt und es gibt immer noch neue und überraschende Aspekte, die es mir schwer fallen lassen, das Thema aufzugeben, zumal sich in Verbindung mit Quellen- und Netzwerkcodierung, Basisstationen, Modulation und Relais viele neue Aspekte auftun.

Nicolas Dütsch führt die von Barros und Schaefer begonnene Arbeit zur Quellenkompression fort, die sich zur gemeinsamen Quellen- und Kanalcodierung ausbauen lässt. Es entstehen komprimierte Codes, die robust gegenüber Übertragungsfehlern sind und mit inkrementeller Redundanz arbeiten. Insbesondere im Mobilfunk ist wegen der schwankenden Pegel eine variable Redundanz wünschenswert.

Frank Schreckenbach führt Optimierungen zur Codierte Modulation durch, wobei er Variationen der Modulationsalphabete, der Coderate und des Scheduling einbezieht und – ebenso wie Nicolas Dütsch – das EXIT-Chart von S. ten Brink als ein nützliches Werkzeug einsetzt. Bei all diesen Untersuchungen gibt die Informationstheorie die Grenzen an.

Christian Kuhn hat mit der Sequenziellen Decodierung eine alte Decodieretechnik wieder belebt und auf viele Anwendungen – insbesondere bei MIMO-Systemen – recht erfolgreich angepasst. Anlässlich seiner Doktorprüfung haben wir einen internationalen Workshop „Revival of Sequential Decoding“ veranstaltet (siehe auch Kapitel 9.10).

Interzell- und Intrazell-Interferenz in zellularen Netzen kann mit dem Turbo-Prinzip verringert werden, indem man mit iterativen Verfahren in und zwischen einzelnen Basisstationen die Interferenz nach und nach eliminiert. Timo Mayer hat hierzu überraschende und auf ICC und Globecom viel beachtete Ergebnisse erzielt. Christoph Hausl hat die Turbo-Decodierung auf Relais-Netze erfolgreich angewandt und hierfür zwei „Best Paper Awards“ erhalten, u.a. bei der ICC. Netzwerkcodierung ist ein neues Forschungsgebiet der Informationstechnik, das auch mein Nachfolger bearbeiten wird.

Harvoje Jenkač betrachtet die innovativen Fontänen-codes im Hin-

blick auf Rundfunkanwendungen im Mobilfunk. Wir haben eine Turbo-Fontäne erfunden, die mit den Codes von Digital Fountain konkurriert. Günther Liebl und Thomas Stockhammer untersuchen – auch mit Hilfe des NOMOR-Simulators – Schedulingverfahren für Video und Datenanwendungen.

Der genetische Code der DNA (DNS) enthält alle für Lebewesen wichtige Informationen. Wir sind der Meinung, dass Informationstheoretiker zum Verständnis des Transformationsprozesses von der DNA zur Protein- und Zellgenerierung einiges beitragen können. Deshalb haben wir vor Kurzem die Gruppe „ComInGen: Communications and Information Theory in Genetics“, gegründet. Die Biologen PD Dr. Müller und Dr. Zech und vier Ingenieure – Janis Dingel, Joachim Hagenauer, Pavol Hanus und Johanna Weindl – beschäftigen sich mit der Codierung, Synchronisation und Stochastik der DNA und haben – gefördert durch die DFG und mit Unterstützung von Diplomanden – beachtliche Ergebnisse erzielt. So wurden mit Hilfe der Informationstheorie Hinweise auf genetische Veränderungen und Krankheiten gefunden und Synchronisationsvorgänge bei der Expression der DNA von Bakterien untersucht.

Alle genannten Ergebnisse wurden zunächst auf Tagungen vortragen und dann – oft als „Invited Papers“ – in Zeitschriften publiziert.

On the molecular scale, biological information is encoded in a sequence of discrete symbols from a quaternary alphabet – the DNA. Hence, the genetic information system is digital. In the ComInGen (Communication and Information Theory in Genetics) Group at LNT we analyze the information processing in molecular biology by applying known models and methods from information and communication theory.

In this particular project, we want to answer the question whether nature uses error correcting codes in order to protect its information in a similar way as any technical digital communication system. We believe that an error correcting code might be implemented in recently discovered conserved non-coding (i.e. not coding for proteins) DNA sequences [1][2].

Die DNA besteht aus zwei Zuckerphosphat-Strängen, die durch chemische Bindung von jeweils zwei Nukleotiden zusammengehalten werden und sich zu der berühmten Doppelhelix winden. Die Nukleotidbindungen sind dabei komplementär. Das heißt: Adenin bindet immer mit Thymin und Cytosin immer mit Guanin, so dass die Nukleotidfolge eines Strangs durch die des anderen determiniert ist. Da die DNA

Informationstheoretische Untersuchung konservierter nicht-codierender DNA-Sequenzen

Janis Dingel und Pavol Hanus

zusätzlich gerichtet ist, ist es ausreichend, sie als Abfolge von Symbolen aus einem vierwertigen Alphabet {A, C, G, T} darzustellen. Das genetische Informationssystem ist also digital. In der ComInGen-Gruppe am LNT untersuchen wir, ob die Natur bei der Informationsverarbeitung auf der molekularen Ebene Methoden implementiert hat, die aus der Kommunikationstheorie bekannt sind. Dadurch ergeben sich Erkenntnisse sowohl für Biologen als auch für die Ingenieure.

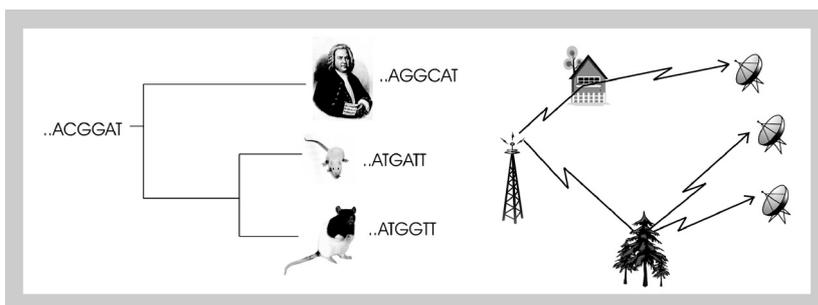
Im beschriebenen Projekt soll speziell untersucht werden, ob die Natur zum Schutz der biologischen Information fehlerkorrigierende Codes entwickelt hat, wie sie auch bei der digitalen Kommunikation zur zuverlässigen Übertragung von Informationswörtern unabdingbar sind. Sowohl gewisse informationstheoretische Überlegungen als auch biologische Experimente geben Hinweise auf die Existenz solcher Codes im Genom [1].

Obwohl nicht-proteincodierende DNA den weitaus größten Teil der Erbinformation bei komplexen Organismen ausmacht, ist ihre Rolle bislang weitgehend unbekannt. Scheint sie zunächst vollkommen redundant zu sein, so lassen statistische Eigenschaften bestimmter Regionen innerhalb dieser nicht-codierenden DNA – wie die erst kürzlich gefundene unerwartete hohe Konservierung innerhalb der Vertebraten – einen nicht zu vernachlässigenden funktionalen Hintergrund vermuten [2]. Einige Forscher glauben, dass die nicht-

codierenden Bereiche eine entscheidende Rolle bei der Informationsverarbeitung auf Molekularebene spielen [3]. Zusätzliche Evidenz liefert die Tatsache, dass der Anteil der nicht-codierenden DNA und der Komplexität eines Organismus positiv korrelieren. Aus informationstheoretischer Sicht deutet die gezielte Einfügung von Redundanz auf einen Fehlerkorrekturmechanismus hin. So könnten die funktionalen nicht-codierenden Bereiche unter anderem dem Fehlerschutz von codierenden und primär regulierenden Sequenzen dienen. Im Rahmen eines DFG-Forschungsprojekts (siehe Kapitel 7) sollen mittels kommunikationstheoretischer Methoden die Funktionen der stark konservierten, nicht-codierenden DNA hinsichtlich der Existenz fehlerkorrigierender Codes aufgeklärt werden. Es wird nach Spuren von DNA-DNA- bzw. DNA-Protein-Interaktionen und Hinweisen zu vorhandenen Fehlerkorrekturmechanismen gesucht. Aus biologischer Sicht sollen Evolutionsmodelle für mögliche aus der Kommunikationstheorie bekannte Fehlerschutzmechanismen entwickelt werden, die Selektions-, Mutations- und Rekombinationsprozesse beschreiben (siehe Abbildung). Ausschlaggebend für den Erfolg dieses Vorhabens ist die enge Zusammenarbeit von Molekularbiologen und Informationstheoretikern, wie sie am Lehrstuhl für Nachrichtentechnik bereits seit drei Jahren erfolgreich praktiziert wird.

Literatur:

- [1] Battail, G.: Information Theory and Error-Correcting Codes in Genetics and Biological Evolution. To appear in „*Introduction to Biosemiotics*“
- [2] Siepel, A. et al.: Evolutionarily Conserved Elements in Vertebrate, Insect, Worm, and Yeast Genomes. In: *Genome Res.*, Vol. 15, No. 8, pp. 1034–1050, 2005
- [3] Pearson, H.: What is a Gene? In: *Nature*, Vol. 441, pp. 399-401, May 2006



Analogie zwischen Evolution (li.) und kommunikationstechnischem Szenario (re.). Information wird von einer Quelle über verschiedene Pfade zu mehreren Empfängern übertragen

Verlustlose Datenkompression basierend auf fehlerkorrigierenden Kanalcodes

Nicolas Dütsch



In 2002 it was shown that source coding can be achieved by randomly puncturing code bits of a sequence encoded with a Turbo code [1]. In order to reconstruct the data an iterative decoder was used to fill all gaps of the erased source bits. One drawback of this technique is the existence of residual errors after reconstruction. These defects occur if too many bits are discarded. After the integration of a test decoder into the compressor and performing an integrity check after reconstruction of the source sequence, the puncturing rate can be adjusted in such a way that lossless source coding is achievable [2].

A further research topic is the improvement of the compression efficiency. The transfer functions of an irregular repeat accumulate code were matched to each other to minimize the tunnel in the modified EXIT charts, as this area is proportional to the gap between compression rate and entropy [4].

Schon 2002 wurde von García-Frías gezeigt, dass Turbo-Codes nicht nur zur Kanalcodierung, sondern auch zur Datenkompression verwendet werden können [1]. Bei seinem Verfahren wird die mit einem Turbo-Code codierte Datensequenz punktiert, um Redundanz zu entfernen. Mittels eines Turbo-Decoders kann die Quellennachricht rekonstruiert werden, bei zu starker Kompression allerdings nur mit Restfehlern.

Am LNT wurde dieses Prinzip erweitert mit dem Ziel, die codierten Daten verlustfrei zu komprimieren, sie also ideal wiederherstellen zu können. Bereits bei der Kompression werden die Quelldaten rekonstruiert und mit der Originalsequenz verglichen. Die Redundanz wird durch Punktierung so lange verringert, bis die Schwelle zwischen idealer und fehlerhafter Rekonstruktion erreicht ist. Anschließend wird der Paritätsprüfblock, der im letzten Schritt zur perfekten Re-

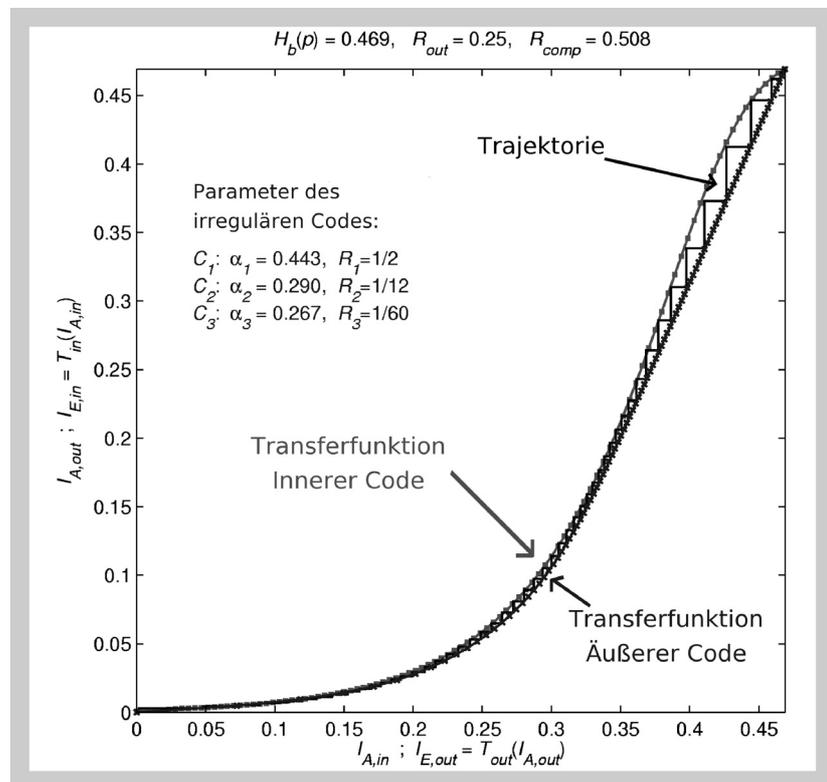
konstruktion führte, als komprimierte Nachricht abgespeichert [2].

In einer gemeinsamen Arbeit mit Prof. García-Frías wurde das ursprüngliche Kompressionsverfahren um ein Quellenmodell erweitert [3]. Zwischen diesem „Hidden Markov Modell“ und dem Turbo-Decoder wird gemäß dem Turbo-Prinzip extrinsische Information ausgetauscht und somit werden die Quellenparameter bzw. -sequenzen gemeinsam geschätzt und rekonstruiert. Dadurch ist es möglich, Daten einer unbekanntten Quelle mit dem Turbo-Kompressionsverfahren zu verarbeiten.

Ein weiteres Forschungsthema ist die Effizienzsteigerung des Codierverfahrens. Mittels modifizierter EXIT-Charts wurden die Komponenten eines irregulären Repeat-Accumulate-Codes so aufeinander abgestimmt, dass die Fläche des Tunnels minimiert wird, da diese proportional zur Differenz von Kompressionsrate und Entropie ist [4].

Literatur:

- [1] García-Frías, J.; Zhao, Y.; Compression of Binary Memoryless Sources Using Punctured Turbo Codes. In: *IEEE Comm. Letters*, Sept. 2002
- [2] Hagenauer, J.; Barros, J.; Schaefer, A.: Lossless Turbo Source Coding with Decremental Redundancy. In: *Proc. 5th Int. ITG Conf. on Source and Channel Coding*, Jan. 2004
- [3] Dütsch, N.; Graf, S.; García-Frías, J.; Hagenauer, J.: Source Model Aided Lossless Turbo Source Coding. In: *Proc. Int. Symposium on Turbo Codes*, April 2006
- [4] Dütsch, N.: Code Optimization for Lossless Compression of Binary Memoryless Sources based on FEC Codes. In: *Eur. Trans. on Telecom.*, Vol. 17, No. 2, March/April 2006



Modifiziertes EXIT-Chart eines optimierten Repeat-Accumulate-Codes zum Erzielen von Kompressionsraten nahe der Shannon-Grenze bei geöffnetem Tunnel

LNTwww – ein Lerntutorial für die Nachrichtentechnik im world wide web

Klaus Eichin und Günter Söder

We are briefly reporting about the progress in the development of our E-learning tutorial system, which uses the Internet and various possibilities of multimedia as an interactive platform. We continued preparing new lectures with an emphasis on multimedia presentations. Up to now we nearly have finished four books.

Wir berichten über den Fortgang der Arbeiten zum interaktiven und web-basierten Lerntutorial *LNTwww*, mit dem wir 2001 begonnen haben und das vom Lehrstuhl für Nachrichtentechnik über das Internet unter www.lntwww.de ohne spezielle Zugangskontrolle bereitgestellt und durchschnittlich von 200 Benutzern pro Monat besucht wird. Im Endausbau soll *LNTwww* schließlich neun in sich abgeschlossene Lehrbücher der Informations- und Telekommunikationstechnik – insbesondere der

Nachrichtentechnik – in didaktisch und multimedial aufbereiteter Form umfassen.

Im Tätigkeitsbericht 2001 – 2003 wurde die Zielsetzung und das didaktische Konzept beschrieben, das auch noch heute gültig ist. Dieses ist auf der Startseite in Form von zehn Merksätzen zusammengefasst. 2005 berichteten wir an dieser Stelle über das technische Konzept und einige Realisierungsaspekte. Da keines der kommerziellen oder als FreeSoftware nutzbaren eLearning-Tools unseren Vorstellungen entsprach, wurde bei der Implementierung auf ein ganzheitliches Konzept gesetzt. In einer Eigenentwicklung mit etwa 3 Personenjahren wurde das datenbankbasierte Autorensystem *LNTwww* geschaffen, das es erlaubt, alle Aspekte unseres didaktischen Konzeptes umzusetzen. Es basiert auf dem Webserverkonzept *Apache*, dem relationalen Datenbanksystem *MySQL* und der Web-Programmiersprache *Perl*.

In diesem dritten Bericht konzentrieren wir uns auf die Inhalte von *LNTwww*; eine detaillierte Inhaltsbeschreibung findet man auf der

Startseite. Von den geplanten neun Büchern sind im September 2006 vier in Teilen fertiggestellt, nämlich

- Signaldarstellung (90%),
- LZI-Systeme (35%),
- Stochastische Signale (95%),
- Modulationsverfahren (70%).

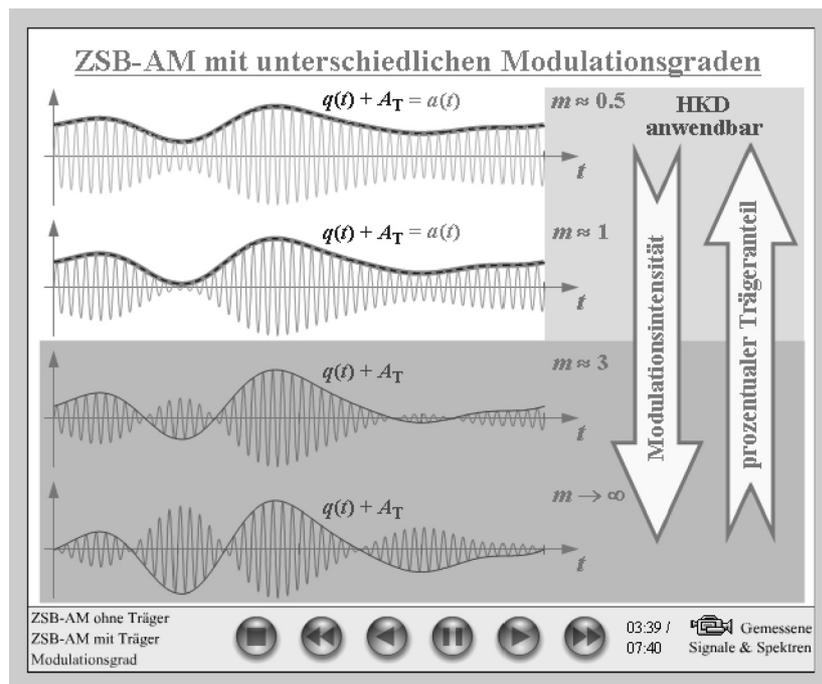
Der ungefähre Fertigstellungsgrad ist jeweils in Klammern angegeben.

Neben strukturierten Theorieseiten – derzeit ca. 500 – mit Texten, Herleitungen, Grafiken und Beispielen und momentan 240 Aufgaben mit im Mittel fünf Teilfragen bietet *LNTwww* auch multimediale Elemente in Form von sog. Lehrvideos und Interaktionsmodulen. Mit einem Lehrvideo wird ein eingegrenztes Lehrgebiet in Bild und Ton dargestellt. Vor der Produktion wird ein Drehbuch geschrieben, danach werden die Einzelbilder in einem Grafikprogramm erstellt und die gesprochenen Texte aufgenommen. Die Szenen werden dann mit dem Designtool *FlashMX* gebunden und mit Steuer-elementen versehen.

Die Grafik zeigt eine Momentaufnahme eines Lehrvideos aus dem Buch „Modulationsverfahren“. Wie in der Menüleiste zu erkennen ist, werden hier auch reale, gemessene Signale und Spektren gezeigt.

Von den vorgesehenen 120 Lehrvideos sind derzeit 30 realisiert, dazu noch 20 der 80 geplanten Interaktionsmodule. Darunter verstehen wir Berechnungs- und Simulationswerkzeuge. Wir beschränken uns hier auf kleinere Simulationen und verweisen auf die aufwändigen downloadbaren Offline-Softwarepakete *LNTsim* und *LNTwin*, die zusammen mit *LNTwww* eine Einheit bilden.

Bis heute haben wir etwa 40% der geplanten 36 Semesterwochenstunden fertig. Wir konnten beim 2006 erstmals vergebenen eLearning-Award der TU München (leider nur) den zweiten Platz belegen. Trotzdem halten wir unser Konzept für richtig und halten daran auch bis zum Projektende fest, das wir – sehr optimistisch – für 2009 geplant haben.



Momentaufnahme aus dem Lehrvideo „Zweiseitenband-Amplitudenmodulation“

Anwendung der Informationstheorie in der Molekulargenetik

Pavol Hanus



Increasing availability of powerful DNA sequencing equipment leads to an exponential growth of molecular biology databases. New efficient methods are necessary to analyze and interpret these datasets, in order to gain better understanding of the processing of genetic information on the molecular level in the cell.

Shannon's universal definition of information allows the use of concepts known from Information and Communication Theory in the analysis of genetic information. By introducing proper mutual information based compression distance measures for classification we were able to reconstruct phylogenetic trees of various species and human populations in order to study their migrational patterns [1].

We have also successfully applied mutual information to population-based gene mapping [2] which tries to determine genome positions responsible for a particular trait. We have tested our method with simulated data and have successfully applied it to clinical datasets of complex diseases (Alzheimer's, Parkinson's or Graves' disease, see figure).

In the course of this work several results have been obtained that are of general interest to information theory, like the already mentioned mutual information based distance measures or an approximation of the distribution function of mutual information for a given sample size. The results demonstrate how enriching to both communities this kind of interdisciplinary research can be.

Zunehmende Verfügbarkeit leistungsfähiger DNA-Sequenzierungsanlagen führt zur exponentiellen Zunahme der Einträge in molekularbiologischen Datenbanken. Es werden neue und effizientere Methoden für die Auswertung, Analyse und Interpretation der Datenbestände benötigt, um die Verarbeitung und Auswertung der genetischen Information auf der molekularen Ebene

in der Zelle besser zu verstehen. Shannons universelle Definition von Information ermöglicht es, die aus der Kommunikations- und Informationstheorie bekannten Methoden bei der Untersuchung von genetischer Information anzuwenden.

So ist es mittels geeigneter definierter Distanzmaße z.B. möglich, die Abstände zwischen homologen DNA-Sequenzen, die in ihrer Sequenz auf einen gemeinsamen Vorläufer zurückzuführen sind, zu berechnen. Wir haben ein für die Klassifizierung geeignetes Kompressionsdistanzmaß basierend auf der Transinformation eingeführt, um phylogenetische Bäume verschiedener Tierarten und Menschenpopulationen aufzustellen und deren Migrationsmuster zu studieren [1].

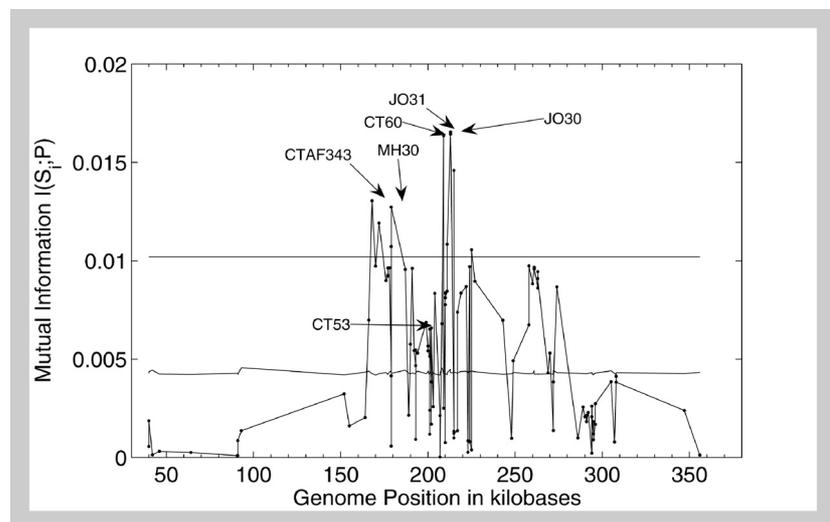
Die Transinformation kann auch erfolgreich zum Zwecke der Genkartierung eingesetzt werden [2]. Diese hat zum Ziel, verursachende Stellen für ein bestimmtes Erscheinungsbild eines genetisch determinierten Merkmals im Genom zu finden. Unsere Methode wurde mit Hilfe simulierter Datensätze getestet und erfolgreich auf klinische Daten komplexer Krankheiten (Alzheimer usw.) angewandt. In der Abbildung sind die Positionen im Genom oberhalb der Schwelle ge-

kennzeichnet, die signifikant mit der genetischen Prädisposition der Graves-Krankheit zusammenhängen.

Bei den Untersuchungen wurden auch für die Informationstheorie interessante Ergebnisse gewonnen, wie die bereits erwähnten Distanzmaße, oder eine Näherung für die Verteilungsfunktion der Transinformation abhängig vom Datensatzumfang. Daran zeigt sich, wie bereichernd diese Art interdisziplinärer Forschung für beide Gebiete sein kann.

Literatur:

- [1] Dawy, Z.; Hagenauer, J.; Hanus, P.; Müller, J.: Mutual Information Based Distance Measures for Classification and Content Recognition with Applications to Genetics. – In: *Proc. IEEE Int. Conf. on Communications 2005*, Seoul, Korea, May 2005
- [2] Dawy, Z.; Göbel, B.; Hagenauer, J.; Andreoli, C.; Meitinger, T.; Müller, J.: Gene Mapping and Marker Clustering using Shannon's Mutual Information. – In: *IEEE/ACM Trans. on Comp. Biology and Bioinformatics*, Vol. 3, No. 1, pp. 47–56, Jan. 2006



Identifikation von Stellen im Genom, die mit der Graves-Krankheit zusammenhängen

Network coding generalizes routing and allows to increase the achievable throughput in a network. If we consider the communication in wireless relay networks, it can be advantageous to consider network and channel coding jointly and to use the redundancy in the network code to support the channel code for error protection. We have shown in [2] how joint network-channel coding based on Turbo codes can be applied for a two-way relay communication.

Netzcodierung („Network coding“) ist ein neues Konzept, das es erlaubt, Informationen effizienter in einem Kommunikationsnetz zu übertragen. Die grundsätzliche Idee ist dabei, dass die Funktionalität der Zwischenknoten nicht auf das Weiterleiten der Informationen (Routing) beschränkt ist, sondern dass es auch möglich ist, Informationen, die von unterschiedlichen Knoten empfangen wurden, durch Codierungsoperationen zu kombinieren. Dies bietet einen Vorteil gegenüber reinem Weiterleiten, sobald man ein Kommunikationsszenario betrachtet, das über den einfachen Fall mit nur einer Quelle und einer Senke hinausgeht.

Ein Beispiel, das den Nutzen von Netzcodierung demonstriert, ist eine bidirektionale Funkkommunikation zwischen zwei Stationen über eine

Bidirektionale Kommunikation in Funknetzen mit gemeinsamer Netz- und Kanalcodierung

Christoph Hausl

Zwischenstation – beispielsweise einen Satelliten, wie in der Abbildung dargestellt ist [1].

Die Station 1 will das Bit u_1 zu Station 2 und Station 2 das Bit u_2 zu Station 1 schicken. Verwendet die Zwischenstation keine Netzcodierung, müssen 4 Bits versendet werden, da beide Bits jeweils erst zur und dann von der Zwischenstation geschickt werden müssen. Mit Hilfe von Netzcodierung kann das Problem dagegen mit nur 3 Sendungen gelöst werden. Dabei werden die an der Zwischenstation angekommenen Bits binär addiert. Das resultierende Bit $u_3 = u_1 \oplus u_2$ wird einmalig versendet und von beide Stationen empfangen. Station 1 kann nun u_2 decodieren, indem es u_3 und das zuvor versendete Bit u_1 binär addiert. Station 2 kann u_1 decodieren, indem es u_3 und u_2 binär addiert.

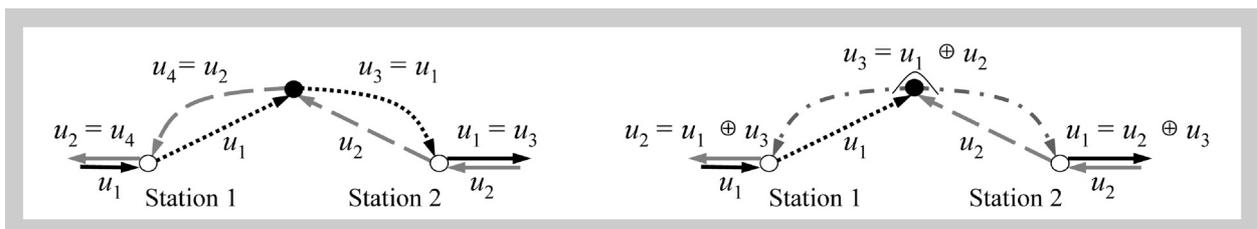
In diesem Beispiel wurde die Vermittlungsschicht alleine betrachtet. Ferner wurde angenommen, dass die tieferen Schichten mit Hilfe der Kanalcodierung eine fehlerfreie Übertragung zwischen den Knoten ermöglichen. Falls die Distanz zwischen beiden Stationen nicht viel größer als die Distanz zur Zwischenstation ist, empfängt aber Station 2 zusätzlich zu der Sendung von der Zwischenstation auch die Sendung von Station 1 (und umgekehrt). Station 2 erhält somit die Information von Station 1 auf zwei Wegen. Diese Redundanz kann dazu genutzt werden, die Kanalcodierung zu unterstützen und einen besseren Fehlerschutz der Daten zu ermöglichen. Dabei müssen Netzcodierung und

Kanalcodierung allerdings gemeinsam entworfen werden.

Das Konzept der gemeinsamen Netz- und Kanalcodierung ähnelt dem der gemeinsamen Quellen- und Kanalcodierung, bei der die verbleibende Redundanz nach der Quellencodierung dazu benutzt wird, die Kanalcodierung zu unterstützen. In dem mit dem „Best Paper Award“ ausgezeichneten Aufsatz [2] wurde gezeigt, wie eine gemeinsame Netz- und Kanalcodierung auf der Basis von Turbo-Codes für die bidirektionale Kommunikation in Funknetzen realisiert werden kann. Mit dieser gemeinsamen Netz- und Kanalcodierung ist ein deutlich höherer Durchsatz als in einem System mit getrennter Netz- und Kanalcodierung zu erzielen. Die hier betrachtete gemeinsame Netz- und Kanalcodierung kann aber auch in Funknetzen von Vorteil sein, in denen mehrere Stationen mit Hilfe einer Zwischenstation Daten zu einer Empfangsstation versenden wollen [3].

Literatur:

- [1] Wu, Y.; Chou, P.; Kung, S.: Information Exchange in Wireless Networks with Network Coding and Physical-layer Broadcast. In: *Proc. CISS*, March 2005
- [2] Hausl, C.; Hagenauer, J.: Iterative Network and Channel Decoding for the Two-Way Relay Channel. In: *Proc. IEEE ICC*, June 2006
- [3] Hausl, C.; Schreckenbach, F.; Oikonomidis, I.; Bauch, G.: Iterative Network and Channel Decoding on a Tanner Graph. In: *Proc. Allerton Conference*, Sept. 2005



Bidirektionale Funkkommunikation zwischen Station 1 und Station 2 über eine Zwischenstation: Wenn die Zwischenstation die Daten weiterleitet (wie im linken Bild), werden 4 Sendungen benötigt. Mit Hilfe von Netzcodierung (rechts) an der Zwischenstation kann die Anzahl der benötigten Sendungen auf 3 reduziert werden.

Asynchrone und zuverlässige Rundfunkübertragung mittels Fontänenencodierung

Hrvoje Jenkač



Asynchronous and reliable broadcast without feedback channels is investigated within the concept of *fountain coding* [1]. Receivers can tune in to the ongoing broadcast at any time and just collect a sufficient amount of code symbols in order to successfully reconstruct the information message. This principle has traditionally been considered on erasure channels only. We investigate this concept on more general channel models, especially on those for wireless transmission. We presented the *Turbo-Fountain* [2] based on the Turbo principle, which outperforms the traditional approach of separate channel coding and separate erasure-fountain coding on top.

Sollen einer Vielzahl von Empfängern identische Dateninhalte übermittelt werden, so eignet sich hierfür stets der Einsatz von ressourceneffizienter Rundfunkübertragung (Broadcast). Der klassische Rundfunkansatz sieht jedoch vor, dass Dateien oder Video-Streams nur zu einem streng definierten Zeitpunkt empfangen werden können, nämlich dem vom Sender vorgegebenen.

Soll der Empfänger den Zeitpunkt für den Empfang der Nachricht jedoch selbst bestimmen, so muss nach herkömmlicher Vorgehensweise für jeden Empfänger ein eigener Übertragungskanal aufgebracht werden. Betrachtet man die Übermittlung von aktuellen Multimedia-Inhalten, wie beispielsweise eine Torszene an sehr viele mobile Empfänger in einem Stadion, so wird in der Regel jeder interessierte Benutzer die Sequenz zu einem individuellen Zeitpunkt anfordern. Dementsprechend erfolgt der Bezug des zugehörigen Bitstroms zeitversetzt und damit asynchron zwischen den Empfängern. Gewöhnlich werden sich die Empfangszeiträume der Empfänger jedoch mit großer Wahrscheinlichkeit überlappen, was die Suche nach einer Broadcast-Lösung motiviert.

Hierfür wurde in [1] die sog. Fontänenencodierung (engl.: *Fountain Coding*) eingeführt und definiert. Die zu übertragende Nachricht wird zunächst mittels eines Fontänencoders codiert. Der entsprechende Fontänen-code kann dabei zum einen unendlich viele Codesymbole ($n \rightarrow \infty$) aus einer endlichen Anzahl k von Informationssymbolen erzeugen. Zum anderen besitzt der ideale Fontänen-code die Eigenschaft, dass die Nachricht aus k beliebigen, aber unterschiedlichen Codesymbolen wieder hergestellt werden kann.

Die Grafik veranschaulicht das Prinzip und zeigt den Sender, der Codesymbole sequenziell und fortwährend abgibt, sowie vier Empfänger mit unterschiedlichen Empfangszeitpunkten. Zudem erfährt jeder Empfänger entsprechend seinen Kanalbedingungen ein individuelles Verlustmuster. Es ist für den Empfänger belanglos, zu welchem Zeitpunkt er mit dem Empfang begonnen hat und welche Codesymbole nicht empfangen werden konnten. Entscheidend ist nur, dass mindestens k Symbole bezogen werden konnten.

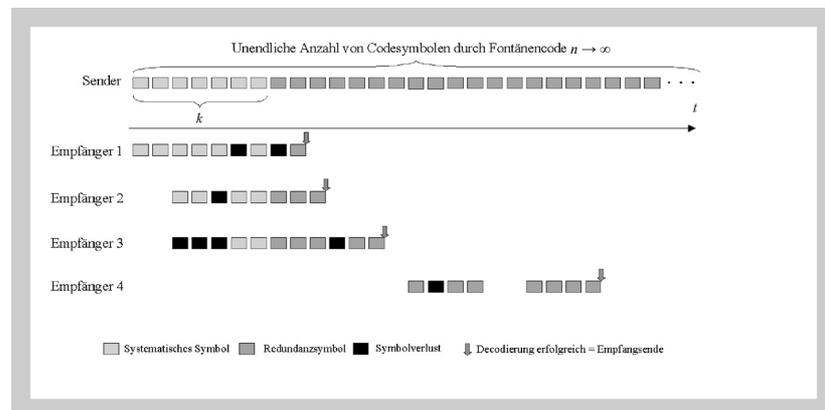
Darüber hinaus können Empfänger Empfangspausen einlegen und es werden keine Rückübertragungen von verlorenen Datenrahmen benötigt, da Verluste durch eine längere Bezugszeit ausgeglichen werden. In jedem Fall kann eine fehlerfreie Rekonstruktion der Nachricht erfolgen.

Das beschriebene Prinzip wurde in [1] für die Internetkommunikation und damit für Auslöschungskanäle beschrieben. Praktische Fontänen-codes wurden mit LT- und so genannten Raptor-Codes gefunden, welche speziell für Auslöschungskanäle optimiert wurden.

Der Beitrag [2] zielt auf die Anwendung der Fontänenencodierung in drahtlosen Umgebungen ab. Unter Anwendung des leistungsstarken Turbo-Prinzips wurde in [2] die Turbo-Fontäne (engl.: *Turbo-Fountain*) vorgestellt und analysiert, die durch Verwendung von Soft-Information eine erhebliche Leistungssteigerung gegenüber dem herkömmlichen Zweistufenansatz – bestehend aus separater Kanalcodierung und anschließender Fontänenencodierung – erzielt.

Literatur:

- [1] Byers, J.; Luby, M.; Mitzenmacher, M.: A Digital Fountain Approach to Asynchronous Reliable Multicast. In: *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 20, 2002
- [2] Jenkač, H.; Hagenauer, J.; Mayer, T.: The Turbo-Fountain. In: *Europ. Trans. on Communications*, Vol. 17, pp. 1–12, 2006



Asynchroner Empfang bei Rundfunkübertragung mittels Fontänenencodierung

We consider the problem of finding optimal transmission strategies for wireless multiuser systems, which better support the individual quality criteria of different types of applications. Our focus is on an IP-based end-to-end scenario, which consists of one or more application servers on the wired backbone network and several mobile terminals in the serving area of a base station in a future cellular network. All terminals try to retrieve a high bit rate packet data stream from the servers in parallel and thus have to share the common resources on the wireless link. The goal is to optimally exploit the temporal variations in both the channel quality and the buffer occupancy of the individual users when assigning the resources. If some of the applications requested by the users pose a real-time constraint on the packet transmission process, state-of-the-art solutions that simply perform statistical multiplexing are not adequate anymore. Combining the latter with intelligent buffer management (as shown for video streaming traffic in [1]) already yields some increase in performance. However, significant gains are only achieved if purely

Kanal- und applikationsangepasste Übertragungsstrategien für drahtlose Mehrbenutzersysteme

Günther Liebl

channel-aware scheduling is extended to consider also application-specific side information on the structure of the buffered data: Via dynamic adaptation of the best-possible transmission time instant for the packets of each user, an optimal trade-off between maximum system usage and individual packet timing is maintained. Although this strategy has been first developed for video streaming traffic [2], it can be easily modified to incorporate also other types of traffic expected in future cellular networks.

Untersucht werden Verfahren zur Übertragung von heterogenem Datenverkehr in drahtlosen Mehrbenutzersystemen, mit deren Hilfe die Qualitätsmerkmale und Anforderungen unterschiedlicher Applikationen besser unterstützt werden können. Ausgangspunkt der Betrachtungen ist ein IP-basiertes Ende-zu-Ende-Szenario, das aus einem bis mehreren Applikations-Servern im drahtgebundenen Backbone-Netzwerk und mehreren mobilen Benutzerterminals (User Equipments – UE) in einer Zelle eines zukünftigen Mobilfunksystems besteht. Die Terminals versuchen jeweils, einen hochbitratigen Strom aus Datenpaketen vom Server im Downlink zu empfangen. Ziel ist es, die zeitlichen Schwankungen der Empfangsqualität der Mobilgeräte sowie der anstehenden Datenmenge

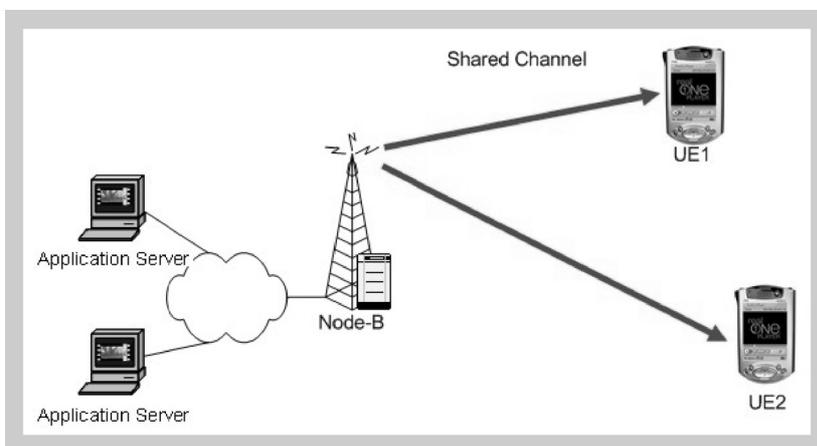
in den Eingangspuffern optimal bei der Zuteilung der Ressourcen an der Luftschnittstelle zu berücksichtigen.

Sobald jedoch Applikationen Echtzeitanforderungen an die Datenübertragung stellen, sind gängige Verfahren zum reinen statistischen Multiplexen der Ströme eher ungeeignet. Durch geschickte Kombination mit intelligenten Pufferstrategien lassen sich zwar bereits deutliche Verbesserungen erzielen, wie die Ergebnisse in [1] für Video-streaming-Verkehr zeigen: Hier wird im Falle von Überlast an der Luftschnittstelle die angestaute Datenmenge pro Benutzer so verringert, dass am Empfänger zumindest eine qualitätsreduzierte Darstellung des Videos aufrecht erhalten werden kann.

Extrem hohe Gewinne (bezüglich der individuellen Qualität und damit auch der Zahl der unterstützten Benutzer) sind jedoch nur durch die Erweiterung des kanalzustands-optimierten Scheduling um applikationsspezifische Seiteninformation möglich. Durch die geschickte Planung der Zeitpunkte für die Paketübertragung aller Nutzer ergibt sich ein Gleichgewicht zwischen optimaler Kanalauslastung und Wahrung der individuellen Echtzeitbedingungen. Obwohl diese Strategie ursprünglich für reinen Video-streaming-Verkehr entworfen wurde [2], lassen sich die darin enthaltenen Konzepte auch auf andere Arten von Datenverkehr im Mobilfunk übertragen.

Literatur:

- [1] Liebl, G.; Jenkač, H.; Stockhammer, T.; Buchner, C.: Radio Link Buffer Management and Scheduling for Wireless Video Streaming. In: *Telecommunication Systems*, Vol. 30, 1–3, pp. 255-277, Nov. 2005
- [2] Liebl, G.; Kalman, M.; Girod, B. Deadline-Aware Scheduling for Wireless Video Streaming. In *Proc. ICME 2005*, Amsterdam, The Netherlands, pp. 470-473, July 2005,



Mixed-Traffic Szenario (Ende-zu-Ende) in einem drahtlosen Mehrbenutzersystem

We investigate uplink receiver cooperation of base-stations. As the interference from neighboring cells, the intercell interference is often the limiting factor of a cellular system, combating this type of interference is an important issue. Due to the consideration of received signals of many cells, i.e., the cooperation of base-stations, the intercell interference can be combated in an easier way than in previous approaches.

Die Abdeckung und die Kapazität von zellularen Mobilfunksystemen auf der Rückwärtsstrecke (Uplink) sind hauptsächlich beschränkt durch die Interferenz. Diese kann man allgemein in zwei Typen klassifizieren: Zum einen die Interferenz von aktiven Benutzern in der eigenen Zelle, zum anderen die Interferenz von aktiven Nutzern in benachbarten Zellen. Eine triviale Kapazitätserhöhung erzielt man, wenn die Region einer Zelle in mehrere Zellen fragmentiert wird. Alternativ oder zusätzlich können geeignete Signalverarbeitungs-algorithmen angewandt werden, da die Interferenz durch solche Algorithmen vermindert werden kann. Hierfür geeignete Verfahren wurden schon häufiger vorgeschlagen, um die Interferenz der eigenen Zelle zu bekämpfen [1]. Die Interferenz von benachbarten Zellen ist aber nicht zu vernachlässigen und trägt auch zur Abdeckungs- und Kapazitätsbegrenzung eines zellularen Systems bei.

Die Suche nach einer geeigneten Interferenzverminderungstechnik ist deshalb immer noch ein aktuelles Forschungsthema. Da gemeinsame Detektion und Kooperation die Interferenz aus der eigenen Zelle vermindert und so signifikante Gewinne erzielbar sind, wurde eine iterative Kooperation zwischen Basisstationen in [2] vorgeschlagen, und als *Turbo Base-Station Cooperation* bezeichnet.

Normalerweise sind alle Basisstationen durch ein Netz miteinander verbunden, so dass Signaldetektoren wertvolle Informationen austauschen

können, um die eigene Detektionsentscheidung zu verbessern. Die Anwendbarkeit dieser Technik erkennt man schon daran, dass in UMTS auch Kooperationen von Basisstationen erfolgen, jedoch nicht zur Interferenzverminderung, sondern für das Soft-Handover, wobei Makrodiversität ausgenutzt wird.

Die Kooperation von Basisstationen kann unterschiedlich erfolgen. Verschiedene Möglichkeiten wurden in [2] vorgestellt. Möglich ist ein zentraler Detektor, der von jedem Empfänger Information erhält und diese dann gemeinsam lokal auswertet. Diese Information muss dem zentralen Detektor nur einmal zugeführt werden. Ein anderer Ansatz ist, dass die Detektoren von den anderen Detektoren Informationen erhalten, und diese beim weiteren Detektieren mitbenutzen. So bleibt die Detektierung weiter lokal an der Basisstation und es muss kein neuer zentraler Detektor eingeführt werden. In [2] wurde untersucht, wie leistungsfähig diese verschiedenen Möglichkeiten sind.

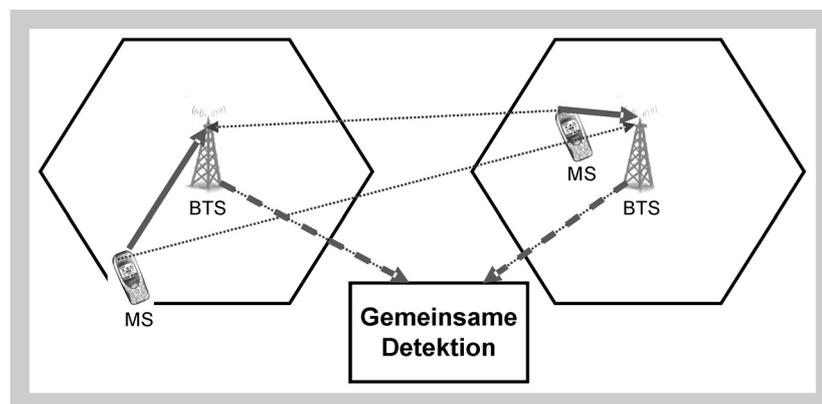
Auf den ersten Blick sieht es so aus, als ob eine viel größere Verzögerung und eine viel größere Netzlast in Kauf genommen werden müsste. Vergleicht man die Kooperation von Basisstationen mit hybriden Rückübertragungsverfahren (Hybrid ARQ), was die offensichtliche Alternative zur Kooperation ist, so stellt sich heraus, dass die Koopera-

tion von Basisstationen sogar eine geringere Ende-zu-Ende-Verzögerung als Hybrid ARQ bewirkt [3]. Dies hängt damit zusammen, dass die Anwendung von Kooperation zu viel weniger fehlerhaften Blöcken führt, da ohne Kooperation deutlich weniger hybride Rückübertragungen nötig sind.

Die Analyse der offensichtlich größeren Netzlast ist Bestandteil der aktuellen Forschung. Der Nachteil der größeren Netzlast kann jedoch kompensiert werden, da man bei gleichen Kanalbedingungen deutlich weniger hybride Rückübertragungen benötigt. Außerdem untersuchen wir die Anwendbarkeit von iterativer Kooperation der Basisstationen bei E-GPRS.

Literatur:

- [1] Verdu, S.: *Multisuser Detection*. Cambridge Universal Press, 1998
- [2] Mayer, T.; Jenkač, H.; Hagenauer, J.: Turbo Base-Station Cooperation for Intercell Interference Cancellation. In: *Proc. IEEE ICC'06*, Istanbul, Turkey, June 2006
- [3] Mayer, T.: On the Delay of Receiver Cooperation versus Hybrid ARQ. In: *Proc. Mobile IST Summit 2006*, Myconos, Greece, June 2006



Prinzipbild für die Kooperation von Basisstationen in einem zellularen Mobilfunksystem

Codierte Modulation mit Iterativer Decodierung

Frank Schreckenbach

methods to shape the probability distribution of the transmitted signal to approach capacity, and the analysis of iterative receivers using EXIT charts.

Ziel der Arbeit ist die Entwicklung von Kanalcodier- und Modulationsverfahren, um hohe Datenraten zuverlässig und über eine begrenzte Bandbreite zu übertragen. Es hat sich bewährt, Kanalcodierung und Modulation effizient durch Bit-Interleaved Coded Modulation (BICM) zu kombinieren.

Wir betrachten BICM mit iterativer Detektion (sog. BICM-ID), bei dem nach dem Turboprinzip Information vom Kanaldecoder als Apriori-Information zum Demodulator zurückgeführt wird. Durch die Apriori-Information wird die Zahl der Signalraumpunkte verkleinert und die Demodulation liefert zuverlässigere Ergebnisse. Das grundlegende BICM-Systemmodell kann auch auf iterative Entzerrung oder iterative MIMO-Detektion in Kombination mit höherstufigen Modulationsverfahren erweitert werden.

Zunächst haben wir das Mapping – die Abbildung von Bitsequenzen auf

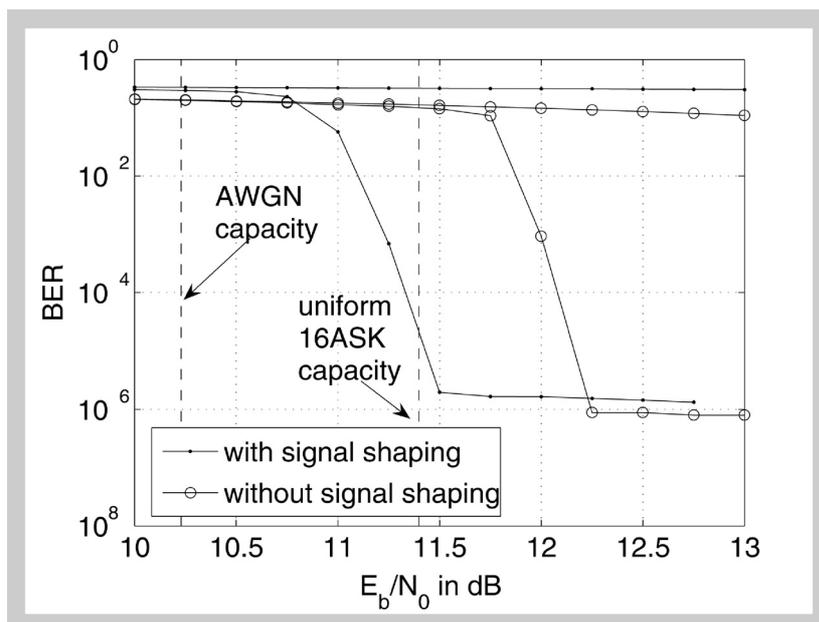
Signalraumpunkte – näher betrachtet. Bekannte Mappings sind z.B. Gray-Mapping für BICM oder Set-Partitioning-Mapping für trellis-codierte Modulation. Optimierte Mappings für iterative Empfänger wurden in [1] vorgeschlagen.

Des Weiteren haben wir den Einsatz von irregulären (hybriden) Modulationsverfahren erkundet, um den iterativen Empfänger zu optimieren und um das Übertragungssystem an die Kanalqualität und die Systemanforderungen genau anzupassen [2]. Zur Analyse und Optimierung von iterativen Systemen ist das EXIT-Chart ein beliebtes Hilfswerkzeug. Dessen Eigenschaften und Berechnung wurden in [3] näher untersucht.

Schließlich kann das System mit höherstufigen Modulationsverfahren mit Hilfe von Signal Shaping weiter verbessert werden. Dabei werden Signalraumpunkte mit geringer Energie häufiger gesendet als diejenigen mit höherer Energie, wodurch die mittlere Energie gesenkt wird. Ein Vorschlag zur BICM-Realisierung wurde in [4] gemacht. Ein Ergebnis dazu ist in der Abbildung gezeigt.

Literatur:

- [1] Schreckenbach, F.; Görtz, N.; Hagenauer, J.; Bauch, G.: Optimization of Symbol Mappings for Bit-Interleaved Coded Modulation with Iterative Decoding. In: *IEEE Communications Letters*, Vol. 7, No. 12, pp. 593–595, Dec. 2003
- [2] Schreckenbach, F.; Bauch, G.: Bit-Interleaved Coded Irregular Modulation. In: *European Transactions on Telecommunications*, Vol. 17, No. 2, pp. 269–282, March/April 2006
- [3] Schreckenbach, F.; Bauch, G.: EXIT Charts for Iteratively Decoded Multi-level Modulation. In: *12th European Signal Processing Conference (EUSIPCO)*, Wien, Sept. 2004
- [4] Schreckenbach, F.; Henkel, P.: Signal Shaping using Non-Unique Symbol Mappings. In: *43rd Annual Allerton Conference on Communication, Control, and Computing*, Monticello, USA, Sept. 2005



Bitfehlerrate mit AWGN-Kanal, Datenrate von 3 Bit je Kanalbenutzung, 16ASK-Modulation, turbo-optimiertem Mapping, Faltungscodier mit Gedächtnis $M=3$.

Kommunikationstheoretische Modellierung molekularbiologischer Prozesse

Johanna Weindl



In the framework of our ComInGen group (Communication and Information Theory in Genetics), we investigate the analogies between digital data transmission and processes in molecular biology. Appropriate modeling showed to yield detailed insights into the biological processes as well as to bring new ideas for communication engineering.

Die genetische Information eines jeden Organismus ist in der DNA gespeichert, die als digitales Signal des 4-wertigen Alphabets $\{A, C, G, T\}$ betrachtet werden kann. Während der so genannten Genexpression wird diese Information in Proteine umgewandelt. Als Protein bezeichnet man Moleküle, die in der Zelle für wichtige Funktionen wie z.B. den Sauerstofftransport im Blut verantwortlich sind. Genexpression vollzieht sich in zwei Schritten, der Transkription und der Translation. Während der Transkription werden kleine Stücke der DNA (die Gene) in die sogenannte mRNA (messenger RNA) kopiert. Diese wird im zweiten Schritt – der Translation – in ein Protein übersetzt. Wie in der Grafik zu sehen ist, kann der Prozess der Genexpression mittels eines Kanalmodells dargestellt werden.

Im Folgenden soll auf die einzelnen Komponenten des Modells kurz eingegangen werden.

Während der Evolution wurde der digitalen Information in der DNA Redundanz hinzugefügt. Es konnte allerdings bislang nicht zweifelsfrei gezeigt werden, ob diese Redundanz spezifisch hinzugefügt wurde (wie

im Falle einer Kanalcodierung) oder nur – wie lange angenommen – „Junk“ der Evolution ist. Bekannt ist jedoch, dass die Menge der hinzugefügten Redundanz mit der Komplexität der Spezies korreliert [1], was die Hypothese der Codierung zum Schutz der genetischen Information unterstützt.

Während der Transkription, dem ersten Schritt der Genexpression, kopiert die sogenannte RNA-Polymerase (RNAP) ein Gen, das heißt ein kleines Stück der DNA. Um den Beginn des zu kopierenden Gens zu markieren, enthält die DNA Signalsequenzen äquivalent zu Synchronisationswörtern in der digitalen Nachrichtenübertragung. Dieser Synchronisationsprozess konnte von uns durch Korrelationsmaße modelliert werden und brachte wichtige Einblicke in die Kinetik der beteiligten Teilprozesse (wird derzeit veröffentlicht).

Im zweiten Schritt, der Translation, wird die Kopie des Gens von den Molekülen Ribosom und tRNA zu Proteinen weiterverarbeitet. Hierzu ist eine weitere Synchronisation nötig, da nicht die gesamte Kopie (mRNA) Information für das Protein trägt. Anschließend findet ein Demapping statt, das heißt, dass durch eine surjektive Abbildung von jeweils drei Symbolen (Basen) auf ein Symbol (Aminosäure) Redundanz entfernt wird. Die so gebildete Aminosäurekette faltet sich im letzten Teilschritt in das entsprechende Protein. Durch geeignete Modellierung mit Hilfe verschiedener Codebuch-Modelle konnten wir bislang un-

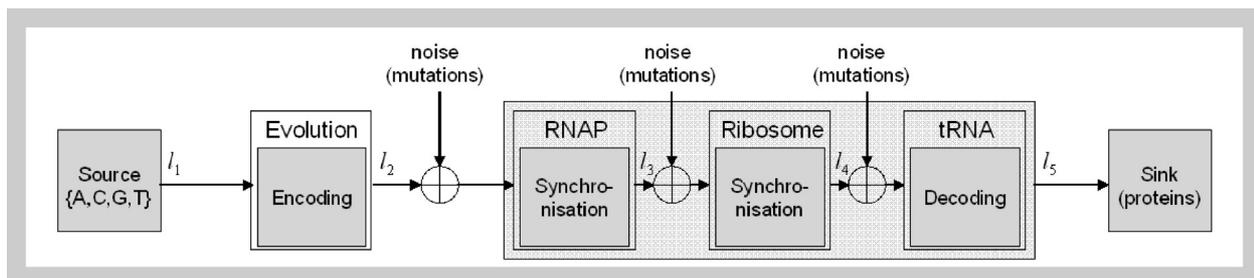
bekannt Details der Translation aufzeigen [2].

Die DNA ist während ihrer gesamten Lebenszeit Strahlungen ausgesetzt, die zu Mutationen (Fehlern) führen können. Zusätzlich treten auch in den beteiligten Molekülen Fehler auf, die eine fehlerhafte Synchronisation bzw. ein fehlerhaftes Mapping zur Folge haben können.

Beide Teilschritte der Genexpression wurden von der ComInGen-Gruppe modelliert. Ziel ist zum einen, durch geeignete Modellierung und anschließende Simulationen tiefere Einblicke in die Biologie zu bekommen, zum anderen neue Anstöße für die Datenübertragung zu erhalten. Hier kann die Natur, deren Mechanismen über Jahrtausende optimiert wurden, einen wichtigen Beitrag zur Verbesserung moderner Kommunikationssysteme leisten.

Literatur:

- [1] Taft, R.J.; Mattick, J.S.: Increasing Biological Complexity is Positively Correlated with the Genome-Wide Expansion of Non-Protein-Coding DNA Sequences. In: *Genome Biology*, Vol. 5, Dec. 2003
- [2] Dawy, Z.; Gonz ales, F.; Hagenauer, J.; M uller, J. C.: Modeling and Analysis of Gene Expression Mechanisms: A Communication Theory Approach. In: *IEEE International Conf. on Communications (ICC)*, May 2005



Kanalmodell für den Prozess der Proteinsynthese (Genexpression)

Informationstheorie in der Biologie: Interpretation und Validierung mittels bioinformatischer Datenbanken

Jürgen Zech und Jakob Müller

The aim of this project is to analyse genetic raw data to identify properties well known from information theory. Hopefully, through this co-operation between communication engineers and biologists combined in the ComInGen Group (Communication and Information Theory in Genetics), new ways of processing biological information will be revealed. As biologists of the ComInGen Group we interpret the resulting data.

Die komplette Information für den Aufbau eines jeden Lebewesens ist in einem oder auch mehreren riesigen Desoxyribonukleinsäuremolekülen (DNS, engl.: DNA) als Abfolge der Bausteine Adenin (A), Thymin (T), Guanin (G) und Cytosin (C) gespeichert. Eine bestimmte Abfolge dieser Bausteine bezeichnet man in der Biologie als Sequenz [1].

Im Laufe des letzten Jahrzehnts wurde eine große Sammlung von Genomen – darunter versteht man einen kompletten, aber codierten Bauplan eines Lebewesens – verschiedener Spezies in öffentlich zu-

gänglichen Datenbanken publiziert. So sind mittlerweile die Genome von 1200 Viren, 500 Organellen, 200 Bakterien und 30 Eukaryonten frei zugänglich [2]. Dies ermöglichte die Entwicklung neuer Methoden zur Identifikation regulatorischer und informationstragender Sequenzen. Zu diesem Zweck wurden eine ganze Reihe von bioinformatischen Algorithmen entwickelt, die auf einem Vergleich zwischen den Genomen verschiedener Arten basieren. Alternative Methoden nutzen zur Identifikation wichtiger Sequenzen einen Vergleich mit Basenabfolgen, deren Funktionen aus großen molekularbiologischen und medizinischen Studien bekannt sind [3].

In der ComInGen-Gruppe werden zum einen Sequenzen bekannter Funktion – beispielsweise Promotoren – mit den Hilfsmitteln der Informationstheorie auf Eigenschaften hin untersucht, die für regulatorische Bitfolgen typisch sind. Die Erkennung solcher Eigenschaften soll helfen, die Kinetik der Sequenzerkennung verschiedener Proteine zu verstehen. Diese Vorgänge konnten mittels biologischer Methoden bisher nicht ausreichend genau analysiert werden.

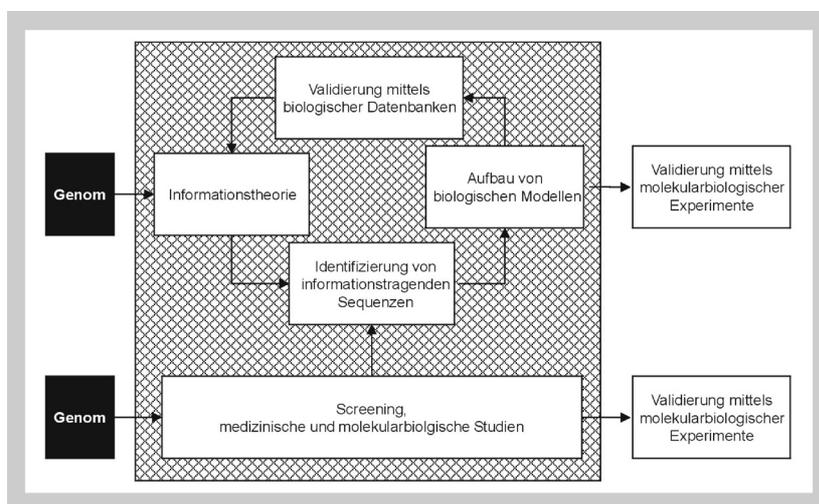
Die von uns entwickelten Modelle sollen durch die Implementierung experimenteller Daten weiter ver-

bessert werden. Außerdem werden in unserer Gruppe konservierte Sequenzgruppen auf informationstheoretische Eigenschaften hin untersucht, die Rückschlüsse auf eine Beteiligung an biologischen Mechanismen erlauben, die jedoch noch nicht komplett verstanden sind. So lässt zum Beispiel die Regeneration einer verlorengegangenen Information [4] auf einen bisher noch nicht bekannten fehlerkorrigierenden Mechanismus schließen.

Das zentrale Anliegen des Genetikprojektes ist es, die Zusammenarbeit von Ingenieuren und Biologen zu verbessern, um dadurch die Analyse der rasant anwachsenden Menge biologischer Daten effizienter und zielgerichteter zu gestalten. Im Gegenzug ist es wichtig, dass Biologen ein Verständnis für die technischen Prozesse der Datenanalyse entwickeln, da die daraus gewonnenen theoretischen Ergebnisse mit dem vorhandenen biologischen Wissen verglichen und eingeordnet werden müssen. Ziel dieser Zusammenarbeit ist es, Informationsverarbeitung und Fehlerkorrektur in biologischen Systemen aus einem neuen Blickwinkel zu betrachten, Lösungsansätze für bisher ungeklärte Fragestellungen zu entwickeln und Ideen für neue experimentelle Strategien zu liefern.

Literatur:

- [1] Knippers, R.: Molekulare Genetik. Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 1997
- [2] Field, D.; Feil, E.J.; Wilson, G.A.: Databases and Software for the Comparison of Prokaryotic Genomes. In: *Microbiology*, 151, pp. 2125–2132, 2005
- [3] Ureta-Vidal, A.; Ettwiller, L.; Birney, E.: Comparative Genomics: Genome-wide Analysis in Metazoan Eukaryote. In: *Nat Rev Genet*, 4, pp. 251–262, 2003
- [4] Lolle, S.J.; Victor, J.L.; Young, J.M.; Pruitt, R.E.: Genome-wide Non-mendelian Inheritance of Extra-genomic Information in Arabidopsis. In: *Nature*, 434, pp. 505–509, 2005



Anwendung der Informationstheorie auf biologische Fragestellungen

Entwicklung des Fachgebiets „Leitungsgebundene Übertragungstechnik“

Norbert Hanik



The Wired and Optical Communications Group has been developing dynamically since it was established in 2004. Five new lectures and a lab course have been created, spanning a range from communications basics to graduate-level courses on copper-based and optical systems. Three new members have joined the group in the period under report.

Seit der Neubesetzung der C3-Professur für Leitungsgebundene Übertragungstechnik zum 1. April 2004 hat sich das Fachgebiet dynamisch weiterentwickelt.

Der wesentliche Aufgabenschwerpunkt lag zunächst in der Ausarbeitung von Vorlesungen und Übungen. Der Veranstaltungskatalog umfasst aktuell fünf Vorlesungen (je 2V/1Ü), die wesentliche Gebiete der Nachrichtenübertragung abdecken, sowie ein Simulationspraktikum für optische Systeme.

Für Studierende des Lehramts an Beruflichen Schulen (LB) bzw. Diplom-Berufspädagogen im Fach „Elektrotechnik“ sowie Studenten der technologie- und management-orientierten Betriebswirtschaftslehre wurden die Vorlesungen *Grundlagen der Informationstechnik, Nachrichtentechnik 1 – Signaldarstellung* und *Nachrichtentechnik 2 – Modulationsverfahren* (letztere ab dem WS 2006/2007) grundlegend neu konzipiert bzw. überarbeitet. Zusammen mit der weiterführenden Vorlesung *Nachrichtensysteme – Kommunikationssysteme* des Kollegen Dr. Klaus Eichin wird den Studenten damit ein fundiertes Grundlagenwissen der digitalen Signalverarbeitung, der Signaldarstellung im Zeit- und Frequenzbereich, der linearen Systemtheorie, der analogen und digitalen Modulationsverfahren und der aktuell eingesetzten leitungsgebundenen und drahtlosen Übertragungstechnik vermittelt.

Für Studenten der Elektrotechnik und Informationstechnik wurden die beiden Vorlesungen *Leitungsgebun-*

dene Übertragungstechnik und *Optical Communications Systems* völlig neu ausgearbeitet. Die erste Vorlesung behandelt maßgeblich Übertragungssysteme über Kupfer-Zweidraht- und Koaxialleitungen, also ISDN, xDSL und DVB, sowie die zugrunde liegenden Theorien der Leitungen, Basisband- und Trägerfrequenzübertragung, optimale Empfänger und Signalentzerrer. Abschließend wird ein kurzer Überblick über optische Übertragungssysteme gegeben.

Die Vorlesung *Optical Communications Systems* behandelt die gesamte optische Übertragungstechnik einschließlich der Diskussion aller wesentlichen linearen und nicht-linearen Effekte der Übertragungsfaser. Ein begleitendes Praktikum *Simulation of Optical Communication Systems Lab* dient zur Vertiefung und Ergänzung der in der Vorlesung vermittelten Theorien. Die Optik-Vorlesung und das Praktikum werden in englischer Sprache abgehalten und sind so auch einem nicht-deutschsprachigen Hörerkreis – wie dem internationalen Studiengang *Master of Science in Communications Engineering* – zugänglich.

Parallel zu diesen, die Lehre betreffenden Aktivitäten wurde das dem Fachgebiet zugeordnete Personal stetig erweitert. Die verfügbare C1-Stelle ist seit 01.12.2004 mit Dipl.-Ing. Bernhard Göbel besetzt, der die informationstechnischen Grenzen der optischen Signalübertragung untersucht und darüber hinaus den TUM-Anteil am EU-Projekt TEMPUS sehr erfolgreich leitet.

Zum 01.10.2005 wurden drei externe Forschungsprojekte begonnen:

- Dipl.-Ing. Florian Breyer bearbeitet in enger Zusammenarbeit mit dem Bereich CT der Siemens AG ein Projekt zur Verbesserung der Übertragungseigenschaften optischer Polymerfasern.
- Leonardo Didier Coelho, M.Sc., untersucht und optimiert den Ein-

satz mehrstufiger Modulationsformate für hochbitratige optische Übertragungssysteme über Standardfasern mit Kanaldatenraten bis 100 Gbit/s. In diesem Projekt fungiert der LNT als Unterauftragnehmer von Siemens COM im Rahmen des BMBF-Forschungsprojektes „Efficient and Intelligent Optical Backbone“ (EIBONE).

- Dipl.-Ing. Stephan Hellerbrand bearbeitet – ebenfalls im Rahmen von EIBONE – in Zusammenarbeit mit dem Technologiezentrum der Deutschen Telekom AG ein Forschungsprojekt zur optimierten Vorverzerrung und Entzerrung hochbitratiger optischer Übertragungssysteme.

Neben den schon traditionell guten Kontakten zur TU of Denmark in Kopenhagen, der Christian-Albrecht-Universität in Kiel und dem Heinrich-Hertz-Institut in Berlin konnten Verbindungen zu weiteren bekannten Universitäten aufgebaut werden. Mit der französischen „Ecole Nationale de Télécommunication“ de Bretagne in Brest ist für den Herbst 2006 ein Workshop geplant, auf dem gemeinsame Projekte in Forschung und Lehre diskutiert werden sollen. Im Rahmen des EU-Projekts TEMPUS hat sich eine interessante Zusammenarbeit mit der American University of Beirut (AUB) entwickelt. Im April 2006 wurde *Optical Communication Systems* als Blockveranstaltung an der AUB gehalten. Im Juni wurde das „International Graduate Seminar on Information Technology“ an der AUB veranstaltet und im Juli an der TUM fortgesetzt, bei dem Studenten und Professoren beider Universitäten Vorträge zu ausgewählten Kapiteln des Fachgebiets hielten. Näheres hierzu finden Sie in Kapitel 9.11.

Polymer Optical Fibers (POF) are the most promising solution for the 'last yards' in data communication. They combine all the benefits of optical fibers with amazingly easy handling. This is due to the large diameter of up to 1mm. The big disadvantages of POFs are the attenuation (100 – 200dB/km) and the modal dispersion. In this project optimized methods to equalize distorted signals are being developed to help increase data rate and reach.

In der Datenkommunikation werden zunehmend optische Polymerfasern (POF) auf kurzen Entfernungen von einigen 10 Metern bis wenigen 100 Metern eingesetzt. Die Datenraten liegen dabei meist unter 100 Mbit/s. Aufgrund ihrer einfachen Handhabbarkeit und preiswerten Herstellung werden sie heute schon in diversen Kraftfahrzeugen für die Verkabelung der Multimedia-Anwendungen verwendet (MOST, 25Mbit/s). In der Industrieautomatisierung werden die

Verbesserung der Übertragungseigenschaften von optischen Polymerfasern durch Entzerrung des empfangenen Signals

Florian Breyer

Polymerfasern in den Feldbussen PROFI-BUS bzw. PROFI-NET mit Datenraten bis zu 100 Mbit/s betrieben. Auch im Heimbereich soll die POF als Ersatz für die CAT5-Verkabelung zum Einsatz kommen und kostengünstige Fiber-to-the-Home-Anwendungen ermöglichen (Triple-Play, IPTV – Internet Protocol Television).

Der große Vorteil von Polymerfasern ist deren großer Durchmesser von bis zu einem Millimeter. Dies lässt eine einfache Konfektionierung zu. Weitere Vorteile sind zum Beispiel Potentialtrennung, keinerlei EMV-Probleme und die relativ große Bandbreite. Dagegen stehen entscheidende Nachteile wie beispielsweise die große Dämpfung von 100 bis 200 dB/km, die Modendispersion und die Modenkopplung. Grund für die hohe Modendispersion ist ebenfalls der große Faserdurchmesser, bei dem im verwendeten sichtbaren Bereich bis zu 3 Millionen Moden ausbreitungsfähig sind. Im Vergleich: Bei einer Standard-Einmoden-Faser gibt es nur eine ausbreitungsfähige Mode.

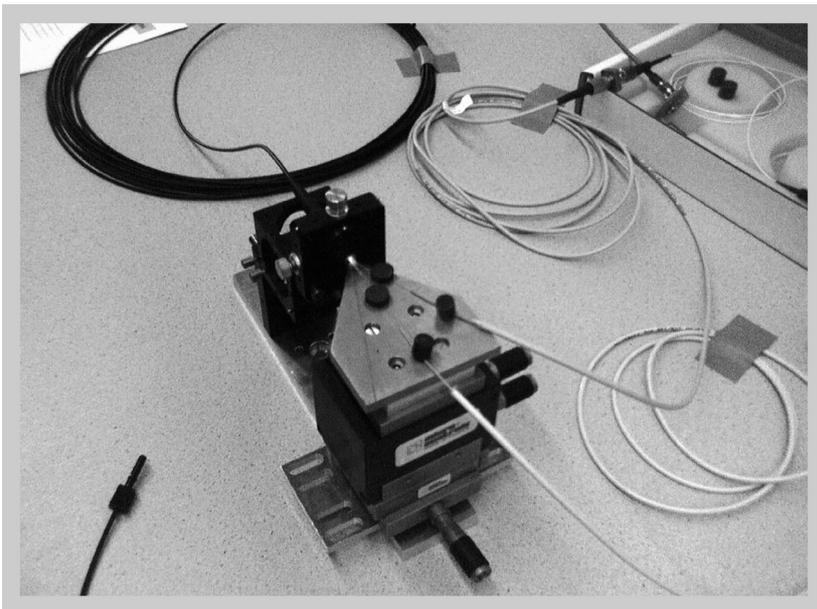
Ziel der Arbeit ist die Erhöhung der Datenrate bzw. die Vergrößerung der Reichweite. Dies soll durch den

Einsatz verschiedener komplexer Modulations-, Multiplex- und Entzerrungsverfahren erreicht werden.

Im Bild ist eine Anordnung zur Demonstration des Modenmultiplexverfahrens dargestellt (Laborbild von Siemens CT). Das Prinzip basiert auf der Einstrahlung unter verschiedenen Winkeln in die Faser. Dadurch werden verschiedene Modengruppen angeregt. Entlang der Faser bleibt die Diversität in etwa erhalten, so dass die verschiedenen Modengruppen wieder detektiert werden können – vergleichbar mit einem MIMO-System.

Eine andere Methode ist die Verwendung höherstufiger Modulationsverfahren wie beispielsweise QAM oder auch OFDM. Diese komplexen Verfahren benötigen am Empfänger eine Signalverarbeitung. Diese soll am LNT simuliert und später im Labor der Siemens CT aufgebaut und vermessen werden.

Momentan befassen wir uns mit der Erstellung eines Kanalmodells für die Stufenindex-POF, das die wichtigsten Fasereffekte berücksichtigt (modenabhängige Dämpfung, Modendispersion, Modenkopplung). Diese sollen durch Labormessungen bei Siemens CT verifiziert werden. Danach sollen mit Hilfe der gefundenen Impulsantworten verschiedene aus der Nachrichtentechnik bekannte Entzerrungsverfahren auf ihre Leistungsfähigkeit für die optische Übertragung mit Polymerfasern untersucht werden. Dabei arbeiten wir eng mit der vom ehemaligen LNT-Mitarbeiter M. Mörz gegründeten Firma Aspien zusammen, die in dieser Kooperation speziell analoge Implementierungen von Entzerrstrukturen untersucht. Im Siemens-Labor testen wir experimentell die Leistungsfähigkeit verschiedener kommerziell erhältlicher Hardware zum Aufbau eines POF-Übertragungssystems. Dabei sollen die oben genannten Verfahren als Demonstratoren aufgebaut und vermessen werden.



Labora Aufbau zur Demonstration von Moden-Multiplex bei SI-POF

Mehrstufige Modulationsverfahren für hochbitratige optische Übertragungssysteme

Leonardo Coelho



High order modulation formats have been recently used to increase the capacity as well as the reach of high-speed optical transmission systems. We review here five modulation formats, compare their performance in a single-channel optical transmission scenario at 40 Gbit/s using numerical simulations, and present the optimum transmission system parameters.

In den letzten Jahren wurden mehrstufige Modulationsverfahren intensiv untersucht, insbesondere wegen ihrer hohen spektralen Leistungsfähigkeit und der Robustheit gegen chromatische Dispersion und Faser-nichtlinearitäten. Außerdem wurde gezeigt, dass die auf differentieller PSK basierenden Modulationsverfahren gute Eigenschaften aufweisen, verglichen mit OOK [1].

Bei PSK wird die Information in die Phase der optischen Trägerwelle moduliert. Ein Gewinn von etwa 3 dB kann erzielt werden, wenn die Information differentiell codiert wird und „Balanced Detection“ bei der Demodulation verwendet wird. Wegen der verringerten Auswirkung der nichtlinearen Effekte auf die Leistungsfähigkeit [1] wurde DPSK als Alternative für OOK in hochbitratigen optischen Übertragungssystemen favorisiert. Als Erweiterung von DPSK wurde DQPSK vorgeschlagen, um auch die spektrale Leistungsfähigkeit zu erhöhen. Zur Demodulation werden zwei „balanced“ Empfänger benutzt.

Die spektrale Leistungsfähigkeit kann ohne zu große Komplexitätssteigerung weiter verbessert werden, wenn man eine Kombination aus ASK und DPSK oder ASK/ DQPSK anwendet [2]. Dieses Modulationsverfahren ist optisches „Differential 8-PSK“ (OD8PSK) – eine Erweiterung von DQPSK, bei der 3 Bit pro Symbol übertragen werden.

Der Übertragungskanal besteht hier aus einer Kaskade gleicher Abschnitte mit Standard-Single-Mode- und dispersionskompensierenden Fa-

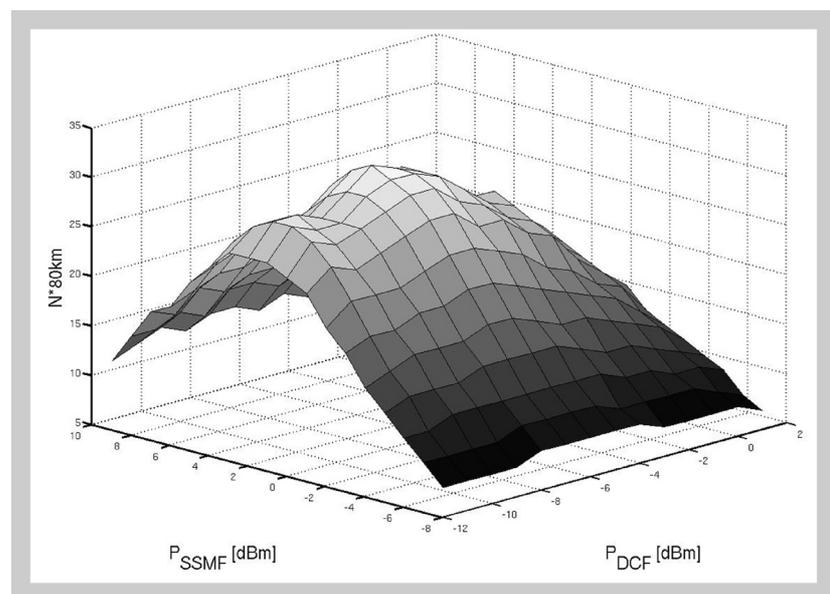
sern (SSMF bzw. DCF) wie erbium-dotierten Faserverstärkern (EDFA) [3]. Unter Berücksichtigung des Dispersionskompensationsschemas kann man drei Arten normalisierter Abschnitte unterscheiden, nämlich Pre-, Post- und Hybridkompensation. Die „Receiver Sensitivity Penalty“ wird verwendet, um die Systemleistung auszuwerten. Die Bitfehlerrate wird mit der Karhunen-Loève-Expansionsmethode berechnet.

In den Simulationen betrachten wir sechs Modulationsverfahren und drei dispersionskompensierte Entwürfe, also insgesamt 18 mögliche Systemvarianten. Zunächst wurde die optische und elektrische Filterbandbreite mit der Empfängerempfindlichkeit als Parameter in einer „Back-to-Back“-Konfiguration optimiert. Dann wurden für jedes System die SSMF- und DCF-Eingangsleistung optimiert und die maximale Übertragungsweglänge bei einer Bitfehlerrate von weniger als 10^{-9} ermittelt. Die Abbildung stellt beispielhaft die maximal mögliche Anzahl kaskadierbarer 80-km-Abschnitte für DPSK mit Post-Dispersionskompensation als Funktion von der SSMF- und DCF-Eingangsleistung dar.

Die Ergebnisse zeigen, dass DPSK mit Post-Dispersionskompensation die beste Konfiguration für optische Einkanalübertragung bei 40 Gbit/s darstellt. Die Höchstzahl der kaskadierten Abschnitte beträgt 31, was einer Übertragungsgesamtlänge von 2480 Kilometern entspricht.

Literatur:

- [1] Gnauck A.H.; Winzer P.J.: Optical Phase-Shift-Keyed Transmission. In: *IEEE Journal of Lightwave Technology*, Vol. 23, pp. 115–130, Jan. 2005
- [2] Ohm, M.; Speidel, J.: Optimal Amplitude Ratios and Chromatic Dispersion Tolerances of Optical Quaternary ASK-DPSK and 8-ary ASK-DQPSK. In: *Proc. APOC 2004*, Nov. 2004
- [3] Hanik, N. et al: Extension of All-Optical Network-Transparent Domains Based on Normalized Transmission Sections. In: *IEEE Journal of Lightwave Technology*, Vol. 22, pp. 1439–1453, June 2004



Systemoptimierung bei DPSK mit Postkompensation

Informationstheoretische Grenzen und Optimierung optischer Übertragungsstrecken

Bernhard Göbel

Modern optical fibre systems are able to transmit amounts of data on the order of terabits per second over thousands of kilometers using wavelength division multiplexing and forward error correction codes. This rapid development of the recent decades has stimulated interest in the question of the channel capacity of optical fibres. Major limitations to the capacity arise from concepts well understood in channel theory, such as noise and intersymbol interference due to chromatic dispersion. In addition, polarisation-mode dispersion, nonlinear fibre effects, and nonlinear direct detection can have an impact on the capacity. We aim at finding approximations or bounds to the information spectral density on both the physical and the system level. These results may be used to derive guidelines for the optimization of actual system parameters.

Aufgrund hervorragender Übertragungseigenschaften und ihrer großen nutzbaren Bandbreite bilden Glasfasern die weltweiten Backbone-Netze für Internet-Datenübertragung und Telefonverbindungen. Aktuelle Systeme sind mittels Wellenlängenmultiplex (WDM) und fehlerkorrigierender Codes in der Lage, Datenraten im Bereich von Terabits pro Sekunde über Tausende von Kilometern zu übertragen.

Durch diese rapide technische Entwicklung wurde die Frage nach der Kanalkapazität bzw. der spektralen Informationsdichte aufgeworfen. Primär wird diese in optischen Systemen von optischem Rauschen und Intersymbolinterferenz aufgrund chromatischer Dispersion begrenzt. Bei einem beispielhaften Empfangs-SNR von 20 dB und einer nutzbaren Bandbreite von 50 THz läge die Kapazität des als linear angenommenen optischen Kanals bei ca. 330 Tbit/s.

Bei genauerer Analyse optischer Nachrichtensysteme können jedoch weitere Störquellen nicht außer Acht gelassen werden. Hierzu zählt der stochastische Effekt der Polarisations-

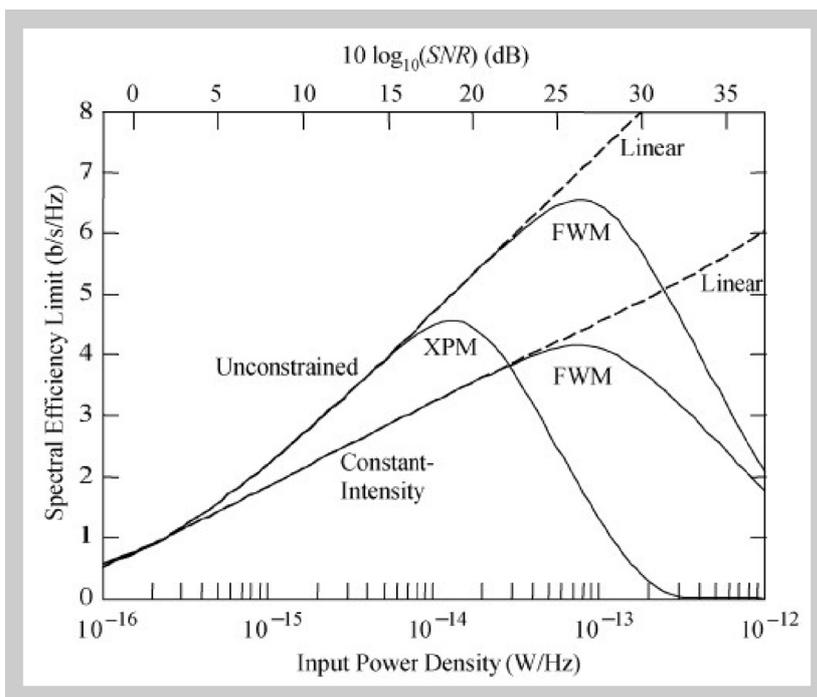
modendispersion (PMD), der eine zeitabhängige lineare Störung des Kanals ähnlich der Mehrwegeausbreitung im Mobilfunk bewirkt. Darüber hinaus treten in optischen Systemen Nichtlinearitäten auf. Zum einen führen – im Gegensatz zum kohärenten Empfänger – die in der Praxis verwendeten Direktempfänger durch eine Quadrierung des Signals zu einer Reduktion der Kapazität. Daneben treten in der Faser nichtlineare Effekte wie Kreuzphasenmodulation und Vierwellenmischung auf, die zu einer Art Nebensprechen zwischen WDM-Kanälen führen. Diese durch die Materialpolarisation verursachten Effekte sind leistungsabhängig.

Neuere Forschungsergebnisse [1] [2] lassen vermuten, dass die Kanalkapazität – anders als bei linearem Kanal – ein Maximum im physikalischen Parameterraum (Eingangsleistung, WDM-Kanalabstand, Symbolrate, usw.) besitzt, das zur Parameteroptimierung dienen kann. Im Bild lässt sich dieses Verhalten für verschiedene Modelle (kohärenter bzw. Direktempfang, isoliert betrachtete Effekte) beobachten. In bisherigen Arbeiten werden Inter-Kanal-Effekte jedoch als stochastische Störungen modelliert. Zu vermuten ist, dass die Kapazitätswerte unter Berücksichtigung der Multiuser-Informationstheorie höher liegen.

Schwerpunkt der derzeitigen Forschungstätigkeit ist die Untersuchung des Einflusses von PMD sowie von Fasernichtlinearitäten in idealisierten optischen Systemen.

Literatur:

- [1] Kahn, J.M.; Ho, K.-P.: Spectral Efficiency Limits and Modulation/ Demodulation techniques for DWDM Systems. In: *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*, Bd. 10, Nr. 2, March 2004
- [2] Mitra, P.P.; Stark, J.B.: Nonlinear Limits to the Information Capacity of Optical Fibre Communications. In: *Nature*, Bd. 411, pp. 1027-1030, June 2001



Spektrale Informationsdichte nichtlinearer Faserkanalmodelle (aus [1]).

Entzerrung für optische Glasfaserübertragungssysteme

Stephan Hellerbrand



Fiber-optic transmission is subject to certain impairments that result from the fiber chromatic dispersion and the signal dependent nonlinear refractive index. The interaction of these effects leads to intersymbol interference (ISI). Another effect, polarization mode dispersion, which produces polarization dependent signal propagation, also contributes to ISI. To compensate for these effects, receiver and transmitter signal processing techniques can be used.

Die Übertragungreichweite und die Qualität bei der Datenübertragung in Glasfasern mit hohen Kanaldatenraten von 10 Gbit/s und mehr wird unter anderem durch die Wechselwirkung von chromatischer Dispersion der Glasfaser und Fasernichtlinearität begrenzt. Die chromatische Dispersion führt zu einer frequenzabhängigen Gruppenlaufzeit. Durch die Nichtlinearität entsteht eine von der Momentanleistung des Signals abhängige Phasenänderung. Das Zusammenspiel dieser Effekte führt zu Impulsinterferenzen. Ein weiterer Effekt, die Polarisationsmodendispersion (PMD), beeinträchtigt die Übertragung bei sehr hohen Kanaldaten. Durch diesen Effekt, der durch Abweichungen in der Fasergeometrie und externe Feldeinwirkungen entsteht, unterscheiden sich die Ausbreitungsgeschwindigkeiten in den orthogonalen Ausbreitungsmoden der Faser, was ebenfalls zu einer Impulsverbreiterung führt.

Das Blockschaltbild eines optischen Übertragungssystems ist nebenstehend dargestellt. Der Grad der Impulsinterferenz nimmt mit steigender Länge der Faserstrecke zu und führt letztlich zu einem geschlossenen Augendiagramm. Die physikalische Beschreibung der Wechselwirkung der Fasernichtlinearität – in diesem Kontext auch als „nichtlinearer Brechungsindex“ bezeichnet – und der chromatischen Dispersion erfolgt mit der bekannten nichtlinearen Schrödinger-Gleichung [1].

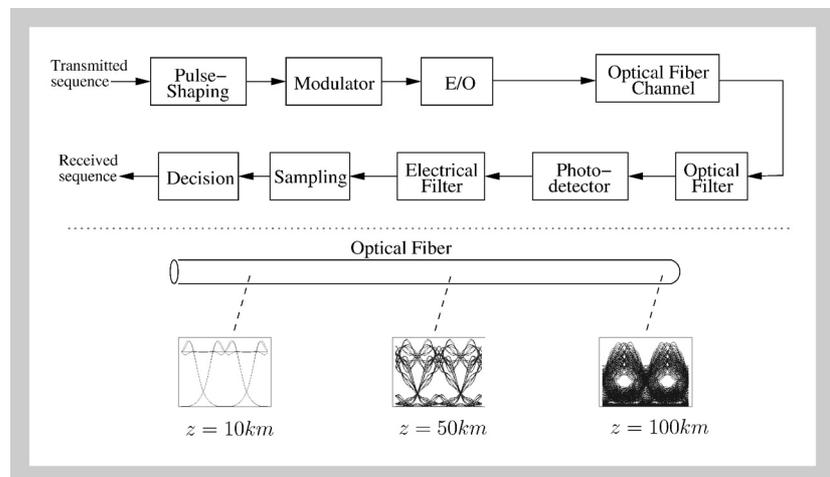
Ziel dieser Arbeit ist es, Reichweite und Robustheit optischer Übertragungssysteme für Kanaldatenraten von 10 Gbit/s und 40 Gbit/s weiter zu verbessern. Als Übertragungsmedium wird die Standard-Singlemode-Faser betrachtet, die sich seit mehr als 20 Jahren in der optischen Übertragung bewährt hat. Eine Möglichkeit hierzu ist der Einsatz elektronischer Komponenten zur Kompensation von nichtlinearen und linearen Effekten. Diese besitzen eine höhere Flexibilität als die bisher üblichen Methoden zur Störungskompensation und werden dank der Verfügbarkeit von A/D- und D/A-Wandlern mit Raten von 20 GSamples pro Sekunde und dem Fortschritt im Bereich der integrierten Schaltungen auch realisierbar.

Die Konzepte lassen sich grob nach dem Ort, an dem die Signalverarbeitung erfolgt, gliedern. Bisherige Arbeiten berichten von empfangenseitigen Techniken, die sich bereits im Mobilfunk bewährt haben: Feed-Forward, Decision-Feedback-Entzerrer und Maximum-Likelihood Sequenz-Schätzung [2]. Eine Einschränkung der Leistungsfähigkeit einer empfangenseitigen Verarbeitung besteht durch die Nichtlinearität und den Verlust der Phaseninformation, welche aus der direkten Detektion resultieren.

Ein zweites Konzept basiert auf einer geeigneten Vorverarbeitung im Sender, welche die durch die Faser induzierten Effekte invertiert. Ein geeignetes Sendesignal wird durch die Berechnung der Faserstrecke in Gegenrichtung gefunden und mittels linearer und nichtlinearer Filter im Sender erzeugt [3]. Gegenstand weiterer Untersuchungen sind die Leistungsfähigkeit der Vorverarbeitung für verschiedene Modulationsverfahren, die Suche nach einer geeigneten Vorverarbeitung zur Kompensation von PMD und die Verminderung der Störungen von Nachbarkanälen durch das vorverzerrte Sendesignal.

Literatur:

- [1] Agrawal, G. P.: Fiber-Optic Communication Systems. Wiley, 2002
- [2] Prati, G.: Tutorial on Electronic Distortion Compensation. In: *ECOC 2005*, Sept. 2005
- [3] Killey, R.: Dispersion and Nonlinearity Compensation using Electronic Predistortion Techniques. In: *IEE Seminar on Optical Fibre Communications and Electronic Signal Processing*, pp. 2/1–2/6, Dec. 2005



Oben: Blockschaltbild eines faseroptischen Übertragungssystems. Unten: Verzerrung des Signals bei der Übertragung führt zu geschlossenem Empfänger-Augendiagramm

Einige Vorbemerkungen und statistische Angaben zu den Forschungsprojekten

Günter Söder

The following articles compactly describe the 12 projects conducted during the reported period.

Since Prof. Hagenauer became Head of Institute 57 externally funded projects with a total work amount of about 100 man-years have been worked on. These have been supported mainly by industrial partners, by the Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), and by the European Union. A certain type of continuity for the changeover is given by the fact that Prof. Hanik received 3 sub-orders within the project EIBONE, which has been initiated by the BMBF.

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

Neben Publikationen und der Lehraktivität ist die Drittmittelforschung ein wichtiges Kriterium der universitären Leistungsbewertung und

damit zur finanziellen Ausstattung der Lehrstühle. Es ist deshalb aus unserer Sicht sehr erfreulich, dass trotz des in Kürze anstehenden Wechsels an der Spitze des Lehrstuhls auch in diesem verkürzten Berichtszeitraum noch 12 Forschungsprojekte bearbeitet wurden, von denen sechs über 2006 hinausreichen werden.

Seitdem Prof. Hagenauer im Frühjahr 1993 die Lehrstuhlleitung übernommen hat, wurden 57 von der Industrie, dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) oder der EU geförderte Projekte mit einem Gesamtumfang von etwa 100 Personenjahren durchgeführt. Damit errechnet sich eine mittlere Projektdauer von 1,75 Personenjahren und – bezogen auf den Gesamtzeitraum von 13,5 Jahren – im Mittel ca. sieben Projekte gleichzeitig.

Eine gewisse Kontinuität für den Übergang ergibt sich aus der Tatsache, dass Prof. Hanik, unser Ordinarius für die Leitungsgebundene



Übertragungstechnik, im Rahmen des vom BMBF initiierten Verbundprojektes EIBONE drei Teilaufträge erhalten hat.

Nachfolgend werden die 12 im Berichtszeitraum bearbeiteten Projekte in äußerst kompakter Form beschrieben. Da jeweils nur eine halbe Seite vorgesehen ist, sei hier auch auf die Kapitel 5 (Dissertationen) und 6 (Arbeitsgebiete) verwiesen.

Channel Coding and Modulation for 4G Mobile Radio Systems

Christoph Hausl, Frank Schreckenbach und Joachim Hagenauer

Zeitraum: 01.04.2002 – 31.03.2006
(Bericht ab 01.04.2005)

Gefördert durch die DoCoMo Communications Lab Europe GmbH

Projektpartner: Dr. Bauch

In upcoming mobile communication systems, very high data rates need to be transmitted with high reliability using a limited bandwidth. The objective of this project was the development and evaluation of powerful channel coding techniques which perform close to channel capacity but can be implemented with feasible complexity. Since the mobile channel undergoes high fluctuations, the modulation and channel coding schemes need to be highly adaptive in the sense that it is easy to switch

between different code rates and modulation schemes.

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wurden verschiedene Kanalcodierverfahren untersucht. Das Ziel war es, ein leistungsfähiges System vorzuschlagen, das bei möglichst geringer Komplexität nahe an der Shannonschen Kapazitätsgrenze arbeitet. Um dies unter den stark zeitvarianten Übertragungsbedingungen realer Mobilfunkkanäle zu ermöglichen, müssen sowohl die eingesetzten Modulationsschemata als auch die Coderate der Kanalcodierverfahren entsprechend dem momentanen Kanalzustand adaptiv anpassbar sein.

Für den Einsatz in der vierten Mobilfunkgeneration kommen nur Kanalcodes in Frage, die iterativ decodiert werden können, da nur so

die Shannonsche Kanalkapazität bei erträglichem Aufwand annähernd erreicht werden kann.

Eine iterative Decodierung ist für zwei verschiedene Codearten möglich. Zum einen können parallel oder seriell verkettete Faltungscodes mit Hilfe des Turbo-Prinzips iterativ decodiert werden. Zum anderen ist es möglich, Low-Density Parity-Check (LDPC) Codes iterativ mittels eines Tanner-Graphen zu decodieren.

Im beschriebenen Projekt wurde ein ratenkompatibler Low-Density Parity-Check (LDPC) Code entwickelt und mit parallel und seriell verketteten Faltungscodes hinsichtlich seiner Leistungsfähigkeit und Komplexität verglichen. Darüber hinaus wurden neue Erkenntnisse über die Verwandtschaft der verschiedenen Codierverfahren gewonnen.

Zeitraum: 01.08.2003 – 31.08.2006
(Bericht ab 01.04.2005)

Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft

For coded transmission over intersymbol interference channels with high memory the application of an optimal APP based equalizer within a turbo receiver is far too complex. In this context, a low complexity soft-in/soft-out equalization approach based on classical sequential decoding has been investigated. This list-sequential (LISS) algorithm, however, can also be applied in narrowband mobile systems with additional co-channel interference from neighbouring cells. For this scenario, where the con-

Sequenzielle Soft-In/Soft-Out-Algorithmen zur iterativen Entzerrung insbesondere von Kurzwellenkanälen und Breitband-Mobilfunkkanälen

Christian Kuhn und Joachim Hagenauer

ventional turbo equalization receiver fails, a suitable LISS detection algorithm is studied.

In vielen nachrichtentechnischen Systemen tritt das Problem der Mehrwegeausbreitung des Sendesignals auf. Um die empfängerseitig auftretende Interferenzstörung zu vermindern bzw. zu eliminieren, ist eine Entzerrung des Empfangssignals notwendig. Sowohl bei der digitalen Kurzwellenübertragung als auch in zukünftigen Mobilfunksystemen stellen sich jedoch die optimalen APP-Entzerreralgorithmen aufgrund der hohen Laufzeitverzögerungen sowie der eingesetzten höherstufigen Modulationsverfahren als zu rechenaufwändig heraus und sind deshalb nicht anwendbar.

Im Laufe dieses Projekts wurden für diese Problemstellung geeignete Algorithmen abgeleitet, die auf dem Prinzip der sequenziellen Decodie-

rung beruhen. Durch den Entwurf in „soft-in/soft-out“-fähiger Form ist unter Einbeziehung der in digitalen Übertragungssystemen zur Fehlerkorrektur eingesetzten Kanalcodierung eine problemspezifische Anwendung des Turbo-Prinzips möglich. Es ergeben sich iterative Empfängerstrukturen mit skalierbarer Komplexität, die nahe an die theoretische Leistungsgrenze herankommen.

Darüber hinaus hat sich herausgestellt, dass diese Klasse der sequenziellen LISS-Algorithmen wesentlich universeller einsetzbar ist. Unter anderem sind sie für die iterative Mehrbenutzerdetektion geeignet und sie können auch für die Detektion bei vorhandenen Gleichkanalstörern eingesetzt werden. Diese beiden Detektionsprobleme der Mobilfunktechnik unter Anwendung des LISS-Detektors stand im letzten Halbjahr dieses Forschungsprojekts im Vordergrund.

NEWCOM - Network of Excellence in Wireless Communications

Frank Schreckenbach und Joachim Hagenauer

Zeitraum: 01.03.2004 – 28.02.2007
(Bericht: 01.04.2005 – 30.09.2006)

Gefördert durch die Kommission der Europäischen Union

Projektpartner: Partner in Industrie und Universitäten in Europa.

NEWCOM (Network of Excellence in Wireless COMMunications) aims at creating a European network that links in a cooperative way a large number of leading research groups from universities and industry addressing the strategic objective *mobile and wireless systems beyond 3G*.

NEWCOM operates effectively as a distributed and decentralized university to improve the integration and exploitation of European research activities.

NEWCOM is organized in Departments and Projects, grouping leading European researchers active in specific topics. We are mainly involved in the Departments:

- 1) Analysis and design of algorithms for signal processing at large in wireless systems.
- 2) Source coding and reliable delivery of multimedia contents.
- 3) QoS provision in wireless networks: Mobility, security, and radio resource management.

Furthermore, NEWCOM enabled and supported Ph.D. exchanges with partner organizations, the organization and participation to numerous workshops and conferences, the attendance of graduate and Ph.D. courses, and the broad dissemination of scientific results.

More informations are available at <http://newcom.ismb.it>.

NEWCOM (Network of Excellence in Wireless COMMunications) hat sich zum Ziel gesetzt, die europäische Forschung zu stärken, besser zu koordinieren und die Ergebnisse besser zu vermarkten. Das übergeordnete Thema ist dabei *Drahtlose Kommunikationssysteme nach 3G*.

NEWCOM arbeitet wie eine virtuelle Universität, in der Forscher thematisch in Departments und Projekten zusammengebracht werden. Derzeit arbeiten 61 europäische Partner aus Industrie und Universitäten zusammen, aufgeteilt in 7 Departments und 5 Projekten. Wichtiger Bestandteil des Projektes ist die Förderung der Zusammenarbeit durch Forschungsaufenthalte bei Partnern, Workshops, Konferenzen und Seminaren. Aktuelle Informationen können unter <http://newcom.ismb.it> im Internet abgerufen werden.

Echtzeitübertragung und Streaming von Video in paketorientierten drahtlosen Mehrbenutzer-Netzwerken

Günther Liebl und Hrvoje Jenkač

Zeitraum: 01.03.2004 – 28.02.2007
(Bericht 01.04.2005 – 30.09.2006)

Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft

Projektpartner: Prof. Steinbach und W. Tu, beide TUM-LKN

Optimization of packet-based multimedia transmission in a wireless multi-user environment require efficient media compression algorithms, and dynamic adaptation to the available resource budget and channel characteristics. During the second project period an optimal strategy for multi-user scheduling of video streaming traffic over shared wireless links has been developed. The latter allows to consider side information on both the channel and the buffer state of individual users. First results show a significant increase in video quality especially among users with bad channel con-

ditions compared to state-of-the-art solutions. These transmission strategies will be combined with the rate-distortion optimized buffer management at LKN and integrated into a joint simulator for cross-layer system design.

Forschungsgegenstand ist die Optimierung der paketorientierten Multimedia-Übertragung in mobilen Mehrnutzersystemen hinsichtlich effizienter Kompressionsverfahren und die adaptive Anpassung an die aktuell verfügbaren Ressourcen und die momentane Kanalqualität. Eine faire Aufteilung der Ressourcen zwischen Nutzern mit unterschiedlichen Güteanforderungen ist ebenso wichtig wie die Optimierung der Übertragungsstrategie innerhalb einer Einzelverbindung.

Im zweiten Abschnitt wurde ein optimiertes Scheduling-Verfahren für Videostreaming entwickelt. Dieses erlaubt, den aktuellen Kanalzustand

und die Struktur der Videodaten in die Entscheidung mit einzubeziehen. Außerdem lässt es sich mit existierenden applikationsangepassten Pufferstrategien kombinieren, die für die optimale Auswahl der zu berücksichtigenden Videostreams sorgen. Erste Vergleiche mit bekannten Verfahren zeigen eine deutliche Steigerung der mittleren Videoqualität, die vor allem auf Verbesserungen bei Nutzern mit schlechten Bedingungen beruhen.

Im weiteren Projektverlauf werden die Ergebnisse mit denen des LKN im Bereich Rate-Distortion optimierter Pufferstrategien zusammengeführt und in einen gemeinsamen Simulator für schichtenübergreifenden Systementwurf integriert.

Collaborative IT Program for Education and Research (CITPER)

Joachim Hagenauer, Bernhard Göbel und Johanna Weindl

Zeitraum: 01.09.2004 – 31.08.2007
(Bericht 01.04.2005 – 30.09.2006)

Gefördert durch die Europäische Union. Grantholder ist der LNT/TUM.

Projektpartner: American University of Beirut, University of Southampton, Siemens AG München

CITPER is a three-year project funded by the European Commission within the TEMPUS framework. During the report period, the main steps were taken towards the development of a model curriculum for a graduate programme in Information Technology (IT) studies in the Middle East. The opportunity for academic exchange was seized by three AUB and one TUM student. Moreover, a three-week block course was offered, and an international graduate seminar

was held (see Chapter 9.11 and <http://www.aub.edu.lb/fea/citper>).

CITPER ist ein von der Europäischen Kommission im Rahmen von TEMPUS gefördertes Projekt, das den Aufbau eines Graduiertenstudiengangs in der Informationstechnologie (IT) an der American University of Beirut (AUB) zum Ziel hat.

In den Berichtszeitraum fallen die wichtigsten Schritte hierzu. Nach umfangreichen Bedarfsanalysen in der IT-Industrie im Nahen Osten entstand ein Curriculum, das sich unter Berücksichtigung regionaler Bedürfnisse an den renommiertesten Master-Programmen amerikanischer und europäischer Universitäten orientiert. Ein Großteil der Projektmittel wurde für die Ausstattung neuer Labore an der American University of Beirut verwendet.

Während verschiedener Treffen in Southampton und München hatten die Projektpartner intensiv Gelegenheit, sich zu beraten und den Projektfortschritt zu begleiten und zu überwachen. Die Möglichkeit zum voll geförderten Gaststudium an der jeweiligen Partneruniversität nahmen drei Studenten der AUB und eine TUM-Studentin wahr, die in Beirut neben dem Besuch von Lehrveranstaltungen einen Teil ihrer Diplomarbeit anfertigte. Weitere Maßnahmen zur Förderung des akademischen Austausches waren die im April 2006 von L. Coelho und B. Göbel an der AUB gehaltene Blockvorlesung „Optical Communications Systems“ und das im Sommersemester 2006 in München und Beirut veranstaltete internationale Hauptseminar (siehe Kap. 9.11). Weitere Informationen: <http://www.aub.edu.lb/fea/citper>.



Zeitraum: 01.10.2004 – 30.09.2005
(Bericht 01.04.2005 – 30.09.2005)

Gefördert durch die Siemens AG
München, COM MN PG NT RI 1

Projektpartner: Dr. Färber

Enhanced uplink transmission is a key topic in the ongoing evolution of 3G radio systems. Like HSDPA in the downlink, E-DCH (Enhanced Dedicated Channel) aims at increasing throughput and reducing delays for packet data services in the uplink by employing similar techniques (i.e. fast link-adaptive scheduling, hybrid ARQ, and shorter transmission time intervals). However, due to the dif-

Coordinated E-DCH and HSDPA Scheduling

Günther Liebl und Timo Mayer

ferent characteristics of uplink and downlink in a mobile radio system, several of these issues need deeper investigation. In cooperation with Siemens AG, our institute analyzed selected features of the still evolving E-DCH standard with respect to their capability to efficiently support bidirectional real-time services like VoIP (Voice-over-IP).

Verbesserte Übertragungsverfahren zwischen Mobilgerät und Basisstation für die Nachfolger der dritten Generation von Mobilfunksystemen werden in Standardisierungsgremien gerade diskutiert. Mit diesen unter der Bezeichnung E-DCH fungierenden Erweiterungen soll – ähnlich wie bereits durch die Verwendung von HSDPA im Downlink – eine deutliche Durchsatzsteigerung bei minimalem Delay erzielt werden. Durch die unterschiedlichen Charakteristika von Uplink und Downlink ist jedoch eine direkte Wiederverwendung

von Strategien wie kanalangepasstes Scheduling, hybride Rückübertragungsverfahren und kürzere Übertragungsintervalle nicht ohne weiteres möglich.

In Zusammenarbeit mit der Siemens AG untersuchte der LNT die bereits im ersten Standardentwurf enthaltenen Verfahren auf ihre Eignung zur Unterstützung neuer bidirektionaler Echtzeitsdienste wie VoIP. Es stellte sich heraus, dass unter optimalen Bedingungen mehr Benutzer unterstützt werden können. Zum Beispiel können durch geschicktes Scheduling mehr als doppelt so viele Nutzer pro Zelle bedient werden. Auch durch kürzere Übertragungsintervalle gewinnt man mehr als 50% Systemkapazität.

Die Gewinne im Uplink sind geringer als im Downlink, da der Scheduler am Empfänger ist und somit viel signalisiert werden muss, und die Power Control ähnlich gute Kanäle für alle Nutzer schafft.

FoCoCast – Verfahren für MBMS basierend auf Fountain-Codes

Hrvoje Jenkač

Zeitraum: 01.10.2004 – 30.09.2005
(Bericht: 01.04.2005 – 30.09.2005)

Gefördert durch BenQ mobile (vorher: Siemens AG) München

Projektpartner: Dr. Wen Xu

Recently, with release 6 Multimedia Broadcast and Multicast Services (MBMS) have been introduced into GERAN and UTRAN. Raptor codes, a realization of fountain codes, have been standardized on the application layer, currently serving only as erasure correcting codes. Therefore, in this project the application of fountain codes in more advanced scenarios, like asynchronous data retrieval, has been investigated. In addition, advanced receiver concepts exploiting soft-information have been addressed, showing significant gains

compared to traditional decoding. Moreover, fountain codes have been investigated in combination with harmonic broadcasting, allowing asynchronous reception of streaming-services in broadcast environments.

Mit Release 6 der Mobilfunkstandards GERAN und UTRAN wurden die *Multimedia Broadcast and Multicast Services* (MBMS) in die Spezifikationen aufgenommen. Die unteren Schichten blieben nahezu unverändert. Auf der Applikationsschicht wurde mit *Raptor-Codes*, die zur Klasse der Fountain-Codes gehören, zusätzlicher Fehlerschutz eingeführt.

Gegenstand dieses Projektes war die Untersuchung der Einsatzgebiete von Fountain-Codes im Hinblick auf die Umsetzung zukünftiger Dienste. Es wurden Verfahren untersucht, die

es in einer zellularen Rundfunkumgebung erlauben, zu beliebigen Zeiten mit der Decodierung zu beginnen und die auch ohne Rückkanal fehlerfrei und effizient arbeiten.

Bisher wurden diese Codes nur bei Auslöschungskanälen wie Broadcast über das Internet angewandt. Entsprechende Decoder berücksichtigen nur harte Informationen. Da es in mobilen Empfängern aber auch Soft-Information über die Empfangssymbole gibt, wurden entsprechende Decoderstrukturen untersucht und so Gewinne gegenüber herkömmlichen Verfahren erzielt. Daneben war zu evaluieren, ob Fountain-Codes auch für Streaming-Applikationen einsetzbar sind. Durch Kombination von Harmonic-Broadcasting mit Fountain-Codierung kann Video-on-Demand über drahtlose Broadcast-Kanäle effizient umgesetzt werden.

EVODS – Effiziente Video-on-Demand-Dienste für DVB-H

Hrvoje Jenkač



Zeitraum: 01.10.2005 – 30.09.2006

Gefördert durch BenQ mobile

Projektpartner: Dr. Wen Xu

The integration of efficient Video-on-Demand schemes in combination with Raptor coding into the DVB-H broadcasting system has been investigated. The existing carousel entity in DVB-H has been enhanced by a Pyramid-Broadcasting scheme, such that state of the art DVB-H receivers are able to benefit from the new approach. Initial play-out latency is reduced, when video streams are retrieved. The FLUTE protocol has been used for the realization such that Raptor ignorant receivers are still able to receive the video stream, however, with increased latency.

Im Projekt „FoCoCast“ wurden Lösungen für die effiziente Umsetzung

von Video-on-Demand über drahtlose Broadcast-Kanäle mittels geeigneter Verknüpfung von Fountain-Codes und Harmonic Broadcasting gefunden. Die Untersuchungen erfolgten weitgehend unabhängig von einem speziellen Standard.

Gegenstand des Projektes war es, die Integration ähnlicher Verfahren in ein bestehendes drahtloses Rundfunksystem unter Berücksichtigung aller Protokolldetails zu prüfen und die Vorzüge gegenüber standardisierten Ansätzen herauszuarbeiten. Konkret erfolgte die Integration in das System DVB-H. Ansatzpunkt waren die in der Spezifikation bereits vorhandenen Karussellverfahren. Diese eignen sich jedoch nur zur Umsetzung von Download-Diensten, wobei mit dem Download zu beliebigen Zeiten begonnen werden kann. Echtzeitdienste wie VoD-Streaming können mit Karussell-Verfahren nicht umgesetzt werden.

Die Kernaufgabe war die geeignete Erweiterung der bestehenden Karusselleinheit um Pyramid-Broadcasting – unter Verwendung des FLUTE-Protokolls – in Kombination mit Raptor-Codierung. So wurde eine deutliche Reduktion der Anzeigeverzögerung gegenüber bestehenden Ansätzen erreicht. Ziel war eine Lösung, mit der nur der Sender modifiziert werden musste. Standardmäßige DVB-H/FLUTE-Empfänger sollten unmittelbar vom neuen Ansatz profitieren. Die Sendermodifikation sollte derart sein, dass auch Empfänger ohne Raptor-Decoder den Video-Stream empfangen und darstellen können, wenn auch mit Einbußen bei der Anzeigeverzögerung.

Optimierung und Entzerrung der optischen Signalübertragung über Plastikfasern

Florian Breyer und Norbert Hanik

Zeitraum: 01.10.2005 – 30.09.2008
(Bericht: 01.10.2005 – 30.09.2006)

Gefördert durch die Siemens AG München, CT IC ONT

Projektpartner: Dr. Spinner

Polymer Optical Fibers (POF) are the most promising solution for the "last yards" in data communication. They combine all the benefits of optical fibers with amazing easy handling. This is due to the large diameter of up to 1mm. The big disadvantages are the attenuation and the small bandwidth. In this project, we want to equalize the received signal to extend the length and the data rate. The theoretical investigations are made at the Institute for Communications Engineering and the practical ones in the lab at Siemens CT.

Optische Polymerfasern (POF) werden zunehmend für die Datenkommunikation im Kurzstreckenbereich mit Reichweiten bis wenigen 100 m eingesetzt. Die Datenraten liegen in den meisten Anwendungsfällen unter 1 Gbit/s. Im Ethernet-Bereich sind Datenraten bis 10 Gbit/s angedacht.

Aufgrund ihrer leichten Handhabbarkeit und preiswerten Herstellung werden sie beispielsweise für die optische Verkabelung in Kraftfahrzeugen, Flugzeugen oder Gebäuden verwendet. Aufgrund des sehr großen Faserkernquerschnitts (bis zu 1mm) von POFs werden im verwendeten sichtbaren Bereich sehr viele – bis zu ca. 3 Million – Lichtmoden angeregt. Die dadurch entstehenden Effekte der Modendispersion, der modenabhängigen Dämpfung und der Kopplung unterschiedlicher Moden beeinflussen die Übertragungseigen-

schaften von Polymerfasern sehr stark. Zusätzlich begrenzt die hohe Dämpfung der Polymerfasern im Bereich von 100 – 200 dB/km die Übertragungreichweite.

In diesem Forschungsprojekt sollen Reichweite und Robustheit optischer Übertragungssysteme über POF durch die Anwendung optimierter Verfahren zur Signalentzerrung verbessert werden. Dazu wird ein Simulationsmodell entwickelt, das alle relevanten Faserparameter berücksichtigt. Durch numerische Simulationen kann damit die Leistungsfähigkeit von unterschiedlichsten Methoden der Signalentzerrung analysiert und optimiert werden.

Die theoretische Arbeit findet am LNT statt. Im Labor bei Siemens CT sollen die theoretischen Modelle und Entzerrerstrukturen durch Messungen verifiziert werden.

Optimierte Vorverzerrung und Entzerrung hochratiger optischer WDM-Systeme

Stephan Hellerbrand und Norbert Hanik

Zeitraum: 01.10.2005 – 30.09.2008
(Bericht: 01.10.2005 – 30.09.2006)

Gefördert durch das BMBF im
Verbundprojekt EIBONE

Projektpartner: W. Weiershausen, T-
Systems International GmbH

In long-haul optical communication systems at channel data rates more than 10 Gbit/s the transmission quality and range is limited by impairments that result from the interaction of fiber-nonlinearity and the fiber chromatic dispersion. The nonlinearity leads to a phase distortion that depends on the instantaneous power of the optical signal. This phase

distortion is converted into an amplitude distortion by the fiber dispersion. As a consequence of these effects, the transmission quality is negatively affected independent of the chosen modulation format.

In this project, effort will be put into finding ways of increasing the range and robustness of the transmission in optical long-haul communication systems. In particular, signal processing techniques for the transmitter and the receiver shall be devised and investigated. The transport medium in consideration is the standard-singlemode fiber, which has proven successful in optical communications for over 20 years.

Bei der optischen Weitverkehrsübertragung mit hohen Datenraten von mehr als 10 Gbit/s wird die Übertragungsqualität und Reichweite unter anderem durch die Wechselwirkung von chromatischer Dispersion der

Glasfaser und Fasernichtlinearitäten begrenzt. Die Nichtlinearität bewirkt im betrachteten Wellenlängenkanal zunächst eine von der augenblicklichen Leistung des Signals abhängige Phasenstörung, aus der durch Faserdispersion zusätzlich eine Störung der Signalamplitude erzeugt wird. Dadurch wird unabhängig vom gewählten Modulationsverfahren die Signalübertragung empfindlich gestört.

In dieser Forschungsarbeit im Rahmen von EIBONE wird versucht, die Reichweite und die Robustheit optischer Weitverkehrssysteme für Kanaldatenraten von 10 Gbit/s und 40 Gbit/s weiter zu verbessern. Zu diesem Zweck sollen geeignete Verfahren der Signalverarbeitung im Sender und Empfänger untersucht und optimiert werden. Als Übertragungsfaser wird die Standard-Singlemode-Faser betrachtet, die sich seit über 20 Jahren in der optischen Übertragungstechnik bewährt hat.

Untersuchung neuer Modulationsverfahren für optische Übertragungssysteme bei Datenraten bis 100 Gbit/s

Leonardo D. Coelho und Norbert Hanik

Zeitraum: 01.10.2005 – 30.09.2008
(Bericht: 01.10.2005 – 30.09.2006)

Gefördert durch die Siemens AG
München, Com FN T D HW 1

Projektpartner: Dr. Schmidt

In long-haul optical WDM communication systems at channel data rates above 10 Gbit/s, transmission quality and reach are determined by different effects: Apart from the noise of the inline optical amplifiers and the receiver, the glass fiber limits the system reach and parameters tolerance through the interaction between nonlinear effects and chromatic fiber dispersion as well as polarization mode dispersion.

In this project the potential of advanced modulation schemes will be examined and compared with binary

schemes for channel data rates of 10 Gbit/s, 40 Gbit/s, 80 Gbit/s, and 100 Gbit/s. For the advanced schemes, differential QPSK and possibly high-level QAM as well as multi-level bipolar amplitude modulation will be considered and compared with binary modulation schemes.

Bei der optischen Weitverkehrsübertragung im Wellenlängen-Multiplex mit hohen Kanaldatenraten größer als 10 Gbit/s wird die Übertragungsqualität und die Reichweite durch unterschiedliche Effekte bestimmt: Neben dem stets vorhandenen Rauschen der optischen Zwischenverstärker und des Empfängers begrenzt die Glasfaser selbst durch die wechselwirkenden Effekte von Fasernichtlinearität und chromatischer Dispersion sowie durch Polarisations-

Modendispersion maßgeblich die Systemreichweite und die Toleranz des Übertragungssystems gegenüber Parameter-Schwankungen.

Die Auswirkungen der Fasernichtlinearität haben maßgeblichen Einfluss auf den Streckenaufbau, der für jedes Modulationsverfahren gesondert optimiert werden muss.

In diesem Projekt soll für Kanaldatenraten von 10 Gbit/s, 40 Gbit/s, 80 Gbit/s und 100 Gbit/s das Potenzial mehrstufiger Modulationsverfahren umfassend untersucht und mit den binären Verfahren verglichen werden. Für die mehrstufigen Verfahren sollen differentielle QPSK und höherstufige QAM sowie mehrstufige bipolare Amplitudenmodulation betrachtet und mit den bekannten binären Modulationsverfahren (NRZ- und RZ-Intensitätsmodulation sowie DPSK) verglichen werden.

Methoden der Kommunikationstheorie zur funktionsorientierten Analyse konservierter DNS-Sequenzen

Janis Dingel, Jürgen Zech, Pavol Hanus und Joachim Hagenauer

Zeitraum: 01.01.2006 – 31.12.2007
(Bericht: 01.01.2006 – 30.09.2006)

Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft

Projektpartner: Dr. Jakob Müller, Institut für Medizinische Statistik und Epidemiologie des Klinikums Rechts der Isar der TU München.

The transmission of the genetic information from one generation to another can be represented by an information transfer model known from technical communication. Mutations within the genetic information are symbolized as noise alterations within essential information easily leads to severe damages.

In the past decades people working in the field of information theory concentrate their efforts in biology on understanding the genetic code representing proteins responsible for essential functions. Therefore a lot of conserved non coding sequences were of no special interest and their existence/function were not known.

Nowadays, they can be easily identified by genome comparison and examined by information theory to reveal new regulatory on error correcting mechanisms.

Die Weitergabe der genetischen Information von einer Generation zur nächsten kann durch ein Informationsübertragungsmodell aus der Kommunikationstechnik dargestellt werden. Mutationen werden dabei als Störungen in der Signalübertragung betrachtet. Eine Veränderung essentieller Informationen führt mit großer Wahrscheinlichkeit zu einer schweren Schädigung des gesamten Organismus. Daher sind die Codes für essentielle Informationen einem hohen natürlichen Selektionsdruck unterworfen. Die zunehmende Zahl frei verfügbarer Genome erlaubt die Identifikation dieser Sequenzen, die zwischen verschiedenen Arten, die einen gemeinsamen Vorfahren haben, konserviert sind.

Der Einsatz moderner Methoden der Informationstheorie konzentrierte sich bislang vor allem auf protein-

codierende Gene. Die codierenden Sequenzen, die wichtige Funktionen repräsentieren, stellen aber nur einen kleinen Teil der konservierten Regionen der DNA dar.

Heutzutage weiß man, dass zusätzliche Sequenzen, die den Einsatz dieser Informationen zeitlich und räumlich koordinieren, ebenfalls Teil der konservierten Regionen sind. Nahezu der Hälfte der konservierten Regionen des menschlichen Genoms konnte allerdings noch keine eindeutige Funktion zugeordnet werden.

Innerhalb dieses Projektes wird zunächst die Informationsweitergabe modelliert. Anschließend sollen Zusammenhänge zwischen codierenden Sequenzen auf der einen und konservierten Sequenzen auf der anderen Seite ermittelt werden. Wir hoffen, auf diese Weise neue Einblicke in die Mechanismen der Genregulation und der Fehlerkorrektur zu erhalten.



8

Veröffentlichungen

Patente, Vorträge

8.1 Zeitschriften- und Buchbeiträge

Barros, J.; Servetto, S.: Network Information Flow with Correlated Sources. – In: *IEEE Transactions on Information Theory*, Vol. 52, No. 1, pp. 155–170, Jan. 2006

Barros, J.; Tüchler, M.: Scalable Decoding on Factor Trees: A Practical Solution for Wireless Sensor Networks. – In: *IEEE Transactions on Communications*, Vol. 54, No. 2, pp. 284–294, Feb. 2006

Dawy, Z.; Davidovic, S.; Seeger, A.: The Coverage-Capacity Tradeoff in Multiservice WCDMA Cellular Systems with Serial Interference Cancellation. – In: *IEEE Transactions on Wireless Communications*, Vol. 5, No. 4, pp. 818–828, April 2006

Dawy, Z.; Göbel, B.; Hagenauer, J.; Andreoli, C.; Meitinger, T.; Müller, J.: Gene Mapping and Marker Clustering Using Shannon's Mutual Information. – In: *IEEE/ACM Transactions on Computational Biology and Bioinformatics*, pp. 47–56, Jan. 2006

Dütsch, N.: Code Optimization for Lossless Compression of Binary Memoryless Sources based on FEC Codes. – In: *European Transactions on Telecommunications*, Vol. 17, No. 2, pp. 219–229, March 2006

Hagenauer, J.: Source-Controlled Channel Decoding Using the Krichevsky-Tromifov (KT) Estimator. –

In: *Elektro- und Informationstechnik*, No. 6, pp. 217–220, June 2005

Hansen, S.; Mecking, M.; Karari, S.; Heider, A.; Schulte, F.; Wagner, A.; Wörmann, A.; Strauß, K.; Heiden, U.; Balwe, A.: Funktionalität des neuen BMW 3er – Die perfekte Freude am Fahren. – In: *ATZ/MTZ extra*, pp. 78–84, May 2005

Hanus P.; Hagenauer J.: Information Theory Helps Historians. – In: *IEEE Information Theory Society Newsletter*, p. 8, Sept. 2005

Jenkač, H.; Hagenauer, J.; Mayer, T.: The Turbo-Fountain. – In: *European Transactions on Telecommunications (ETT), Special Issue on Next Generation Wireless and Mobile Communications*, pp. 337–349, May 2006

Jenkač, H.; Stockhammer, T.; Xu, W.: Asynchronous and Reliable On-Demand Media Broadcast. – In: *IEEE Network Magazine, Special Issue on Multimedia over Wireless Broadband Networks*, Vol. 20, No. 2, pp. 14–20, March 2006

Jenkač, H.; Stockhammer, T.; Xu, W.: Cross-Layer Assisted Reliability Design for Wireless Multimedia Broadcast. – In: *EURASIP Signal Processing Journal, Special Issue on Advances in Signal Processing-assisted Cross-layer Designs*, pp. 1933–1949, Aug. 2006

8.1 Zeitschriften- und Buchbeiträge

8.2 Beiträge in Tagungsbänden

8.3 Patente

8.4 Vorträge

8.5 Publikationen Lehrstuhl für Kommunikation und Navigation

Dieses Kapitel beinhaltet die Publikationen aller Lehrstuhlangehörigen und Lehrbeauftragten. Die Arbeiten ehemaliger Doktoranden sind ebenfalls berücksichtigt, so weit die Veröffentlichung das Promotionsthema betrifft.

Im Berichtszeitraum wurden 18 Zeitschriften- und Buchbeiträge publiziert (Kap. 8.1), zusätzlich 83 Aufsätze in Tagungsbänden (Kap. 8.2) und 11 Patente (Kap. 8.3) Diese entstanden überwiegend in Zusammenarbeit mit den Firmen Siemens AG bzw. BenQ mobile. Das Kap. 8.4 enthält 51 öffentliche Vorträge von Lehrstuhlangehörigen.

Die Publikationen des Lehrstuhls für Kommunikation und Navigation sind im Kapitel 8.5 zusammengestellt. Beachten Sie hierzu auch die Artikel im Kapitel 11.

Jenkač, H.; Stockhammer, T.; Xu, W.; Abdel Samad, W.: Efficient Video-on-Demand Services over Mobile Datacast Channels. – In: *Journal of Zhejiang University SCIENCE A, Special Issue for Selected Papers of 15th International Packet Video Workshop (PV2006)*, Vol. 7, No. 5, pp. 873–884, May 2006

8.2 Beiträge in Tagungsbänden

Abe, T.; Bauch, G.; Hausl, C.: A Comparison of Rate Compatible PCCC and SCCC for Next Generation Wireless Communication Systems. – In: *Proc. 3rd International Symposium on Wireless Communication Systems (ISWCS 06), Valencia, Spain*, Sept. 2006

Afzal, J.; Stockhammer, T.; Gasiba, T.; Xu, W.: System Design Options for Video Broadcasting over Wireless Networks. – In: *Proc. IEEE Consumer Communications and Networking Conference 2006, Las Vegas, Nevada, USA*, Jan. 2006

Arnal, F.; Bazile, C.; Ernst, H.; Scalise, S.; Bousquet, M.: Analysis of Standardized Air Interface Solution for Mobile Satellite Services in Ku-band. – In: *Proc. 11th Ka and Broadband Communications Conference, Rome, Italy*, Sept. 2005

Bauch, G.; Kuhn, C.; Sethuraman, P.: List-Sequential (LISS) Multiple-Symbol Detection of Differential Phase Shift Keying. – In: *Proc. IEEE Vehicular Technology Conference (VTC), Melbourne, Australia*, May 2006

Bauch, G.; Sethuraman, P.; Schreckenbach, F.: Non-Unique Differen-

tiel Turbo Matrix Modulation. – In: *Proc. IEEE International Symposium on Personal Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC), Berlin*, Sept. 2005

Bauch, G.; Sethuraman, P.; Schreckenbach, F.: Partially Unique Mappings for Bit-Interleaved Coded Modulation with Iterative Detection. – In: *Proc. 2005 IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECOM 2005), St. Louis, USA*, Dec. 2005

Berioli, M.; Ernst, H.; Perez, A. B.: Measurement Campaign for File-Based Satellite Radio. – In: *Proc. 24th International Communication Satellite Systems Conference (ICSSC) AIAA*, March 2006

Breyer, F.; Hanik, N.; Cvetkov, C.; Randel, S.; Spinnler, B.: Advanced Simulation Model of the Impulse Response of Step-Index Polymer Optical Fiber. – In: *Proc. 15th International Conference on Plastic Optical Fiber (POF), Seoul, Korea*, Sept. 2006

Coelho, L.D.: Numerical Investigation of Advanced Optical Modulation Formats at 40 Gbit/s Channel Data Rate. – In: *Proc. ITG-Workshop*

Liebl, G.; Jenkač, H.; Stockhammer, T.; Buchner, C.: Radio Link Buffer Management and Scheduling for Wireless Video Streaming. – In: *Telecommunication Systems*, Vol. 30, No. 1–3, pp. 255–277, Nov. 2005

Scalise, S.; Ernst, H.; Hack, T.; Loeillet, C.; Midthassel, R.: Ku-Mobile: Satellite Multimedia Services for Cars in the Ku-Band. – In: *International Journal of Satellite Communications and Networking* 24, No. 2, pp. 137–151, March 2006

Schreckenbach, F.; Bauch, G.: Bit-Interleaved Coded Irregular Modulation. – In: *European Transactions on Telecommunications (ETT)*, Vol. 17, No. 2, pp. 269–282, March 2006

Stockhammer, T.: Robust System and Cross-Layer Design for H.264/AVC-based Wireless Video Applications. – In: *EURASIP Journal on Applied Signal Processing, Special Issue on Video Analysis and Coding for Robust Transmission*, March 2006

Stockhammer, T.; Hannuksela, M.M.: H.264/AVC Video for Wireless Transmission. – In: *IEEE Wireless Communications*, Vol. 12, No. 4, Digital Object Identifier 10.1109/MWC.2005.1497853, pp. 6–13, Aug. 2005

Van der Schaar, M.; Turaga, S.D.; Stockhammer, T.: MPEG-4 Beyond Conventional Video Coding: Object Coding, Resilience and Scalability. – In: *Morgan and Claypool*, Jan. 2006

Modellierung photonischer Komponenten und Systeme, Berlin, Nov. 2005

Coelho, L.D.; Hanik, N.: Higher Order Modulation Formats for High-Speed Transmission Systems. – In: *Proc. Workshop on Optical Transmission and Equalization (WOTE 2005), Shanghai, China*, pp. 13–14, Nov. 2005

Coelho, L.D.; Hanik, N.; Schmidt, E.D.: Exact Numerical Evaluation of Optical Receivers Using Advanced Modulation Formats. – In: *Proc. International Conference on Transparent Optical Networks, Nottingham, United Kingdom*, June 2006

Corvino, V.; Liebl, G.; Giuliani, L.; Tralli, V.; Mayer, T.; Verdone, R.: Scheduling of Mixed Traffic over MC-CDMA under Varying Load and Channel Conditions. – In: *Proc. 3rd IEEE International Symposium on Wireless Communication Systems, Valencia, Spain*, Sept. 2006

Corvino, V.; Liebl, G.; Mayer, T.; Tralli, V.; Verdone, R.: Buffer Management and Scheduling Strategies for Heterogeneous Traffic Including Video Streaming in a MC-CDMA System. – In: *Proc. Workshop*

Trends on RRM, Barcelona, Spain, Nov. 2005

Dawy, Z.; Gonzalez, F.; Hagenauer, J.; Müller, J.C.: Modeling and Analysis of Gene Expression Mechanisms: A Communication Theory Approach. – In: *Proc. IEEE International Conference on Communications (ICC), Seoul, Korea, pp. 815–819, May 2005*

Dawy, Z.; Hagenauer, J.; Hanus, P.; Müller, J.C.: Mutual Information Based Distance Measures for Classification and Content Recognition with Applications to Genetics. – In: *Proc. IEEE International Conference on Communications (ICC), Seoul, South Korea, pp. 820–824, May 2005*

Dingel, J.: An Alternative Method for the Detection of Evolutionary Conserved Regions. In: *Proc. International Conference in Phylogenomics Sainte-Adèle, Québec, Canada, March 2006*

Dingel, J.: Information Theoretic Analysis of Non-Coding DNA. – In: *Proc. ITG-Fachgruppe „Angewandte Informationstheorie“ – Iterative Verfahren und neue Anwendungen der Informationstheorie, Munich, p. 57, May 2006*

Dütsch, N.: Code Optimization for Lossless Turbo Source Coding. – In: *Proc. IST Summit 2005, Dresden, June 2005*

Dütsch, N.: Turbo Source Coding of HMM Sources. – In: *Proc. 15th Joint Conference on Communications and Coding, Sölden, Austria, p. 20, March 2006*

Dütsch, N.: Source Coding based on FEC Codes: An Overview. – In: *Proc ITG-Fachgruppe „Angewandte Informationstheorie“ – Iterative Verfahren und neue Anwendungen der Informationstheorie, Munich, p. 1, May 2006*

Dütsch, N.; Graf, S.; Garcia-Frias, J.; Hagenauer, J.: Source Model Aided Lossless Turbo Source Coding. – In:

Proc. 4th Int. Symposium on Turbo Codes and Related Topics, Munich, April 2006

Dütsch, N.; Jenkač, H.; Mayer, T.; Hagenauer, J.: Joint Source-Channel Fountain Coding for Asynchronous Broadcast. – In: *Proc. IST Summit 2005, Dresden, June 2005*

Ernst, H.; Berio, M.: Introduction to Live Demonstrations: Ku-Mobile – A Satellite System Providing Multimedia Services to Cars in the Ku-Band. – In: *Proc. 3rd Advanced Satellite Mobile Systems Conference, ESA, Herrsching, May 2006*

Ernst, H.; Chiani, M.; Paolini, E.; Di, C.; Coletto, S.: Low-Density Parity-Check Codes for the Transport Layer of Satellite Broadcast. – In: *Proc. 23rd International Communication Satellite Systems Conference and 11th Ka and Broadband Communications Conference, Rome, Italy, Sept. 2005*

Gasiba, T.; Stockhammer, T.; Afzal, J.; Xu, W.: System Design and Advanced Receiver Techniques for MBMS Broadcast Services. – In: *Proc. IEEE International Conference on Communications (ICC), Istanbul, Turkey, June 2006*

Gasiba, T.; Stockhammer, T. Xu, W.: Reliable and Efficient Download Delivery with Raptor Codes. – In: *Proc. 4th International Symposium on Turbo Codes and Related Topics, Munich, April 2006*

Göbel, B.; Dawy, Z.; Hagenauer, J.; Müller, J. C.: An Approximation to the Distribution of Finite Sample Size Mutual Information Estimates. – In: *Proc. IEEE International Conference on Communications (ICC), Seoul, Korea, pp. 1102–1106, May 2005*

Göbel, B.; Sarkis, M.; Dawy, Z.; Hanus, P.; Hagenauer, J.; Müller, J. C.: Mutual Information and Independent Component Analysis in Population-*International Conference of Medical Physics, Nürnberg, pp. 1452–1453, Sept. 2005*

Hagenauer, J.: Source-Controlled Channel Decoding Using the Krichevsky-Trofimov (KT) Estimator. – In: *Proc. 15th Joint Conference on Communications and Coding (JCCC), Sölden, Austria, p. 18, March 2006*

Hagenauer, J.: From Sequential Decoding to the Soft-Output List-Sequential (LISS) Decoder. – In: *Proc. NEWCOM Workshop “The Revival of Sequential Decoding”, Munich, p. 3, June 2006*

Hagenauer, J.; Kuhn, C.: Sequential Decoding for Mobile Receivers. – In: *Proc. 6th International Conference on 3G and Beyond, London, UK, p. 77, Nov. 2005*

Hanik, N.: Worst-Case Simulation of Polarisation Mode Dispersion in Long-Haul Optical Transmission. – In: *Proc. 7. International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON), Barcelona, Spain, July 2005*

Hanus, P.: Applications of Information Theory in Molecular Genetics. – In: *Proc. ITG-Fachgruppe “Angewandte Informationstheorie” – Iterative Verfahren und neue Anwendungen der Informationstheorie, Munich, p. 37, May 2006*

Hanus, P.; Dawy, Z.; Hagenauer, J.; Müller, J. C.: DNA Classification Using Mutual Information Based on Compression Distance Measures. – In: *Proc. 14th International Conference of Medical Physics, Nürnberg, Sept. 2005, pp. 1434–1435, May 2006*

Hanus, P.; Dingel, J.; Hagenauer, J.; Müller, J.C.: An Alternative Method

for Detecting Conserved Elements in Multiple Sequence Alignments. – In: *Proc. European Conference on Computational Biology – Student Council (ECCB), Madrid, Spain*, pp. 18–20, Sept. 2005

Hanus, P.; Dingel, J.; Hagenauer, J.; Müller, J.C.: An Alternative Method for Detecting Conserved Regions in Multiple Species. – In: *Proc. German Conference on Bioinformatics (GCB 2005), Hamburg*, p. 64, Oct. 2005

Hanus, P.; Weindl, J.: Synchronization Model of Transcription Initiation in Prokaryotes and its Kinetic Interpretation. – In: *Proc. 14th Annual International Conference on Intelligent Systems for Molecular Biology (ISMB 2006) – Student Council Symposium, Fortaleza, Brazil*, Aug. 2006

Hauske, G.; Nuding, U.: Second and High Order Redundancy Reduction. – In: *Proc. Dynamic Brain Forum, University of Auckland, Neuseeland*, Nov. 2005

Hausl, C.: Improved Rate-Compatible Joint Network-Channel Code for the Two-Way Relay Channel. – In: *Proc. 15th Joint Conference on Communications and Coding, Sölden, Austria*, p. 26, March 2006

Hausl, C.; Dupraz, P.: Joint Network-Channel Coding for the Multiple-Access Relay Channel. – In: *Proc. International Workshop on Wireless Ad-hoc and Sensor Networks (IWWAN), New York, USA*, June 2006

Hausl, C.; Hagenauer, J.: Iterative Network and Channel Decoding for the Two-Way Relay Channel. – In:

Proc. IEEE International Conference on Communications (ICC), Istanbul, Turkey, June 2006

Hausl C.; Schreckenbach F.; Oikonomidis I.; Bauch G.: Iterative Network and Channel Decoding on a Tanner Graph. – In: *Proc. 43rd Annual Allerton Conference on Communication, Control, and Computing, Monticello, USA*, Sept. 2005

Hernández, I. M.; Ernst, H.: File Broadcast in the Land-Mobile Satellite Channel. – In: *Proc. 14th IST Mobile and Wireless Communications Summit, Dresden*, June 2005

Jenkač, H.: Asynchronous and Reliable On-Demand Media Streaming over Wireless Broadcast Channels. – In: *Proc. 15th Joint Conference on Communications and Coding, Sölden, Austria*, p. 15, March 2006

Jenkač, H.; Liebl, G.: Kanal- und applikationsangepasstes Scheduling für Videostreaming in drahtlosen Mehrbenutzersystemen. – In: *Tagungsband DFG-Kolloquium Adaptivität in heterogenen Kommunikationsnetzen mit drahtlosem Zugang (AKOM), Munich*, March 2006

Jenkač, H.; Mayer, T.; Stockhammer, T.; Xu, W.: Soft Decoding of LT-Codes for Wireless Broadcast. – In: *Proc. IST Summit 2005, Dresden*, June 2005

Jenkač, H.; Stockhammer, T.: Asynchronous Media Streaming over Wireless Broadcast Channels. – In: *Proc. International Conference on Multimedia and Expo (ICME) 2005, Amsterdam, The Netherlands*, pp. 1318–1321, July 2005

Jenkač, H.; Stockhammer, T.; Xu, W.: Cross-Layer Issues and Forward Error Correction for Wireless Video Broadcast. – In: *Proc. 16th Annual International Symposium on Personal Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC), Berlin*, Sept. 2005

Jenkač, H.; Stockhammer, T.; Xu, W.: Reliable Wireless Broadcast with Asynchronous Access: Data Carousels versus Fountain Codes. – In: *Proc. 15. IST Mobile and Wireless Communications Summit 2006, Myconos, Greece*, June 2006

Keyrouz, F.; Xu, W.; Gasiba, T.: Applying LDPC Codes to GPRS. – In: *Proc. 12th European Wireless Conference, Athens, Greece*, April 2006

Kuhn, C.: A Bidirectional List-Sequential (BI-LISS) Equalizer for Turbo Schemes. – In: *Proc. 14th IST Mobile and Wireless Communications Summit, Dresden*, June 2005

Kuhn, C.: List-Sequential Detection of MIMO Signals. – In: *Proc. 15th Joint Conference on Communications and Coding, Sölden, Austria*, p. 9, March 2006

Kuhn, C.: Estimating the Capacity of ISI Channels Using a List-Sequential (LISS) Equalizer. – In: *Proc. 7. Sitzung der ITG-Fachgruppe „Angewandte Informationstheorie“ – Iterative Verfahren und neue Anwendungen der Informationstheorie, Munich*, pp. 75–81, May 2006

Kuhn, C.: Detection, Decoding and Estimation with a List-Sequential (LISS) Algorithm. – In: *Proc. NEWCOM Workshop „The Revival of Sequential Decoding“, Munich*, p. 15, June 2006

Kuhn, C.; Hagenauer J.: Single Antenna Interference Cancellation Using a List-Sequential Algorithm. – In: *Proc. IEEE Global Telecommunications Conference (GlobeCom 2005), St. Louis, MO, USA*, pp. 1604–1608, Dec. 2005

Liebl, G.: Channel- and Application-Aware Transmission Strategies for Wireless Multimedia. – In: *Proc. 15th Joint Conference on Communications and Coding, Sölden, Austria*, p. 14, March 2006

Liebl, G.: Channel- and Application-Aware Transmission of Mixed

- Traffic over Wireless Shared Channels. – In: *Proc. NEWCOM-ACoRN Joint Workshop, Vienna, Austria, Sept. 2006*
- Liebl G.; Corvino V.; Giuliani L.; Tralli V.; Mayer T.; Verdone R.: Advanced Transmission Strategies for Mixed Traffic over MC-CDMA. – In: *Proc. NEWCOM-ACoRN Joint Workshop, Vienna, Austria, Sept. 2006*
- Liebl, G.; Kalman, M.; Girod, B.: Deadline-Aware Scheduling for Wireless Video Streaming. – In: *Proc. ICME 2005, Amsterdam, The Netherlands, pp. 470–473, July 2005*
- Liebl, G.; Schierl, T.; Wiegand, T.; Stockhammer, T.: Advanced Wireless Multiuser Video Streaming Using the Scalable Video Coding Extensions of H.264/MPEG4-AVC. – In: *Proc. ICME 2006, Toronto, Canada, July 2006*
- Luby, M.; Watson, M.; Gasiba, T.; Stockhammer, T.; Xu, W.: Raptor Codes for Reliable Download Delivery in Wireless Broadcast Systems. – In: *Proc. IEEE Consumer Communications and Networking Conference, Las Vegas, Nevada, USA, Jan. 2006*
- Mayer, T.: On Turbo Base-Station Cooperation for Improving the Performance of Cellular Systems. – In: *Proc. 15th Joint Conference on Communications and Coding, Sölden, Austria, p. 12, March 2006*
- Mayer, T.: Performance and Network Load for Receiver Cooperation versus Hybrid ARQ. – In: *Proc. NEWCOM-ACoRN Joint Workshop, Vienna, Austria, Sept. 2006*
- Mayer, T.; Jenkač, H.: Turbo Base-Station Cooperation for Joint Detection and Decoding. – In: *Proc. 15. IST Mobile and Wireless Communications Summit 2006, Myconos, Greece, June 2006*
- Mayer, T.; Jenkač, H.; Hagenauer, J.: Turbo Base-Station Cooperation for Intercell Interference Cancellation. – In: *Proc. IEEE International Conference on Communications (ICC 2006), Istanbul, Turkey, June 2006*
- Morcos, F.; Chantem, T.; Little, P.; Gasiba, T.; Thain, D.: An Improved Distributed Backup System. – In: *12th International Conference on Parallel and Distributed Systems, Minneapolis, USA, July 2006*
- Randel, S.; Lee, J. C. J.; Breyer, F.; Rohde, H.; Spinnler, B.: Exploiting the Capacity of 1mm PMMA Step-Index Polymer Optical Fibers. – In: *Proc. 15th International Conference on Plastic Optical Fiber (POF), Seoul, Korea, Sept. 2006*
- Sarkis, M.; Dawy, Z.; Hagenauer, J.; Müller, J.C.: Gene Clustering Using Independent Component Analysis. – In: *Proc. IEEE International Workshop on Genomic Signal Processing and Statistics, Newport, RI, USA, May 2005*
- Schreckenbach, F.: Approaching AWGN Channel Capacity Using Non-Unique Symbol Mappings. – In: *Proc. 7th Australian Communications Theory Workshop (AusCTW), Perth, Australia, Feb. 2006*
- Schreckenbach, F.: Optimization of Power Allocation for Iterative Multiuser/Multilayer Decoding Using EXIT Charts. – In: *Proc. 7. Sitzung der ITG-Fachgruppe „Angewandte Informationstheorie“ – Iterative Verfahren und neue Anwendungen der Informationstheorie, Munich, p. 65, May 2006*
- Schreckenbach, F.; Bauch G.: Adaptive Bit-Interleaved Coded Irregular Modulation. – In: *Proc. 14th IST Mobile and Wireless Communications Summit, Dresden, June 2005*
- Schreckenbach, F.; Henkel, P.: Signal Shaping Using Non-Unique Symbol Mappings. – In: *Proc. 43rd Annual Allerton Conference on Communication, Control, and Computing, Monticello, USA, Sept. 2005*
- Schreckenbach, F.; Shepherd, D.; Shi, Z.; Reed, M.: Signal Shaping with Mapping by Superposition. – In: *Proc. 15th Joint Conference on Communications and Coding, Sölden, Austria, p. 17, March 2006*
- Shepherd, D.; Shi, Z.; Reed, M.; Schreckenbach, F.: Optimization of Unequal Power Coded Multiuser DS-CDMA Using Extrinsic Information Transfer Charts. – In: *Proc. 40th Annual Conference on Information Sciences and Systems (CISS), Princeton, NJ, USA, March 2006*
- Stockhammer, T.; Afzal, J.; Buchner, C.; Xu, W.; Arnold, A.: Demonstration of MBMS Video Streaming over GERAN. – In: *Proc. IEEE Consumer Communications and Networking Conference, Las Vegas, NV, USA, Jan. 2006*
- Stockhammer, T.; Walter, M.; Liebl, G.: Optimized H. 264-Based Bitstream Switching for Wireless Video Streaming. – In: *Proc. ICME 2005, Amsterdam, The Netherlands, pp. 1396–1399, July 2005*
- Stockhammer, T.; Xu, W.; Gasiba, T.; Afzal, J.: System Design Options for Video Broadcasting over Wireless Networks. – In: *Proc. IEEE Consumer Communications and Networking Conference, Las Vegas, NV, USA, Jan. 2006*
- Stockhammer, T.; Xu, W.; Gasiba, T.; Luby, M.; Watson, M.: Raptor Codes for Reliable Download Delivery in Wireless Broadcast Systems. – In: *Proc. IEEE Consumer Communications and Networking Conference, Las Vegas, NV, USA, Jan. 2006*

Veljanovski, V.; van Borne, D.; Schairer, W.; Hanik, W.: Equalization of Fibre Bragg Grating's Group Delay Ripple by Means of Maximum

8.3 Patente

Afzal, J.; Gasiba, T.; Stockhammer, T.; Xu, W.: Method and Device for Decoding Encoded Symbols. – *Deutsches Patentamt, Anmeldung DE 2005E17728*, Juli 2005

Gasiba, T.; Pandel, J.; Stockhammer, T.; Xu, W.: Verfahren und Vorrichtung zum Auswählen von Korrektursymbolen. – *Deutsches Patentamt, Anmeldung DE 2005 E07693*, April 2005

Gasiba, T.; Stockhammer, T.; Xu, W.: Determination of a Minimum Set of Consecutive Repair Symbols for Raptor Code. – *Deutsches Patentamt, Anmeldung DE 2005E19358*, Mai 2005

Hausl, C.; Schreckenbach, F.; Oikonomidis, I.; Bauch, G.: Communication Relay Apparatus and Com-

Likelihood Sequence Estimation. – In: LEOS 2006 ?

Weindl, J.: A Synchronization Algorithm for Processes in Molecular Biology. – In: *Proc. 15th Joint Conference on Communications and Coding, Sölden, Austria*, p. 23, March 2006

Weindl, J.: Frame Synchronisation in Molecular Biology. – In: *Proc. 7. Sitzung der ITG-Fachgruppe „Angewandte Informationstheorie“, Munich*, p. 46, May 2006

munication Receiver. – *European Patent Office*, Mai 2005

Jenkač, H.; Stockhammer, T.; Xu, W.: Permeable-Layer Reception Method for Reliable Multicast Transmission in Wireless Systems. – *Europ. Patent Office, EP 1624605A1*, Feb. 2006

Stockhammer, T.: Video Telephony Call Setup Improvement by Common Key Frame Use. – *Deutsches Patentamt, Anmeldung*, März 2006

Stockhammer, T.; Abdel Samad, W.; Jenkač, H.; Arnold, A.; Xu, W.: Early Payout for Multimedia Files in Broadcast Environments. – *Deutsches Patentamt, Anmeldung*, März 2006

Stockhammer, T.; Pandel, J.; Varga, I.; Xu, W.: Adaptive Fragmentierung in

Xu, W.; Gasiba, T.; Stockhammer, T.; Jenkač, H.; Liebl, G.: Iterative Decoding for GERAN MBMS. – In: *Proc. 16th IEEE International Symposium on Personal Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC), Berlin*, Sept. 2005

Zangl, J.; Hagenauer, J.: On the Efficiency of Channel Coding in Uncoordinated Sensor Networks. – In: *Proc. IEEE Global Telecommunications Conference (Globecom 2005), St. Louis, MO, USA*, Dec. 2005

Kombination mit Vorwärtsfehler-schutz. – *Dt. Patentamt, Anmeldung DE 2005P02984*, Mai 2005

Stockhammer, T.; Parolari, S.; Proveddi, L.: Indication of Lost Segments across Layer Boundaries. – *Europ. Patent Office, EP 2005P14560*, Juni 2005

Stockhammer, T.; Varga, I.: Synchronization of New Media Flows to Existing Media Flows without Timing Information. – *Deutsches Patentamt, Anmeldung DE 2005 E18741*, Jan. 2006

Wajs A.; Dekker, G.J.; Siedle, D.N.; van Wijk, R.; Hoogenboom, R.P.J., Palmer, J.S.C., Stockhammer, T.: Method of Partially Scrambling a Data Stream. – *European Patent Office, EP 2004051604*, Feb. 2006

8.4 Vorträge

Dingel, J.: Low Density Parity Check-and Repeat Accumulate Codes. Joint Advanced Student School 2005, St. Petersburg, Russia, 08.04.2005

Dütsch, N.: Lossless Joint Source-Channel Coding of Binary Sources. 5. Sitzung der ITG-Fachgruppe „Angewandte Informationstheorie“, Aachen, 29.04.2005

Dütsch, N.: Code Optimization for Lossless Turbo Source Coding. NTT

DoCoMo Day, München, 05.07.2005

Dütsch, N.: Compression of Binary i.i.d. Sources based on FEC Codes. Joint NEWCOM Workshop mit dem Laboratoire de Télécommunications, Weilheim, 17.08.2005

Dütsch, N.: Source Coding based on FEC Codes: An Overview. NEWCOM Dep. 5 Meeting, Toulouse, France, 23.06.2006

Göbel, B.: Turbo Equalization of Optical Communications Channels. Workshop on Optical Communication Systems München, 03.02.2006

Hagenauer, J.: The Turbo Principle in Mobile Transmission. National Chiao Tung Universität, Taipei, Taiwan, 24.05.2005

Hagenauer, J.: The Coded 8-PSU Modem for Intelsat. Festkolloquium, Weggis, Schweiz, 29.05.2005

- Hagenauer, J.: Sequential Decoding for Mobile Radio Receivers. Institut EUROCOM – Communications Mobiles, Nizza, France, 28.06.2005
- Hagenauer, J.: The Revival of Sequential Decoding. Kolloquium Kommunikationstechnik und Informationstheorie, TU München, 08.07.2005
- Hagenauer, J.: Exotic Application of Information Theory. ISCTA 2005, Ambleside, Lake District, England, 21.07.2005
- Hagenauer, J.: Informationstechnische Aspekte des genetischen Codes. Fakultätskolloquium, Universität Bremen, 22.11.2005
- Hagenauer, J.: Was das Handy können wird – Ausblick in die Zukunft des Mobilfunks. DFG-Vortragsreihe „EXKURS“, Wissenschaftszentrum Bonn-Bad Godesberg, 23.11.2005
- Hagenauer, J.: Anwendungen der Informationstheorie auf den genetischen Code der DNS. Universität Ulm, Elektrotechnisches Kolloquium, 11.01.2006
- Hagenauer, J.; Hanus, P.: Anwendungen der Informationstheorie beim genetischen Code und bei Texten. Institut für Kommunikation und Navigation, DLR, Oberpfaffenhofen, 21.06.2006
- Hagenauer, J.: Coding forever? Rückblick auf 40 Jahre Codierung im und aus dem DLR. Institut für Kommunikation und Navigation, DLR, Oberpfaffenhofen, 14.07.2006
- Hanik, N.: Nachrichtenübertragung über Leitungen. Th.-Heuss-Gymnasium, Nördlingen, 10.01.2006
- Hanik, N.: Kleine Einführung in die Telekommunikation. Schülertage der TU München, 09.02.2006
- Hanus P.: GenGroup LNT – Overview of Topics. Department of Telecommunications and Applied Information Theory, Universität Ulm, 19.10.2005
- Hanus, P.: Unexpected Similarity between Conserved Non-Genic and Coding Regions. International Conference in Phylogenomics Sainte-Adèle, Québec, Canada, 18.03.2006
- Hanus P.: Master of Science in Communications Engineering (Communications Systems, Communications Electronics). Federal University of Ceará, Fortaleza, Brazil, 10.08.2006
- Hanus P.: Master of Science in Communications Engineering (Communications Systems, Communications Electronics). Federal University Pernambuco, Recife, Brazil, 15.08.2006
- Hanus P.: Communication and Information Theory in Genetics – an Overview. Department of Electronics and Systems, Federal University of Pernambuco, Recife, Brazil, 16.08.2006
- Hausl, C.: Joint Network-Channel Coding based on Turbo Codes for the Two-Way Relay Channel. Siemens Corporate Research (SCR), Princeton, NJ, USA, 08.06.2006
- Hausl, C.: Joint Network-Channel Coding for Relay Networks based on Distributed Turbo Codes. University of Notre Dame, South Bend, USA, 24.07.2006
- Jenkač, H.: Reliable Multimedia Broadcast in Cellular Systems: Retransmission and Fountain Coding Strategies. Joint Advanced Student School (JASS) 2005, St. Petersburg, Russia, 09.04.2005
- Jenkač, H.: Wie kommt eigentlich die Sprache übers Handy. Vortrag im Rahmen der Erstsemesterveranstaltung, TU München, 18.10.2005
- Kuhn, C.: A List-Sequential (LISS) Multiuser Detector for Turbo Schemes. Newcom Meeting, Department 1, Cluster 3, Louvain la Neuve, Belgium, 22.04.2005
- Kuhn, C.: List-Sequential (LISS) Decoding for Equalization and Co-channel Interference Cancellation. NTT DoCoMo Day, München, 05.07.2005
- Kuhn, C.: A List-Sequential Detector for Turbo Schemes and its Application to Equalization and MIMO Detection. Institute for Digital Communications, University of Edinburgh, Scotland, 22.09.2005
- Liebl, G.: Advanced Scheduling for Videostreaming over Wireless Shared Channels. NEWCOM Dep. 7/Ap.3 Cooperation Meeting, Bologna, Italy, 06.04.2005
- Liebl, G.: Joint Buffer Management and Scheduling for Videostreaming over Wireless Shared Channels. NEWCOM Dep. 7/Ap.3 Cooperation Meeting, Bologna, Italy, 06.04.2005
- Liebl, G.: Common Simulation Environment for Packet-Based Data Traffic over Wireless Shared Channels – an Overview. NEWCOM Dep. 7 Meeting, Budapest, Hungary, 03.06.2005
- Liebl, G.: Contribution to DR7.3: Recommendations for the Reference Scenarios to be Defined in E-MORANS and for the Knowledge Networking DB. NEWCOM Dep. 7/E-MORANS Meeting, Valencia, Spain, 25.10.2005
- Liebl, G.: Implementation Status Report: Common Simulation Environment for Packet-Based Data Traffic over Wireless Shared Channels. NEWCOM Dep. 7 Meeting, Valencia, Spain, 25.10.2005
- Liebl, G.: Implementation Status Report: Common Simulation Environment for Packet-Based Data Traffic over Wireless Shared Channels. NEWCOM Dep. 7 Meeting, München, 20.04.2006

Mayer, T.: The Turbo-Fountain. NTT DoCoMo Day, München, 05.07.2005

Mayer, T.: Fountain-Coding. Joint NEWCOM Workshop, Weilheim, 17.08.2005

Mayer, T.: Base-Station Cooperation with Turbo Interference Cancellation. Siemens AG, München, 15.02.2006

Mecking, M.: Human Machine Interface Design. International Graduate Seminar on Information Technology, TU München, 01.07.2006

Schreckenbach, F.: Signal Shaping Using Non-Unique Symbol Mappings. 6. Diskussionssitzung der

ITG-Fachgruppe Angewandte Informationstheorie, 07.10.2005

Schreckenbach, F.: Adaptive Bit-Interleaved Coded Modulation with Iterative Decoding. National ICT Australia, Canberra, Australia, 01.12.2005

Schreckenbach, F.: Optimization of Bit-to-Symbol Mappings for Iterative Receivers. Institute for Telecommunications Research, University of South Australia, Adelaide, Australia, 06.02.2006

Schreckenbach, F.: Bit-Interleaved Coded Modulation with Mapping by Superposition. National ICT Australia, Canberra, Australia, 22.02.2006

Söder, G.: LNTwww – ein Lerntutorial für die Nachrichtentechnik. Verleihung des TUM-eLearning-Award, München, 23.05.2006

Stockhammer, T.: Real-Time Demonstrations of Advanced UTRAN and GERAN Technologies Using WiNe2. NTT DoCoMo Euro-Labs, München, 08.06.2005

Stockhammer T.: Cross-Layer Issues and Forward Error Correction for Wireless Video Broadcast. Erstes Treffen des ITG-Fachausschusses 3.2 Freiburg, 24.06.2005

Stockhammer, T.: Real-Time Demonstrations of Advanced UTRAN and GERAN Technologies Using WiNe2. Institute for Digital Communications, University of Edinburgh, Edinburgh, Scotland, 24.11.2005

Stockhammer, T.: 3GPP Work Item on Minimum Performance Requirements for Video Codecs – Justification, Concepts and Preliminary Results. Zweites Treffen des ITG-Fachausschusses 3.2, Hildesheim, 02.12.2005

Stockhammer, T.: Real-Time Demonstrations of Advanced UTRAN and GERAN Technologies Using WiNe2. Digital Fountain, Fremont, CA, USA, 06.05.2006

Stockhammer, T.: System Crosslayer Design for Wireless H.264-based Video Transmission. Apple, Cupertino, CA, USA, 06.05.2006

8.5 Publikationen des Lehrstuhls für Kommunikation und Navigation

Ehm, H.; Schmid, A.; Neubauer, A.; Günther, C.; Weigel, R.: A Simulation Model for Galileo/GPS Receivers including the RF Front-End. – In: *Proc. European Navigation Conference GNSS (ENC GNSS '05), Munich, July 2005*

Graf, S.: EGNOS Integrity Performance. – In: *Proc. 15th Joint Conference on Communications and Coding, Sölden, Austria, p. 24, March 2006*

Henkel, P.: Integrity of Differential Carrier Phase Measurements. – In: *Proc. 15th Joint Conference on Communications and Coding, Sölden, Austria, p. 25, March 2006*

Montenbruck, O.; Günther, C.; Graf, S.; Garcia-Fernandez, M.; Furtner,

J.; Kuhlen, H.: GIOVE-A Initial Signal Analysis. – In: *GPS Solutions*, March 2006

Schmid, A.; Günther, C.; Neubauer, A.: Rice Factor Estimation for GNSS Reception Sensitivity Improvement in Multipath Fading Environments. – In: *Proc. Workshop on Positioning, Navigation and Communication, Hannover, pp. 93-98, March 2005*

Schmid, A.; Günther, C.; Neubauer, A.: Frequency Offset Estimation for Galileo/GPS Receivers Based on Differential Correlation. – In: *Proc. IEEE Workshop on Statistical Signal Processing (IEEE SSP '05), Bordeaux, France, July 2005*

Schmid, A.; Günther, C.; Neubauer, A.: Adaptive Phase Correction Loop

for Enhanced Acquisition Sensitivity. – In: *Proc. ION GNSS Int. Technical Meeting of the Satellite Division (IONGNSS '05), Long Beach, CA, USA, pp. 168-177, Sept. 2005*

Schmid, A.; Günther, C.; Neubauer, A.: Adaptive Frequency Correction Method for Enhanced Sensitivity CDMA Acquisition. – In: *Proc. IEEE Global Telecommunications Conference (IEEE Globecom '05), St. Louis, MO, USA, Nov. 2005*

Schmid, A.; Neubauer, A.; Ehm, H.; Weigel, R.; Günther, C.: Galileo/GPS Receiver Fixed-Point Implementation Using Conventional and Differential Correlation. In: *Proc. ION GNSS Int. Technical Meeting of the Satellite Division (IONGNSS '05), Long Beach, CA, USA, pp. 1945-1956, Sept. 2005*

9

Veranstaltungen

9.1 Exkursion zur Tschechischen Akademie der Wissenschaften in Prag, 26. und 27. Juli 2005

Hrvoje Jenkač und Frank Schreckenbach

In July 2005 a group of LNT staff members and students visited the Institute of Radio Engineering and Electronics (IREE) of The Academy of Science of the Czech Republic in Prague. During a well organized colloquium they got insight into the organization structure of the academy as well into the various research fields of the institute. After several talks on optical communications and photonics, the group had the opportunity to visit selected laboratories and to attend several technical demonstrations. More insight into the history of technical evolution and progress in the Czech Republic and in Eastern Europe was provided at the Technical Museum in Prague, which was visited in addition. The non-technical part of the two days visit featured a guided tour of old town Prague, a boat trip on the famous Vltava river, a visit of the castle and an informal dinner at one of the famous Bohemian beer halls.

Motiviert durch langjährige Kontakte von Prof. Hanik zu Mitgliedern der Prager Akademie der Wissenschaften der Tschechischen Republik wurde im Juli 2005 von unserem Lehrstuhl eine zweitägige Exkursion in diese wunderschöne Moldaustadt veranstaltet, an der Studenten sowie ein Großteil der LNT-Mitarbeiter teilnahmen. Organisiert wurde diese Exkursion von Hrvoje Jenkač, Ioannis Oikonomidis und Frank Schrecken-

bach, der seinerzeit amtierenden Task-Force „OHSchreck“.

Nach über siebenstündiger Busfahrt und einem kurzen Erfrischungsaufenthalt in unserem Hotel war das Institut für Radiotechnik und Elektronik (IREE) der Akademie der Wissenschaften unser erstes Ziel. Dort wurden wir vom Direktor Dr. Matějec und Dr. Karásek empfangen und auf das Herzlichste willkommen heißen. Dr. Matějec eröffnete das wissenschaftliche Kolloquium mit einer kurzen Übersicht über die Organisationsstruktur der Akademie und des Instituts und gab einen Überblick über die wissenschaftlichen Arbeits- und Interessengebiete. In Kooperation mit Universitäten befasst sich das Institut hauptsächlich mit Themen der Elektronik für optische Anwendungen. Grundlagenforschung, Lehre und Wissenstransfer sind die angestrebten Schwerpunkte.

Es folgten Vorträge zur optischen Übertragungstechnik, u. a. „Optical Biosensors based on Surface Plasmon Resonance“ von Jiří Homola und „Modelling and Characterization of Integrated Photonic Components“ von Jiří Čtyrůk. Nach jedem Beitrag gab es rege Diskussionen.

Anschließend wurden wir durch mehrere Laboratorien der Akademie geführt und konnten einen Einblick in die dortige Forschung gewinnen. Interessante Diskussionen zum Thema „Zeit“ ergaben sich bei der Vorstellung der institutseigenen Atomuhr.

- 9.1 Tschechische Akademie der Wissenschaften in Prag
- 9.2 Workshop mit Laboratoire de Télécommunications
- 9.3 International Workshop on Optical Communications
- 9.4 Festkolloquium zur Verabschiedung von Prof. Hauske
- 9.5 15th Joint Conference on Communications and Coding, Sölden, Österreich
- 9.6 4th International Symposium on Turbo Codes and Related Topics
- 9.7 Sechstes Projekttreffen der WPR.7 von NEWCOM
- 9.8 ITG-Fachgruppe „Angewandte Informationstheorie“
- 9.9 Ehrendoktorwürde für Prof. Hagenauer
- 9.10 Workshop „The Revival of Sequential Decoding“
- 9.11 International Graduate Seminar on IT
- 9.12 Abschiedsvorlesung von Prof. Hagenauer

Neben diesen eher wissenschaftlichen und technisch-orientierten Programmpunkten gab es aber auch ausgiebig Gelegenheit, die Stadt Prag aus einem kulturhistorischen Blickwinkel kennenzulernen. Am Spätnachmittag wurde uns ein hochinteressanter Altstadt Rundgang unter der sachkundigen Führung einer Prager Historikerin geboten. Neben der weltbekannten Karlsbrücke und dem Wenzelplatz konnten wir den Charme des jüdischen Viertels und der vielen malerischen Seitenstraßen mit großartiger Jugendstilarchitektur auf uns einwirken lassen.

Den ersten Exkursionstag rundete die Einkehr in den landestypischen Bierkeller „Novomistsky Pivovar“ ab. Wir verbrachten dort einige gesellige Stunden, an die wir uns auch heute noch gerne zurück erinnern. Neben den hervorragenden Bierspezialitäten konnten wir auch die Vorzüge der böhmischen Küche genießen. Einige Nachtschwärmer starteten anschließend noch zu einer Expedition ins Prager Nachtleben, fanden aber dennoch wieder sicher ins Hotel zurück.

Am Vormittag des zweiten Tages wurde dem technikgeschichtlichen Anspruch unserer Exkursion Rechnung getragen, indem wir das Technische Museum von Prag besuchten. Dort waren historische technische Errungenschaften wie Eisenbahnen, Flugzeuge, Fahrzeuge aller Art sowie Uhrwerke zu bewundern.

Nach dem Museumsbesuch bot sich uns die einzigartige Gelegenheit, Prag bei einer idyllischen Moldauschiffahrt zu Wasser kennen zu lernen. Bei strahlendem Sonnenschein begleiteten uns ein grandioses Panorama und ein reichhaltiges Büffet. Das Ganze wurde – zum Leidwesen mancher Exkursionsteilnehmer – musikalisch von einem Akkordeonspie-

ler mitsamt seinem weit gefächerten Repertoire an deutschen Volksliedern und Schlagern untermalt.

Den Abschluss dieser Exkursion bildete die Besichtigung der Prager Burg, neben der Karlsbrücke sicherlich die bekannteste Attraktion Prags. Bei einer Führung erhielten wir zahlreiche Informationen über die Jahrhunderte lange Geschichte und die aktuellen Entwicklungen Tschechiens. Natürlich wurde im Laufe des Rundganges die Wachablösung nicht verpasst.

Auf der Rückfahrt nach München wurde nach alter Tradition der Kübel an die nächste Organisations-Task-Force übergeben; diesmal hat es Ni-

colas Dütsch, Christoph Hausl und Christian Kuhn getroffen.

Wir danken allen, die zum Gelingen dieser Veranstaltung beigetragen haben. Bei Prof. Hagenauer bedanken wir uns für die finanzielle Unterstützung, bei Prof. Hanik dafür, dass er den Kontakt zur Tschechischen Akademie der Wissenschaften hergestellt und uns somit ein äußerst interessantes Kolloquium mit vielseitigen Einblicken ermöglicht hat.

Der Dank gilt aber auch unserem griechischen Busfahrer, der uns sicher durch die engen Straßen Prags und die skurrilen Märkte an der deutsch-tschechischen Grenze manövrierte.



Unser Gastgeber Dr. Karásek mit Prof. Hanik, Prof. Hagenauer und Prof. Hauske



Gruppenbild der etwa 30 Exkursionsteilnehmer vor dem Eingangportal zum Hradcín

9.2 Gemeinsamer Workshop mit dem Laboratoire de Télécommunications (Louvain), Weilheim, 17. August 2005

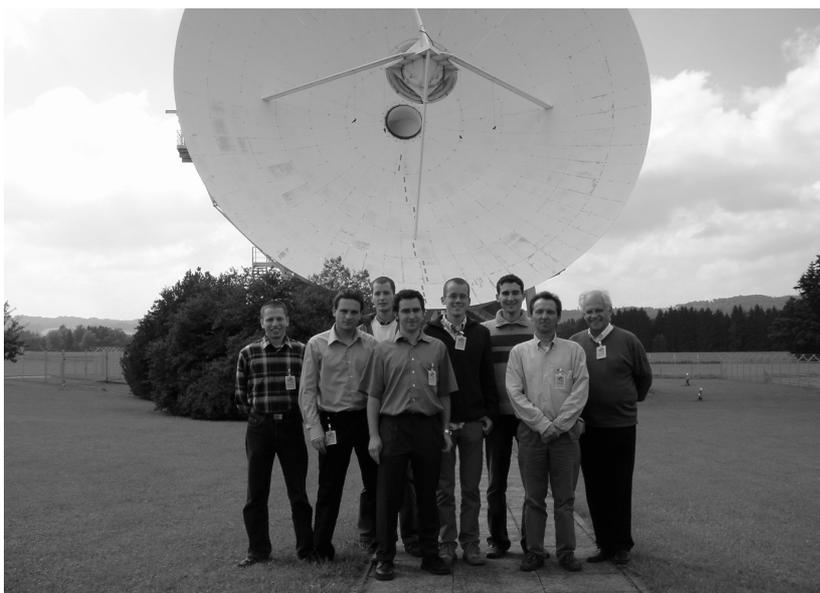
Nicolas Dütsch

Following NEWCOM's idea of cooperation among European research groups in the field of mobile and wireless communications this common workshop was held at the deep space ground station of the German Aerospace Center (DLR) in Weilheim for the first time. Prof. Vandendorpe and some Ph.D. students of the Laboratoire de Télécommunications et Télédétection (TELE) from the University Louvain in Belgium met with colleagues of the Institute for Communications Engineering (LNT) to discuss current research topics and cooperation.

During this informal workshop each Ph.D. student had the possibility to present his latest results in a talk followed by discussions among the participants. Furthermore we got insight into deep space communications during a tour held by Mr. Kolbeck (DLR), leader of the ground station. One of the highlights was to clamber on the 30 meter dish (see picture below), which is used to track the satellites. The day was completed by the visit of the ancient Benedictine Monastery of Andechs, where we had typical Bavarian food and beverages.

Mitte August 2005 veranstaltete der Lehrstuhl für Nachrichtentechnik (LNT) einen eintägigen Workshop zusammen mit vier Wissenschaftlern des Telekommunikations- und Fernerkundungslabors der Universität Louvain in Belgien, geleitet von Prof. Luc Vandendorpe. Diese Veranstaltung, die dem NEWCOM-Gedanken zur Kooperation europäischer Forschungsgruppen aus dem Bereich der Kommunikationstechnik folgt, wurde in den Räumlichkeiten der Bodenstation des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Weilheim abgehalten.

Jeder der jeweils drei Doktoranden aus Louvain und München hatte die Möglichkeit, seine aktuellen Forschungsergebnisse im Rahmen eines 30-minütigen Vortrags darzustellen. Da viele Forschungsaktivitäten von Prof. Vandendorpe und Prof. Hagenauer eng miteinander verwandt sind (unter anderem durch Anwendung des Turbo-Prinzips), ergaben sich anschließend meist intensive Diskussionen und somit Gedankenanstöße für zukünftige Forschungsarbeiten. Auch die Möglichkeit gemeinsamer Forschungsaktivitäten wurde von den Teilnehmern erörtert.



Die Teilnehmer vor der 30 Meter-Antenne der DLR-Bodenstation in Weilheim. Von links: Pavol Hanus, Timo Mayer, Harold Sneessens, Nicolas Dütsch, Xavier Jaspas, Cédric Herzet, Luc Vandendorpe und Joachim Hagenauer



Nach dem gemeinsamen Mittagessen konnten wir die eindrucksvolle DLR-Bodenstation besichtigen. Deren Leiter, Ludwig Kolbeck, vermittelte den Teilnehmern des Workshops einen tiefen Einblick in den interessanten Bereich der Satellitenkommunikation. Ein Highlight war das Erklimmen der 30 Meter hohen Antenne (siehe Bild), die unter anderem genutzt wird, um an Raketenstarts der ESA und der NASA unterstützend mitzuwirken oder um Satellitenlaufbahnen zu überwachen.

Nach weiteren Vorträgen am Nachmittag besuchten wir abschließend das Benediktinerkloster zu Andechs. Hier hatten unsere Gäste die Möglichkeit, typische bayerische Spezialitäten kennen zu lernen und die gemütliche Atmosphäre zu genießen.

Nachfolgend sehen Sie die Vorträge dieses fruchtbaren Workshops in chronologischer Reihenfolge:

Nicolas Dütsch (LNT)

Compression of Binary i.i.d. Sources Based on FEC Codes

Cédric Herzet (TELE)

Iterative Parameter Estimation and Associated Lower Bounds

Xavier Jaspas (TELE)

Performance Analysis of Variable Length Codes in Joint Source-Channel Turbo Schemes

Timo Mayer (LNT)

Fountain Coding

Harold Sneessens (TELE)

Soft „Decode and Forward“ for Cooperative Communications

Pavol Hanus (LNT)

Applications of Information and Coding Theory in Genetics

9.3 International Workshop on Optical Communications, 2. und 3. Februar 2006

Norbert Hanik

Im Jahr 2000 wurde dieser Workshop erstmals abgehalten, wobei die Forschungsgruppe von Prof. Jeppesen von der Technical University of Denmark (TUD) und Mitarbeiter des Technologiezentrums der Deutschen Telekom AG neueste Ergebnisse diskutiert und zukünftige Themen erörtert haben. Seitdem findet der Workshop an wechselnden Orten jährlich statt.

Im Februar 2006 fand der Workshop erstmals bei uns an der TU München statt. Teilnehmer waren neben der LNT-Optikgruppe ehemalige Kollegen von T-Systems (Bereich SSC-ENPS) und dem HHI Berlin, Prof. Rosenkranz (Universität Kiel) sowie Prof. Jeppesen (TUD) – beide mit mehreren Mitarbeitern. Die weiteren Teilnehmer und die Vortragsthemen sind nachfolgend aufgelistet:

Bernhard Göbel, TU München

Turbo Equalization of Optical Communications Channels

Daniel Fritzsche, T-Systems

Equalization Techniques Using the Phase Information of the Signal

Stefan Schoellmann, Uni Kiel

MIMO Principle over MMF in Optical Transmission Systems

Murat Serbay, Uni Kiel

Experimental and Numerical Investigations of Multilevel PM Formats

Malte Schneiders, T-Systems

Field Experiments at 160 Gbit/s over Legacy Fiber Infrastructure

Yan Geng, TUD Kopenhagen

Wavelength Conversion of High Speed DPSK Signals

Leonardo D. Coelho, TU München

BER Analysis by EF-Expansion and Saddlepoint Integration Methods

Ronald Freund, HHI Berlin

Dispersion-Managed Fibers: Experimental and Economic Evaluation

Jesper Jensen, TUD Kopenhagen

Dispersion Tolerance for 40 Gbaud Multilevel Modulation Formats

Der Workshop begann mit einem Dinner im Löwenbräukeller. Der zweite Tag war ganz der fachlichen Arbeit gewidmet. Abgedeckt wurde das gesamte Spektrum optischer Systeme: neue Modulationsverfahren, optische und elektrische Entzerrung, optimiertes Link-Design. Neben den theoretischen Ergebnissen wurden Labor- und Feldexperimente diskutiert.

Der Workshop wurde wie seine Vorgänger von allen Teilnehmern als überaus nutzbringend bewertet. Es wurden vielfältige Kontakte geknüpft und Kooperationen auf vielen Gebieten vereinbart. Der nächste Workshop wird voraussichtlich 2007 an der Universität Kiel stattfinden.

In 2006 the Joint Workshop on Optical Communications was located, for the first time, at Munich University of Technology.

Participants from T-Systems SSC ENPS, Heinrich-Hertz-Institut Berlin, Technical University of Denmark, Christian Albrecht University of Kiel and from the Optical Communications group of TUM presented their latest research results. The topics covered both theoretical and practical aspects, ranging from novel modulation formats over optical and electrical signal equalization to optimized physical link design methods.



Die Workshop-Teilnehmer. Unten v. li.: Y. Geng, R. Freund, S. Hellerbrand, Prof. Rosenkranz, Prof. Hanik, Prof. Jeppesen, L. Coelho. Oben v. li.: T. Tokle, J. Jensen, M. Serbay, D. Fritzsche, B. Göbel, S. Schoellmann, M. Schneiders. Dahinter: Georg Simon Ohm.

9.4 Festkolloquium zur Verabschiedung von Prof. Gert Hauske, 10. Februar 2006

Leo van Hemmen, Hans Marko und Günter Söder



The retirement of Professor Dr.-Ing. Gert Hauske was celebrated with a seminary meeting of colleagues and friends in the afternoon of Friday, February 10, 2006. Official compliments came

- from the Dean of the Faculty of Communication Engineering – Professor Ulrich Wagner,
- from the Head of the Institute for Communication Engineering – Professor Joachim Hagenauer,
- from the former Head of LNT – Professor Hans Marko,
- from the Coeditor-in-Chief of the journal ‘*Biological Cybernetics*’ – Professor Leo van Hemmen, and
- from the representative of the Springer-Verlag/Heidelberg – Dr. Dieter Czeschlik.

Professor Hauske’s role in the advancement of ‘Cybernetics’ over more than 30 years was highlighted in these addresses showing him as successful lecturer, researcher, and manager in this field, as estimated member of the faculty and, above all, as Editor-in-Chief of ‘*Biological Cybernetics*’ from 1992 to 2005.

Two lectures of colleagues gave interesting examples of ongoing biocybernetical research. Professor Walter Senn from the University of Bern/Switzerland explained how time is represented in the time constants of the neuronal circuitry of the brain and Professor van Hemmen from the Physics Department of Technical University of Munich presented a modelling study for the space-time processing during prey search of desert scorpions. Both examples can be regarded as convincing documentations for the successful use of mathematical models in biology, typical and essential for biocybernetical research.

Gert Hauske’s word of farewell recalled some of the historic moments of his academic and scientific career. The social part of the celebration took place until late night with food and beverages, with a music presentation given by a bassoon trio (Martin Freitag, Leonhard Hauske, and Magdalena Maekawa), and a humorous lecture given by Fabian Hauske, son and former student.

Die Verabschiedung von Professor Gert Hauske in den Ruhestand nach mehr als 40-jähriger Zugehörigkeit zur TU München erfolgte im Rahmen einer wissenschaftlichen Feier, die gemeinsam vom Lehrstuhl für Nachrichtentechnik und von Prof. Leo van Hemmen vom Physik-Department der TUM als seinem Nachfolger bei „Biological Cybernetics“ organisiert und ausgerichtet wurde. Eingeladen waren Kolleginnen und Kollegen – darunter auch etliche Ehemalige – seiner Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik, insbesondere des Lehrstuhls für Nachrichtentechnik, sowie viele weitere berufliche und private Bezugspersonen des Jubilars.

Das wissenschaftliche Kolloquium, an dem mehr als 100 Personen teilnahmen, fand am 10.02.2006, dem letzten Tag des letzten aktiven Semesters von Professor Hauske, im Seminarraum des LNT statt. Moderiert wurde die Veranstaltung von Prof. van Hemmen.

Zunächst begrüßte Prof. Joachim Hagenauer als Hausherr die zum Teil von weither angereisten Gäste und gab einen Überblick über Hauske’s beruflichen Werdegang von der Nachrichtentechnik zur Kybernetik samt den daraus entstandenen Lehr- und Forschungsaktivitäten, deren Schwerpunkt stets in den Bereichen Systemtheorie und Statistik lag. Die Aktivitäten und Verdienste von Gert Hauske werden auf Seite 79 dieses Heftes vom Emeritus Prof. Hans Marko im Detail vorgestellt und gewürdigt.

Prof. Hagenauer bekannte, dass er in den ersten Jahren am LNT die Bedeutung der interdisziplinär vorgehenden Kybernetik – maßgeblich vorgebracht von Hauske und Marko – unterschätzt hat. Heute arbeitet auch

Programm	<i>Dr. Dieter Czeschlik, Springer Verlag Heidelberg:</i>
<i>Prof. Dr.-Ing. Joachim Hagenauer, Lehrstuhl für Nachrichtentechnik: Begrüßung</i>	<i>Prof. Gert Hauske als Herausgeber der Biological Cybernetics</i>
<i>Dekan Prof. Dr.-Ing. Ulrich Wagner, Fakultät für Elektro- und Informationstechnik: Grußwort und Würdigung</i>	<i>Prof. Dr. Walter Senn, Physiologisches Institut, Universität Bern: Die kortikale Repräsentation der Zeit: Kletter-Aktivität, synaptische Plastizität und das Weber’sche Gesetz</i>
<i>Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. b. Hans Marko, Lehrstuhl für Nachrichtentechnik: Die Anfänge der Kybernetik in München</i>	<i>Prof. Dr. J. Leo van Hemmen, Physik-Department der TUM: Warum der Raum-Zeit-Begriff der biologischen Kybernetik für die Elektro- und Informationstechnik so interessant ist</i>
<i>Prof. Dr. J. Leo van Hemmen, Physik-Department der TUM: Was ist eigentlich Biologische Kybernetik?</i>	<i>Prof. Dr.-Ing. Gert Hauske, Lehrstuhl für Nachrichtentechnik: Schlusswort</i>

sistent in der Forschungsgruppe „Kybernetik“ und kurze Zeit später deren Leiter. Prof. Marko informierte insbesondere über die Entstehung des SFB 50 – Kybernetik, bei dem Gert Hauske Projektleiter, Geschäftsführer und schließlich Sprecher war. Von 1989 bis 1992 war er zudem Präsident der Deutschen Gesellschaft für Kybernetik und war an der Ver-

kybernetischer Forschung mit der dafür wesentlichen interdisziplinären Verbindung von realen biologischen Daten und mathematischer Modellierung vorgestellt. Der Physiker Leo van Hemmen interpretierte das Ziel biokybernetischer Forschung als Suche nach informationsverarbeitenden Mechanismen neuronaler Systeme und zeigte ihre Bedeutung ins-



Von links: Prof. Hauske mit Dekan und Gattin, Prof. Hagenauer, Dekan Prof. Wagner, Prof. Marko

Hagenauer mit Biologen zusammen, um den genetischen Code mit informationstheoretischen Ansätzen zu erforschen.

Die Grußadresse der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik wurde von Prof. Ulrich Wagner überbracht. Der Dekan beschrieb die Ämter und Funktionen innerhalb der Fakultät, die Gert Hauske während all der Jahre innehatte. So war er beispielsweise seit 1972 Mitglied im DHP-Ausschuss, ab 1995 im Promotionsausschuss tätig und seit 1974 Vorsitzender des BAFöG-Ausschusses. Insgesamt acht Jahre war Gert Hauske zudem Mitglied des Fachbereichsrates. Seine jüngste Aufgabe war die erfolgreiche Ausrichtung der Schülerinformationstage der Fakultät über 10 Jahre hinweg.

Danach berichtete Prof. Hans Marko über „die Anfänge der Kybernetik in München“ und erwähnte immer wieder die Beiträge und die Verdienste seines Diplomanden, Doktoranden und Habilitanten Gert Hauske. Dieser war seit 1965 wissenschaftlicher Mitarbeiter und As-

anstellung erfolgreicher Kybernetik-Kongresse beteiligt.

Ein Ausschnitt aus einem frühen Filmdokument – noch produziert mit Super-8-Technik – zeigte in humorvoller Weise die Rekrutierung von Versuchspersonen für psychooptische Experimente. Einige der Darstellerinnen und Darsteller aus den 70-er Jahren, zum Beispiel Elly Kugler und Ulrich Appel, waren anwesend.

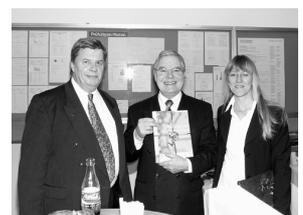
Dr. Dieter Czeschlik stellte als Vertreter des Springer-Verlags Heidelberg die 3-jährige Mitarbeit als Editor und die 13-jährige erfolgreiche Leitung der Zeitschrift „Biological Cybernetics“ als Editor-in-Chief in den Mittelpunkt seiner Rede. Er berichtete dabei auch über die Gesamthistorie dieser mehr als 40 Jahre alten, von Prof. Werner Reichardt vom Tübinger Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik gegründeten Zeitschrift mit typisch – und in dieser Ausprägung wohl auch einzigartigem – interdisziplinärem Charakter.

In zwei Vorträgen wurden anschließend interessante Beispiele bio-

besondere für die Informationstechnik auf. Er erläuterte das Beutesuchverhalten eines Wüstenskorpions, der mit Hilfe von Schwingungssensoren in den Beinen die vom Beutetier ausgelösten Schwingungen analysieren und damit seine Beute orten kann. Die Art der mechanischen Schwingungen, die Sensorik und die nachgeschaltete neuronale Verarbeitung wurden genau untersucht und modellmäßig quantitativ nachgebildet. Sie erklären unter anderem auch die enorm hohe Empfindlichkeit des Systems, das in der Lage ist, bereits einzelne bewegte Sandkörner zu detektieren.

Walter Senn vom Physiologischen Institut der Universität Bern zeigte, wie das Phänomen „Zeit“ in neuronalen Systemen funktional repräsentiert ist. Die wesentliche Grundlage dafür sind Zeitkonstanten des dynamischen neuronalen Systems, die die Informationsverarbeitung mittels Trigger- und Torschaltungen steuern.

Prof. Hauske benutzte das ihm zugeordnete Schlusswort zu einem Rückblick auf wichtige Stationen seines



Dr. Czeschlik vom Springer-Verlag, der Moderator Prof. van Hemmen, Prof. Senn sowie Prof. Hauske mit den Verlagsverantwortlichen für „Biological Cybernetics“

Gert Hauske im Ruhestand

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. habil. Gert Hauske ging am 1. April 2006 nach mehr als 40 Berufsjahren in den Ruhestand. Die Kybernetik bestimmte seinen Weg.

Gert Hauske studierte von 1959 bis 1964 Nachrichtentechnik an der damaligen TH München und widmete sich seit seiner Diplomarbeit der Kybernetik, die zu dieser Zeit im Entstehen begriffen war. Nach meiner Berufung auf den Lehrstuhl für Nachrichtentechnik initiierte ich diese neue, interdisziplinär geprägte Denk- und Forschungsmethodik an der TH München und gab mit den Kontakten zu benachbarten Max-Planck-Instituten Möglichkeiten, in diesem Gebiet zu arbeiten.

In einer Kooperation mit der Abteilung von Prof. Mittelstaedt am Max-Planck-Institut für Verhaltensphysiologie in Seewiesen entstand die Aufgabe, das Instinktverhalten von Fischen durch stochastische Modelle nachzubilden, was die Thematik von Gert Hauskes Diplomarbeit (1964) und später auch seiner Doktorarbeit (1968) bildete. Er war seit 1965 wissenschaftlicher Mitarbeiter und Assistent in der Forschungsgruppe Kybernetik am Lehrstuhl für Nachrichtentechnik und später deren Leiter. Nach der 1972 erfolgten Habilitation für das Fachgebiet Kybernetik zum Thema: „Das Wiedererkennen kurzfristig behaltener Zeichen. Eine entscheidungstheoretische Analyse“ lag der Schwerpunkt der Arbeiten auf systemtheoretischen Modellen für das menschliche visuelle System mit der Betonung der örtlichen wie auch zeitlichen Eigenschaften - beispielsweise bei Muster- und insbesondere Augenbewegungen.

Diese Untersuchungen wurden von 1969 bis 1983 im Rahmen des „Sonderforschungsbereichs 50 – Kybernetik“ von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert. Gert Hauske war Projektleiter, Geschäftsführer und von 1978 bis 1980 auch Sprecher dieses frühen Sonderforschungsbereiches und hat wesentlich zu seinem inhaltlichen und organisatorischen Gelingen beigetragen. Er beteiligte sich an der Organisation zahlreicher von der Deutschen Gesellschaft für Kybernetik/DGK veranstalteter Kybernetik-Kongresse und war Präsident dieser Gesellschaft von 1989 bis 1992.



Prof. Gert Hauske auf dem Weg zu seiner letzten Vorlesung

Seine Vorlesungsaktivitäten – seit 1972 als Privatdozent und ab 1976 als Professor – betrafen die genannte Forschungsthematik: „Psychoptik und Bildverarbeitung“ ab

1970, „Einführung in die Kybernetik“ ab 1973 und seit 1978 als Grundlagenfach für das Elektrotechnikstudium die „Statistische Signaltheorie“. Als ein beliebter Treffpunkt der Münchner Kybernetiker verdient die langjährige, von 1970 – 2001 organisierte Vortragsveranstaltung „Kybernetik-Seminar“ besondere Erwähnung.

Das Buch „Systemtheorie der visuellen Wahrnehmung“ – derzeit in der 2. Auflage - umfasst Erfahrungen aus vielen Jahren Lehr- und Forschungstätigkeit mit Beiträgen von zahlreichen unter seiner Leitung durchgeführten Diplom- und Doktorarbeiten. Als Editor und Gutachter war er seit 1989 für die im Springer-Verlag erscheinende Zeitschrift „Kybernetik“ – später „Biological Cybernetics“ – tätig und leitete diese als Editor-in-Chief in der Nachfolge von Professor Werner Reichardt von 1992 bis Ende 2005. Die enge Verbindung zur Nachrichtentechnik wird durch seine langjährige Mitgliedschaft im Fachausschuss 1.1 (später 5.1) „Informations- und Systemtheorie“ der Informationstechnischen Gesellschaft deutlich, wobei die Aktivitäten naturgemäß im interdisziplinären Bereich zwischen Technik und Biowissenschaften lagen.

Lassen Sie mich das Wirken von Gert Hauske in die Worten fassen: Er hat sich um die Entwicklung der Kybernetik große Verdienste erworben.

Hans Marko

9

Veranstaltungen

Werdegangs. Am Anfang der wissenschaftlichen Karriere stand das in der Diplomarbeit entwickelte elektronische Fischmodell gefolgt von der eingehenden statistischen Analyse des Fischverhaltens in seiner Doktorarbeit. Ein weiteres umfassendes Thema wissenschaftlicher Untersuchungen war die mehrdimensionale Systemtheorie des menschlichen visuellen Systems. Schließlich gab es noch die mehr dem Wissenschaftsmanagement zuzuordnende nervenaufreibende Tätigkeit als Editor-in-

Chief von „Biological Cybernetics“.

Der vergnügliche Teil der Feier fand abends im entsprechend umfunktionierten Praktikumsraum statt, wobei das Engagement von Frau Dorn sowie der wie immer professionelle Einsatz der Werkstätten wesentliche Faktoren der perfekten Organisation waren. Professor Hauske zapfte das erste Fass Bier an, was Dank moderner Zapftechnik völlig problemlos ablief. Die Gäste belagerten das von Partyservice und Metzgerei Fuchs trefflich vorbereitete Buffet, versorgten sich mit diversen Getränken und nach dem wie üblich anfänglichen Gerangel wurden alle Hungrigen und Durstigen befriedigt. Die ehemaligen Kollegen tauschten in vergnügter Runde ihre Erinnerungen aus und der Tenor dabei war natürlich, dass die vergangenen Zeiten unwiederbringlich schön – und vielleicht auch besser? – waren. Man

dachte an den enorm kreativen Gemeinschaftssinn der frühen Jahre, an viele gemeinsame Feste und Veranstaltungen, vor allem auch während der Faschingszeit, die genau in diesem (entsprechend umdekorierten) Praktikumsraum stattfanden.

Von einem Fagotttrio bestehend aus Studenten der Musikhochschule Nürnberg/Augsburg – Magdalena Maekawa, Martin Freitag und der jüngste Sprößling Leonhard Hauske – wurde ein kleines Konzert als musikalische Unterhaltung geboten. Fabian Hauske, sein Sohn und ehemaliger Student der Elektrotechnik an der TUM, gab schließlich noch einen humorvollen und nachdenklichen Beitrag mit einer Analyse des Jubilars, die bislang unbekannte Einblicke in die Tiefen seiner Person ermöglichte.

Die Autoren bedanken sich im Namen aller Gäste bei Prof. Hauske und dem LNT für das schöne Fest.



Im Auditorium: Prof. Puente, Prof. Schrüfer, Prof. Struppeler, Prof. Neuburger und Prof. Nossek



Fagott-Trio der Musikhochschule Nürnberg-Augsburg: Leonhard Hauske, Magdalena Maekawa und Martin Freitag



Beim geselligen Beisammensein: Die ehemaligen Kybernetiker Dr. Lupp, Dr. Wegmann und Prof. Deubel



Fachgespräch unter Kollegen: Prof. Eberspächer, Prof. Färber und Prof. Antreich

**9.5 15th Joint Conference on Communications and Coding,
12. bis 18. März 2006, Sölden, Österreich**

Günther Liebl und Hrvoje Jenkač



Christian Kuhn (LNT)

List-Sequential Detection of MIMO Signals

Luis Barbero (UoE)

List-Sphere Decoder with Channel Matrix Ordering for MIMO Systems

Athanasia Tsertou (UoE)

Revisiting the Hidden Terminal Problem in Wireless Mesh Networks

Timo Mayer (LNT)

On Turbo Base-Station Cooperation for Improving the Performance of Cellular Systems

Amine Bouabdallah (CNRS)

Adaptive Dependency-Aware Unequal Erasure Protection Code

Günther Liebl (LNT)

Channel- and Application-Aware Transmission Strategies for Wireless Multimedia

The 15th Joint Conference on Communications and Coding was organized within the framework of NEWCOM (Network of Excellence in Wireless Communications). From March 12–18, 2006, nine members of the LNT research staff and two members of the Institute for Communications and Navigation (NAV) at TUM met with nine colleagues from Scotland (University of Edinburgh, UoE), Belgium (Université Catholique de Louvain, UCL), and France (Centre Nationale de Recherche Scientifique, CNRS). During the one week workshop held in Sölden, Austria, each participant gave a 30 minutes presentation of his or her contributions to NEWCOM Departments 1, 5, or 7.



Die Teilnehmer der 15th JCCC vor dem Hotel in Sölden. Von links nach rechts: X. Wautelet (UCL), J. Weindl (LNT), G. Liebl (LNT), L. Barbero (UoE), T. Mayer (LNT), P. Henkel (NAV), N. Dütsch (LNT), Prof. Hagenauer (LNT), B. Devillers (UCL), A. Tsertou (UoE), A. Bouabdallah (CNRS), C. Kuhn (LNT), S. Graf (NAV), C. Herzet (UCL), C. Hausl (LNT), H. Jenkač (LNT), T. Eriksson (UoE), F. Schreckenbach (LNT), J. Duplicy (UCL), X. Jaspas (UCL).

Each talk was followed by a high-level discussion with the audience and optional brainstorming in small groups during the afternoon.

Im März 2006 trafen sich neun Wissenschaftler vom LNT und zwei vom Lehrstuhl für Kommunikation und Navigation (NAV) mit insgesamt neun Kolleginnen und Kollegen der University of Edinburgh (UoE), der belgischen Université Catholique de Louvain (UCL) und des Centre Nationale de Recherche Scientifique (CNRS) zu einer einwöchigen Tagung in Sölden. Thema der Tagung waren die gemeinsamen Arbeiten im Rahmen des Network of Excellence in Wireless Communications (NEWCOM), in dem fast alle Teilnehmer in den Departments 1, 5 und 7 vertreten sind. Jeder Wissenschaftler hatte die Gelegenheit, seine neuesten Forschungsergebnisse in einem 30-minütigen Referat vorzustellen. Zusätzlich boten die Vorträge der drei nicht in NEWCOM vertretenen Gäste einen interessanten Einblick in die Welt der satellitengestützten Navigation und der Anwendung von Informationstheorie in der Genetik.

Nach jedem Vortrag gab es eine rege Diskussion, so dass diese zum 15. Mal ausgerichtete Konferenz für alle Teilnehmer eine große Bereicherung dargestellt hat. Diese seit 20 Jahren mit anderen Partnern ausgerichtete Tagung hat sehr dazu beigetragen, die Zusammenarbeit von Forschungsgruppen aus Europa zu fördern.

Ähnlich wie in früheren Jahren bot das Programm ausreichend Raum für individuelle fachliche Gespräche. Ein gemeinsamer abendlicher Hüttenbesuch mit anschließendem Rodeln sorgte dafür, dass auch die soziale Komponente einer derartigen Veranstaltung nicht zu kurz kam.

Hrvoje Jenkač (LNT)

Asynchronous and Reliable On-Demand Media Streaming over Wireless Broadcast Channels

Gottfried Lechner (Wien)

Optimization of LDPC Codes for Receiver Frontends

Frank Schreckenbach (LNT)

Signal Shaping with Mapping by Superposition

Joachim Hagenauer (LNT)

Source-Controlled Channel Decoding Using the Krichevsky-Trofimov Estimator

Xavier Jaspard (UCL)

Variable Length Codes in Turbo Schemes

Nicolas Dütsch (LNT)

Turbo Source Coding of HMM Sources

Tomas Eriksson (UoE)

Recent Advances in Trellis Based Quantization

Cédric Herzet (UCL)

Iterative Synchronization Based on Gradient Methods

Johanna Weindl (LNT)

A Synchronization Algorithm for Processes in Molecular Biology

Sebastian Graf (NAV)

EGNOS Integrity Performance

Patrick Henkel (NAV)

Integrity of Differential Carrier Phase Measurements

Christoph Hausl (LNT)

Improved Rate-Compatible Joint Network-Channel Code for the Two-Way Relay Channel

Bertrand Devillers (UCL)

Bit Loading for Goodput Improvement in Coded OFDM Systems

Xavier Wautelet (UCL)

Channel Estimation for MIMO Systems by a Factor Graph Approach

Jonathan Duplicy (UCL)

Utility-Based Coding for Multi-Antenna Multi-User Systems

9.6 4th International Symposium on Turbo Codes and Related Topics, 3.–7. April 2006

Nicolas Dütsch, Christian Kuhn, Timo Mayer und Joachim Hagenauer

For the first time in the nine year history of the International Symposium on Turbo Codes and Related Topics it was not held in Brest as usual. Prof. Claude Berrou asked Prof. Joachim Hagenauer to organize the event in Munich, another center of Turbo research. Moreover, the Symposium was held jointly with the International ITG-Conference on Source- and Channel Coding.

The planning of this big and for the Institute for Communications Engineering honourable event already started in January 2004. The venue of the conference was the Bavarian Academy of Sciences and Humanities. Both the royal ambience – the Academy is part of the Munich Residence – and also the good technical equipment promised a successful conference.

The technical program committee chaired by Prof. Johannes Huber of the Friedrich-Alexander-University at Erlangen-Nuremberg selected 156 papers of high quality form 230 submitted contributions. Moreover, the committee arranged the varied program with joint sessions in the plenary hall and some parallel sessions in the boardrooms of the Bavarian Academy.

Besides oral sessions, poster presentations were also arranged. Following the concept of the last ITG-conference, the authors of a poster

presentation had the possibility to advertise their posters in a five minute talk in the plenary hall.

Furthermore, the program was padded with several invited speakers; amongst others were Prof. Benedetto (Turin), Prof. Loeliger (Zurich), and Prof. Urbanke (Lausanne). Also Prof. Kötter (Urbana-Champaign), Prof. Verdú (Princeton) and Dr. ten



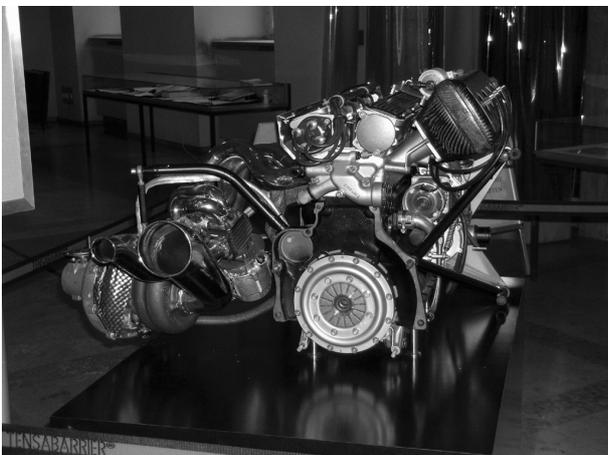
Brink (Irvine), all coming from the USA, gave interesting invited talks.

Prof. Wolfgang Koch, Professor at the technical faculty of the Friedrich-Alexander-University at Erlangen-Nuremberg acted as publications chair. The organizers decided to distribute the electronic version of the proceedings not on a CD as usual, but to store it on a USB stick which received a very positive feedback of the participants.

Many employees of the Institute for Communications Engineering of TUM were involved in the work mentioned above. Furthermore, we thank BMW motor sports, who provided a formula one turbo engine. Already when entering the venue the participants were able to be engaged with the turbo principle, as the engine was exhibited in the entrance hall of the Academy (see also the picture on the first page of this report).

On the 3rd of April, the opening day of the conference, the participants strolled aloft the impressive staircase of the Herkulesaal and received their bags at the registration desk. Afterwards Prof. Roland Bulirsch – vice president of the Bavarian Academy of Sciences and Humanities – welcomed the international guests in the decorated plenary hall. The details of the program can be found in the internet www.turbo-coding-2006.org.

During the sessions and poster presentations the conference participants had the possibility to conduct scientific or personal conversation with other guests. Hereby coffee as



Turbomotor für die Formel 1 im Foyer, eine Leihgabe von BMW Motorsports



Die Bayerischen Akademie der Wissenschaften in der Münchener Residenz, das Tagungsgebäude des Turbo-Symposiums

well as soft drinks were served in the Spiegelgang of the residence. The caterer also prepared small snacks according to a typical theme, e.g. muffins, croissants or paninis. Lunch was also harmonized with the theme of the coffee break and served in the cash hall of the Herkulesaal. Hereby the food was brought in small dishes to the guests, who were standing besides bistro tables.

The social program was mainly organized by Angela Günther. On Monday morning a sightseeing tour was arranged for spouses. In the evening the Bavarian Minister of Sciences, Research and the Arts, Dr. Thomas Goppel (picture on page 85), held a state reception in the Emperor's Hall of the Residence. He pointed out the Bavarian initiative to promote the universities and their importance for science and economy. The reception was entertained by a brass ensemble, where Prof. Huber, the technical program chair, plaid the trombone.

On Tuesday evening the participants were invited to a classical concert at the Allerheiligen-Hofkirche. Many people listened to music of

di Lasso, Barber, Mozart and others. The compositions were performed by the symphony orchestra of Munich-Andechs. Furthermore, a presentation on the history of the church of the Residence was given.

On Wednesday afternoon the participants – equipped with lunch bags – explored some attractions of Munich and the surrounding area. They had the choice between four different tours. Those who were interested in sports inspected the new football arena, where the opening match of the soccer world cup took place, and the BMW museum. On another tour the participants visited the castle of Nymphenburg. Other tours targeted the aeronautical museum in Oberschleißheim, the German Aerospace-Center and the popular technical museum “Deutsches Museum”.

On Thursday another highlight was the traditional conference banquet (see also the pictures on the last page), arranged by Berthold Lankl, Professor at the University of the German Armed Forces in Munich. It was held in the famous beer hall of the Augustinerkeller.

After acknowledging the work of the organizers, who were dressed in local Bavarian costumes, by presenting beer mugs of the brewery of Weihenstephan, which belongs to the Technical University of Munich, Prof. Hagenauer tapped the barrel of beer and cheered: “O’Zapft is!”. The banquet speech was given by Prof. James Massey after some traditional brass compositions performed by

the Waller Tanzl Musi. The guest of honor gave a lecture on the “true” history of the turbo principle. The Augustinerkeller entertained their guests with a huge Bavarian style buffet.

On the following day the participants, despite being tired from the beer, listened to the last talks of this conference. Finally the general chairs bid farewell to them and invited them to the next turbo symposium in Lausanne and the next ITG-conference in Ulm.

The authors of this report received many praising words from the participants concerning the organisation of the event. We want to thank all organizers as well as the sponsors – France Telecom, NTT DoCoMo Euro-Labs, Infineon, Qualcomm, Rohde & Schwarz, Siemens, and Vodafone – for their support and that this event was held without any mishaps. Very special thanks go to Manfred Jürgens, Martin Kontny, and Ansgar Ströbele, who worked twenty-four-seven during the weeks before and during the conference.

Zum ersten Mal in der neunjährigen Geschichte des Internationalen Symposiums über Turbo-Codes und artverwandte Themen wurde dieses nicht wie üblich in Brest veranstaltet. Prof. Claude Berrou, einer der Erfinder der Turbo-Codes, bat seinen Freund und Kollegen Prof. Joachim Hagenauer, der maßgeblich zur Weiterentwicklung des Turbo-Prinzips beigetragen hat, die Veranstaltung in München zu organisieren. Das Sym-



Eröffnung des Turbo-Symposiums durch Prof. Roland Bulirsch, Mitglied der Bayerischen Akademie der Wissenschaften



Prof. Berrou mit einem Grußwort und Trauerworten an den verstorbenen Alain Glavieux, den Miterfinder der Turbo-Codes



Minister Dr. Thomas Goppel beim Empfang der Bayerischen Staatsregierung



Prof. Joachim Hagenauer bei seiner Rede im Kaisersaal der Münchener Residenz



Das Blechbläserensemble aus Erlangen unter Leitung von Prof. Johannes Huber (rechts) während des Staatsempfangs

posium wurde zudem gemeinsam mit der im zweijährlichen Rhythmus stattfindenden Internationalen ITG-Konferenz über Quellen- und Kanalcodierung abgehalten.

Die Planung dieses großen und für den Lehrstuhl für Nachrichtentechnik ehrenvollen Ereignisses begann bereits im Januar 2004, zunächst mit der Suche nach einem geeigneten Tagungsort. Das Organisationskomitee – bestehend aus Prof. Hagenauer und seinen wissenschaftlichen Mitarbeitern Nicolas Dütsch, Christian Kuhn und Timo Mayer – entschied sich für die Austragung der Konferenz in den Räumlichkeiten der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. Sowohl durch das königliche Ambiente – die Akademie befindet sich in der Münchner Residenz – als auch durch die gute technische Ausstattung war die Voraussetzung für einen erfolgreichen Konferenzverlauf gegeben.

Das technische Programmkomitee unter der Leitung von Prof. Johannes Huber von der Friedrich-Alexander-

Universität Erlangen-Nürnberg wählte aus den 230 eingereichten wissenschaftlichen Beiträgen hoher Qualität 156 Arbeiten aus. Aus diesen Beiträgen wurde ein abwechslungsreiches Programm mit gemeinsamen Veranstaltungen im großen Plenarsaal der Bayerischen Akademie sowie einigen Parallelsitzungen in den Sitzungssälen der philosophischen und der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse zusammengestellt.

Daneben gab es eine Posterausstellung. Wie bereits bei den letzten ITG-Konferenzen wurde den Autoren die Möglichkeit gegeben, für ihr Poster mittels eines fünfminütigen Kurzvortrags im Plenarsaal zu werben.

Der Programmablauf wurde zudem mit eingeladenen Vorträgen – unter anderem von Prof. Benedetto aus Turin, Prof. Loeliger aus Zürich sowie Prof. Urbanke aus Lausanne – garniert. Aus den USA waren die Gastredner Prof. Kötter (Urbanachampaign), Prof. Verdú (Princeton) und Dr. ten Brink (Irvine) angereist.

Die Aufbereitung der Beiträge und die Gestaltung des Tagungsbandes oblag Prof. Wolfgang Koch, Professor an der Technischen Fakultät der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. Die Organisatoren entschlossen sich dazu, den elektronischen Tagungsband nicht wie üblich auf CD-ROM zu verteilen, sondern per USB-Stick. Das Bespielen dieser Speichermedien – eine mühevoll Handarbeit – wurde durch viele positive Rückmeldungen seitens der Teilnehmer belohnt.

Die letzte Woche vor Beginn der Konferenz war mit vielen kleineren und größeren Vorbereitungen ausgefüllt. So musste für jeden Teilnehmer eine Tasche mit Tagungsband, Informationsmaterial und USB-Stick gepackt werden. Die Stellwände für die Posterausstellung mussten transportiert, aufgebaut und geeignet beleuchtet werden. Schließlich wurde der Veranstaltungsort mit eigens für diese Tagung angefertigten Bannern und Fahnen geschmückt. Auch die Installation und Konfiguration der Saaltechnik – Vortragslaptops, Beamer, Mikrofone und Audioanlage – war eine oft diffizile und zeitaufwändige Aufgabe, wurde aber in professioneller Weise gelöst.

Bei all diesen Aufbauarbeiten haben sich sehr viele LNT-Mitarbeiter beteiligt. Die Autoren dieses Beitrags, die von den Konferenzteilnehmern viele lobende Worte über die Organisation gehört haben, bedanken sich an dieser Stelle bei allen Kolleginnen und Kollegen, sowie den beteiligten Studenten. Unser besonderer Dank gilt den Mitarbeitern unserer Werkstätten, die für diese Tagung fast zwei Wochen im Dauereinsatz waren.

Weiterer Dank gilt den Verantwortlichen der Firma BMW Motorsports,

die uns einen Turbo-Motor aus der Formel 1 als Ausstellungsobjekt zur Verfügung stellte, und unserem ehemaligen Kollegen Dr. Mecking, der den Kontakt für diese Leihgabe hergestellt hat. So konnte man sich bereits in der Eingangshalle der Akademie auf das Thema „Turbo“ einstimmen (siehe Foto auf der ersten Seite des Berichts).

Am 3. April, dem Eröffnungstag der Konferenz, wandelten die Teilnehmer den imposanten Treppenaufgang zum Herkulesaal empor und nahmen im Registrierungsbüro ihre Konferenzunterlagen entgegen. Im blumengeschmückten Plenarsaal wurden die internationalen Gäste zunächst von Prof. Roland Bulirsch im Namen der Bayerischen Akademie der Wissenschaften und von den beiden Konferenzvorsitzenden – Prof. Berrou von der École Nationale Supérieure des Télécommunications (ENST) de Bretagne in Brest und Prof. Hagenauer – begrüßt. Anschließend präsentierte der lokale Konferenzsekretär Nicolas Dütsch den vorgesehenen Ablauf sowie das Rahmenprogramm dieser fünftägigen Veranstaltung.

Das Programm soll hier im Einzelnen nicht aufgelistet werden. Stattdessen verweisen wir in diesem Zusammenhang auf die Internetseite www.turbo-coding-2006.org.

Zwischen den Vortragsitzungen und Posterpräsentationen hatten die Konferenzteilnehmer Gelegenheit, mit anderen Wissenschaftlern fachliche, aber auch private und geschäftliche Gespräche zu führen. Dazu wurden im Spiegelgang Kaffee, Kaltgetränke und ein kleiner Snack nach einem landestypischen Motto gereicht – wie z. B. Muffins, Croissants oder Panini. Passend zum jeweiligen Landesmotto war auch das Mittagessen abgestimmt, das vom Cateringteam in der Kassenhalle des Herkulesaals nach dem Fingerfood-Konzept – also in kleinen Schälchen – serviert wurde.

Abschließend soll noch über das Rahmenprogramm berichtet werden, das von Angela Günther organisiert wurde. Am Montagvormittag fand eine Stadtbesichtigung für Begleitpersonen statt. Diese Tour war ideal zum gegenseitigen Kennen lernen und Ausgangspunkt für weitere selbst organisierte Unternehmungen in den folgenden Tagen. Abends gab es im prunkvollen Kaisersaal einen Empfang durch den bayerischen Staatsminister für Wissenschaft und Kultur, Dr. Thomas Goppel (siehe Bilder auf Seite 85). In seiner Rede, die von den beiden Vorsitzenden dieser Konferenz erwidert wurde, erinnerte er an Bayerns Initiativen zur Förderung der Hochschulen und deren Bedeutung für Wissenschaft und

Wirtschaft. Beim anschließenden Umtrunk mit Kanapees sorgte Prof. Huber, der Leiter des technischen Programmkomitees, mit seinem Blechbläserensemble für gute Stimmung.

Nach einem dichtgepackten und anstrengenden Vortragsprogramm am Dienstag hatten die Teilnehmer die Möglichkeit, ein klassisches Konzert in der Allerheiligen-Hofkirche zu besuchen. Dieser Einladung folgten viele der Konferenzteilnehmer und lauschten den Werken von di Lasso, Barber, Mozart und Anderen, welche vom Symphonieorchester München-Andechs dargeboten wurden. Das musikalische Programm wurde durch einen geschichtlichen Vortrag über die Hofkirche der Residenz ergänzt.

Ausgerüstet mit Lunchpaketen erkundeten unsere Gäste nach dem vormittäglichen Konferenzprogramm am Mittwoch einige Sehenswürdigkeiten Münchens und des Umlandes. Dabei konnten sie zwischen vier Touren wählen. Sportinteressierte besuchten bei der Tour „Sport and Speed“ die Allianz-Arena und das BMW-Museum. Die Tour für die eher kulturell Interessierten führte zum Schloss Nymphenburg. Leider machte das schlechte Aprilwetter den Besuch der Parkanlage des Schlosses unmöglich. Der Vollständigkeit halber seien noch die beiden anderen Touren zur Flugwerft Oberschleißheim mit anschließender Besichtigung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) sowie zum Deutschen Museum erwähnt.



Klassisches Konzert in der wiederaufgebauten und renovierten Allerheiligen-Hofkirche



Das Symphonieorchester München-Andechs unter Leitung von Andreas Pascal Heinzmann



Das Quintett „Waller Tanzl Musi“ unterhielt die Konferenzteilnehmer während des Abschlussbanketts mit zünftiger Bayerischer Blasmusik



Die Organisatoren des Symposiums: Prof. Hagenauer, Prof. Huber, T. Mayer, C. Kuhn, Prof. Berrou, N. Dütsch, Prof. Lankl, A. Günther (von links nach rechts)



Danksagung an die Organisatoren durch Übergabe eines Bierkrugs der hochschuleigenen Brauerei Weihenstephan

Nach dem wissenschaftlichen Teil der Konferenz am Donnerstag stand abends mit dem traditionellen Festbankett ein weiteres Highlight auf dem Programm (siehe Bilder auf dieser Seite). Dieses fand im feierlich geschmückten Festsaal des Augustinerkellers statt und wurde von Berthold Lankl, Professor an der Universität der Bundeswehr München, als Hauptverantwortlichem vorbereitet.

Nach Danksagung an die lokalen und lokalpatriotisch gekleideten Organisatoren mit Übergabe von Bierkrügen der hochschuleigenen Brauerei Weihenstephan an alle Beteiligten sprach Prof. Hagenauer nach dem Fassanstich die ersehnten Worte „O’Zapft is!“: Nach einigen traditionellen Blasmusikstücken der Waller Tanzl Musi klärte der Ehrengast – Prof. James Massey – das Publikum bei seiner Bankettrede über die „wahre Historie“ des Turbo-Prinzips auf. Der Augustinerkeller verköstigte alle Gäste – ein herzliches Dankeschön an die Sponsoren - mit kaltem und warmem Buffet. Die Feier zog sich noch lange in den Abend hinein.

Am nächsten und letzten Tag lauschten die teilweise noch müde wirkenden Teilnehmer den letzten Vorträgen und wurden anschließend von den Vorsitzenden der Konferenz verabschiedet.

Abschließend möchten wir uns bei allen Organisatoren sowie auch den Sponsoren – France Telecom, NTT DoCoMo Euro-Labs, Infineon, Qualcomm, Rohde & Schwarz, Siemens und Vodafone – bedanken, dass diese Konferenz reibungslos abgehalten werden konnte und hoffen, dass das nächste Turbo-Symposium in Lausanne und die ITG-Konferenz in Ulm ebenso erfolgreich werden.

Within the framework of WPR.7 in the NEWCOM project, the 6th project meeting was organized by LNT in Munich from April 20–21, 2006. WPR.7 is one of the seven Research Work Packages within the NEWCOM project with the goal of “Provision in Wireless Networks: Mobility, Security and Radio Resource Management”.

Between CNIT (Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Telecomunicazioni in Bologna) and LNT, further work items were set up, regarding a common simulator currently under development. This simulator is used for the evaluation of scheduling strategies for MC-CDMA with mixed traffic. It was emphasized that the ongoing cooperation should be continued.

During the general meeting, the partners discussed the progress of different activities ongoing in the department. Mandatory scenario definitions have been fixed, in order to compare results more appropriately. This is important as up to now, different parameter sets have been used to obtain simulation results. Furthermore, cooperation in the following fields has been discussed: “Hopfield Neural Networks”, “QoS for VoIP in WLAN”, and “A Network Planning Tool for Location Area Forming in Next Generation Mobile Access”. The meeting was considered to be successful by all partners. Besides the discussions at LNT, the guests were invited for dinner at Löwenbräukeller on the evening of April 20th.

Im Rahmen von NEWCOM wurde am 20. und 21. April 2006 vom LNT das 6. Projekttreffen der Sektion WPR.7 organisiert. Diese ist innerhalb des NEWCOM-Projekts eine

9.7 Sechstes Projekttreffen der WPR.7 von NEWCOM, 20. und 21. April 2006 am LNT

Günther Liebl und Timo Mayer

von sieben „Work Package Research“ genannte Untergruppierung mit dem Ziel „Provision in Wireless Networks: Mobility, Security and Radio Resource Management“. Die Partner diskutierten den Fortschritt der laufenden Arbeiten.

Zwischen dem Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Telecomunicazioni (CNIT) in Bologna und unserem Lehrstuhl wurde die weitere Zusammenarbeit koordiniert und eine gemeinsame Simulationsumgebung geschaffen, die momentan zur Evaluierung verschiedener Scheduling-Verfahren genutzt wird. Es wurde vereinbart, dass die Kooperation zwischen den beiden Instituten weitergeführt werden soll.

Zudem wurden richtungweisende, alle Partner innerhalb von WPR.7 be-

treffende Entscheidungen getroffen. Zum einen wurden verbindliche Szenarien für alle Projektpartner definiert, um die wissenschaftlichen Ergebnisse besser vergleichen zu können. Weiterhin wurden die laufenden Kooperationen auf folgenden Gebieten diskutiert:

- Hopfield Neural Networks,
- QoS for VoIP in WLAN, sowie
- A Network Planning Tool for Location Area Forming in Next Generation Mobile Access.

Das Projekttreffen wurde von allen Teilnehmern als „sehr gut gelungen“ bezeichnet. Neben den Diskussionen am LNT wurden die Teilnehmer am Abend noch zu einem Dinner in den Löwenbräukeller eingeladen, wobei sich ebenfalls rege Diskussionen ergaben.

Lúcio Studer-Ferreira – Technical University of Lisbon, Portugal:
Definition of Reference Scenarios for the Evaluation of Radio Resource Allocation Algorithms

José Montserrat – Technical University of Valencia, Spain:
Hardware Evaluation of HNN Schedulers

José Montserrat – Technical University of Valencia, Spain:
HNN-based Approach for Joint Dynamic Resource Allocation in Heterogeneous Wireless Networks

Jordi Pérez-Romero – Universitat Politècnica de Catalunya, Spain:
Common Radio Resource Management Strategies based on Hopfield Neural Networks

Jordi Pérez-Romero – Universitat Politècnica de Catalunya, Spain:
Dynamic Frequency Management in W-CDMA Networks

Miquel Oliver – Universitat Pompeu Fabra, Spain:
QoS for VoIP in WLAN

Günther Liebl – TU München; **Velio Tralli**, Università di Ferrara, Italy:
Advanced Scheduling Techniques based on Cross Layer Approach

Peter Fazekas – Budapest University of Technology and Economics, Hungary:
A Network Planning Tool for Location Area Forming in Next Generation

Boris Bellalta – Universitat Pompeu Fabra, Spain:
Secure and Efficient Data Collection in Sensor Networks

Stefan Lindskog – University of Karlstad, Sweden:
Security as a QoS Parameter in Wireless Networks

9.8 Siebente Diskussionssitzung der ITG-Fachgruppe „Angewandte Informationstheorie“, 22. Mai 2006

Christian Kuhn

On May 22, the ITG-Fachgruppe – an association of researchers in the field of Information Technology – came together for its seventh semi-annual meeting entitled “Iterative Methods and New Applications for Information Theory”. This meeting was held for the first time in Munich at the Institute for Communications Engineering (LNT). Apart from the founding meeting in Erlangen, the number of attendees achieved its highest level.

After the opening of the workshop by the Head, Dr.-Ing. habil. Robert Fischer from the Institute for Information Transmission of the University Erlangen-Nuremberg, Prof. Joachim Hagenauer reported on the research activities at LNT. In the following there were 15 talks presented in two morning and two afternoon sessions.

The program of this one-day meeting can be found below. During the first sessions, the speakers were restricted to 30 minutes, whereas short presentations of 10 minutes were given in the last afternoon session. In total, six research assistants of LNT presented their latest results during the workshop. Especially, the research group ComInGen (Communication and Information Theory in Genetics) placed the main emphasis on the topic “New Applications of Information Theory”.

During the lunch break and the coffee breaks, there was enough room for individual discussions among the 50 researchers from German universities and companies. This meeting was partially sponsored by the German Chapter of the IEEE Information Theory Society.

Im Mai 2006 traf sich die ITG-Fachgruppe „Angewandte Informationstheorie“ zur 7. Diskussionssitzung unter dem Motto „Iterative Verfahren und neue Anwendungen der Informationstheorie“. Es war das erste Mal, dass diese Gruppe in München am Lehrstuhl für Nachrichtentechnik (LNT) zusammentraf, wobei hier

nach der Gründungssitzung 2003 in Erlangen die zweithöchste Teilnehmerzahl zu verzeichnen war.

Nach der Begrüßung durch den Leiter der Fachgruppe, Herrn Dr.-Ing. habil. Robert Fischer vom Lehrstuhl für Informationsübertragung der Universität Erlangen, berichtete Prof. Joachim Hagenauer als Gastgeber kurz über die Forschungsaktivitäten des LNT. Danach gab es in vier Sitzungen insgesamt 15 Vorträge zum Thema dieser Veranstaltung. Nachfolgend ist das Programm dieser ein-tägigen Diskussionssitzung abgedruckt. Die Vortragenden der ersten Sitzungen hatten jeweils 30 Minuten zur Verfügung, während für die Kurzvorträge der letzten Sitzung die Redezeit auf 10 Minuten begrenzt war.

Der LNT war bei diesem Workshop mit 6 Beiträgen vertreten, wobei insbesondere die Ergebnisse der Forschungsgruppe ComInGen (Communication and Information Theory in Genetics) innerhalb des Themenschwerpunkts „Neue Anwendungen der Informationstheorie“ einen sehr breiten Raum einnahmen.

Beim gemeinsamen Mittagessen und in den Kaffeepausen hatten die insgesamt etwa 50 Wissenschaftler von großen deutschen Hochschulen und aus der Industrie weitere Gelegenheit zur Diskussion. Die Fachgruppensitzung wurde vom German Chapter der IEEE Information Theory Society bezuschusst.

Nicolas Dütsch, TUM-LNT:
Source Coding based on FEC Codes: An Overview

Markus Dangl, Universität Ulm:
A-Priori Information of Data Symbols

Neele von Deetzen, Int. Uni Bremen:
Decoder Scheduling of Hybrid (parallel/serial) Turbo Codes

Pavol Hanus, TUM-LNT:
Applications of Information Theory in Molecular Genetics

Johanna Weindl, TUM-LNT:
A Synchronization Algorithm for Processes in Molecular Biology

Janis Dingel, TUM-LNT:
Information Theoretic Analysis of Conserved Non-Coding Sequences

Frank Schreckenbach, TUM-LNT:
Optimization of Power Allocation for Iterative Multiuser/Multilayer Decoding using EXIT Charts

Christian Kuhn, TUM-LNT:
Estimating the Capacity of ISI Channels Using a List-Sequential (LISS) Equalizer

Ernesto Zimmermann, TU Dresden:
LISS vs. SoftSIC for Turbo MIMO

Thorsten Hehn u.A., FAU Erlangen:
The Influence of Redundant Parity Check-Equations on the Error-Floor Performance of Linear Codes under Iterative Decoding

Timo Unger, TU Darmstadt:
Effiziente Ressourcenvergabe in Relay-Netzwerken

Katsutoshi Kusume, DoCoMo Eur.:
A Simple Complexity Reduction Strategy for Interleave Division Multiple Access

Guido Dietl, TUM-NWS:
EXIT Chart based MSE Comparison of Reduced-Rank Equalizers for Iterative Multiuser Receivers

Peter Klenner, Uni Bremen:
Turbo-Reception of OFDM with Coded M-DPSK

Gerd Richter, Universität Ulm:
Puncturing Distributions for long LDPC Codes



9.9 Festakt zur Verleihung der Ehrendoktorwürde an Joachim Hagenauer, Erlangen, 26. Mai 2006

Klaus Eichin und Günter Söder

On May 26, 2006 Professor Joachim Hagenauer received the title of a doctor honoris causa (Dr.-Ing. E.h.) from the Friedrich-Alexander-University Erlangen-Nürnberg in an academic ceremony held at the Erlangen Palace. This rare honour has been awarded to him in recognition of his outstanding achievements in the field of Information Theory and its technical application especially in the field of Channel Coding.

After a musical opening, Dean Professor Alfred Leipertz welcomed the numerous guests. Besides staff members of his own Institute, many of Hagenauer's colleagues came to attend the ceremony.

The following laudations were given by professors of FAU Erlangen working in the field of Communications Engineering. Professor André Kaup was wondering which of Professor Hagenauer's personal qualities might have particularly contributed to his outstanding scientific and professional achievements. Professor Kaup mentioned Hagenauer's profound practical experience com-

bined with his excellent theoretical knowledge, his international network and visibility, his enthusiasm for teaching and the new generation of academics, as well as his selfless commitment to the public.

In his talk entitled "Joachim Hagenauer and Convolutional Codes" Professor Johannes Huber referred to Hagenauer's research stay as post-doc-fellow at the IBM Research Center in Yorktown Heights, New Jersey in 1975–76 when he first encountered Shannon's Information Theory, Convolutional Codes, and Sequential Decoding. After having joined the German Aerospace Center (DLR) in Oberpfaffenhofen near Munich he made Convolutional Codes also popular in Germany equal in rank to Block Coding which was proposed by his colleague and friend, Bernhard Dorsch. This led to a very productive scientific competition between them.

Not all of Hagenauer's important works can be honoured here. Some highlights of his scientific achievements are:

- Measurements and models for mobile communication channels,
- RCPC-Codes – Rate-Compatible Punctured Convolutional Codes,
- Awareness of channel state information in the decoding process,

- Concatenation of soft-in/soft-out modules,
- Joint and adaptive source and channel coding (AMR),
- Multi-user detection, e.g. for Code Division Multiple Access,
- Multiple antennas at the receiver, e.g. Spatial Equalization,
- Channel decoding with the analog decoder,
- Iterative decoding schemes in Communications Engineering,
- Improved multilevel codes for coded modulation,
- Application and improvement of turbo coding systems,
- Revival and modification of the sequential decoding, and
- Application of information theoretic methods to genetics.

Professor Wolfgang Koch mentioned Hagenauer's numerous activities in scientific organizations and committees, e.g. as Member of the Structural Committee of the Scientific Council, as Founder Member and Editor of the European Transactions on Telecommunications (ETT), as Member of the Board of Governors of the IEEE Information Theory Society, of which he is a past President, a Full Member of the Bavarian Academy of Science, and so on.

Following the formal presentation of the honorary doctor's certificate by Professor Leipertz, Dean of the Technical Faculty, and Professor Gröske, Chancellor of the University, the new honorary doctor expressed his thanks to the committee of the university for this great honour, to the laudators for their very friendly words, and to all his former and present colleagues for accepting his invitation to celebrate this particular day with him.

In his own lecture entitled "Communications and Information Theory as a Tool in Gene-Biological Research" Professor Joachim Hagenauer referred to his new scientific research interests which he will continue to work on after his retirement.



Joachim Hagenauer mit der Ehrendoktorurkunde. Links: der Dekan Alfred Leipertz, rechts der FAU-Rektor Karl-Dieter Gröske

Am 26. Mai 2006 wurde Herrn Professor Joachim Hagenauer im Rahmen einer akademischen Feier im Erlanger Schloss von der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg der Titel und die Würde eines Doktors der Ingenieurwissenschaften Ehren halber (Dr.-Ing. E.h.) verliehen. Diese außergewöhnliche und seltene Ehrung erfolgte „in Anerkennung seiner besonderen Verdienste um die Informationstheorie und deren technischer Anwendung, insbesondere auf dem Gebiet der Kanalcodierung mittels Faltungscodes und deren Fortentwicklungen“.

Nach der musikalischen Einleitung durch das Blechbläserensemble der Universität Erlangen-Nürnberg unter der Leitung von E. Wild begrüßte der Dekan, Prof. Dr.-Ing. Alfred Leipertz, die zahlreichen Gäste. So waren neben seinen Mitarbeitern auch viele seiner Münchener Professorenkollegen angereist, ebenso wie etliche Persönlichkeiten, die Joachim Hagenauer während seines langen Berufslebens kennen- und schätzen gelernt hat. Der Dekan erinnerte in seiner Rede an die zahlreichen Berührungspunkte zwischen der Universität und des in Franken geborenen Ehrendoktors. So haben beispielsweise seine Frau und seine beiden Kinder in Erlangen studiert.

Die folgenden Laudationes wurden von allen in der Nachrichtentechnik beheimateten Professoren vorgetragen. Prof. Dr.-Ing. André Kaup ging der Frage nach, welche persönlichen Eigenschaften von Joachim Hagenauer zu seinen außergewöhnlichen wissenschaftlichen und beruflichen Leistungen besonders beigetragen haben.

Neben lokalpatriotisch gefärbten Gründen („status nascendi“) nannte Prof. Kaup unter anderem Hagenauers soliden Praxisbezug gepaart mit ausgezeichnetem Theorieverständnis, seine internationale Vernetzung und Sichtbarkeit, die Begeisterung für die Lehre und den akademischen Nachwuchs und sein selbstloses Engagement für die Allgemeinheit.

Danach sprach der fachliche Laudator Prof. Dr.-Ing. Johannes Huber zum Thema „Joachim Hagenauer und die Faltungscodes“. Er zeigte Hagenauers erste Berührungspunkte mit der Shannonschen Informationstheorie und den Faltungscodes während eines Forschungsaufenthaltes 1975/76 als Postdoc-Fellow beim IBM Research Center in Yorktown Heights, New Jersey, auf und belegte, wie die Bekanntschaft zu Pionieren wie Cocke, Bahl und Jelinek Hagenauers Arbeiten bis heute geprägt hat. Nach seinem Eintritt in die DFVLR – heute Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, DLR – in Oberpfaffenhofen hat er mit diesen in den USA erworbenen Kenntnissen die „Convolutional Codes“ in der deutschen nachrichten-technischen Landschaft populär gemacht, gleichrangig neben der Blockcodierung, die von seinem Kollegen und Freund Bernhard Dorsch betrieben und propagiert wurde und zu einem sehr fruchtbaren kameradschaftlichen wissenschaftlichen Wettstreit zwischen beiden führte.

In diesem Bericht ist nicht genügend Raum, um alle wichtigen Arbeiten von Hagenauer zu würdigen. Hier verweisen wir auf die Broschüre der FAU Erlangen, die zum Herbst 2006 erscheinen wird.

Hier nur einige Schlagworte:

- Vermessung und Modellierung von (Mobil-)Funkkanälen,
- RCPC-Codes – Rate-Compatible Punctured Convolutional Codes,
- Verarbeitung von Kanalzustandsinformation im Decodierprozess,
- Verkettung von Soft-In/Soft-Out-Modulen,
- Gemeinsame/Adaptive Quellen- und Kanalcodierung (AMR),
- Mehrbenutzer-Detektion, z.B. bei Code Division Multiple Access,
- Multiantennenempfang (räumliche Entzerrung),
- Kanaldecodierung mittels analoger elektrischer Netzwerke,
- Einsatz iterativer Decodierverfahren in der Nachrichtentechnik,
- Verbesserte Mehrstufen-Codes zur Codierte Modulation,
- Anwendung und Verbesserung der Turbo-Codierung,
- Wiederbelebung/Modifikation der sequenziellen Decodierung,
- Anwendung informationstheoretischer Methoden in der Genetik.

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Koch ging im dritten Teil der Laudatio auf Hagenauers vielfältiges Wirken in wissenschaftlichen Organisationen und Gremien ein: Mitglied und Vorsitzender des ITG-Fachausschusses 1.1, Mitglied der Strukturkommis-



Die Festredner: André Kaup, Johannes Huber, Wolfgang Koch und Joachim Hagenauer

sion des Wissenschaftsrates, Gründungsmitglied und Editor der European Transactions on Telecommunications (ETT), gewählter DFG-Fachgutachter, Mitglied im Board of Governors der IEEE Information Theory Society – davon ein Jahr als Präsident, Mitglied der Bayerischen Akademie der Wissenschaften sowie im Konvent „acatech“ der Deutschen Akademie der Wissenschaften, und, und, und ...

Nach der offiziellen Überreichung der Ehrenpromotionsurkunde durch den Dekan der Technischen Fakultät, Prof. Alfred Leipertz, und den Rektor, Prof. Karl-Dieter Gröske, spielte das Blechbläserensemble zu Ehren Hagenauers das Lied der Franken. Anschließend bedankte sich der neue Ehrendoktor – sichtlich gerührt – bei den Gremien der Universität für die große Auszeichnung, bei den Laudatoren für die aus seiner Sicht überaus freundlichen Worten und bei all seinen früheren und jetzigen Kollegen, dass sie seiner Einladung gefolgt sind, um diesen großen Tag gemeinsam mit ihm zu verbringen.

In seinem Festvortrag „Kommunikations- und Informationstheorie als Werkzeug in der genbiologischen Forschung“ behandelte Prof. Hagenauer sein neues wissenschaftliches Hobby, mit dem er sich auch in seinem Ruhestand weiter beschäftigen wird. Die bisher erzielten Ergebnisse geben Anlass zur Hoffnung, dass die von ihm gegründete interdisziplinäre Forschungsgruppe „ComInGen“ ebenfalls erfolgreich sein wird.

Die Autoren gratulieren im Namen aller LNT-Mitarbeiterinnen und -Mitarbeiter nochmals herzlich zur Ehrenpromotion und danken gleichzeitig für einen kulinarisch köstlichen Abend im „Schwarzen Bären“ zu Erlangen.



Prof. Leipertz, Dekan der Technischen Fakultät der FAU Erlangen, bei der Eröffnung der Festveranstaltung im Erlanger Schloss



Das Ehepaar Hagenauer zwischen dem Rektor der FAU Erlangen, Prof. Gröske, und den Laudatoren Kaup, Huber und Koch



Der neue Ehrendoktor bedankt sich bei dem Blechbläserensemble der FAU Erlangen (Leitung: E. Wild) für das „Lied der Franken“

9.10 NEWCOM-Workshop „The Revival of Sequential Decoding“, 31. Mai bis 2. Juni 2006

Christian Kuhn



At the end of May 2006, a workshop strongly focused on the field of sequential decoding was held at the Institute for Communications Engineering. About forty researchers participated at the workshop and seventeen talks were given. Since there is currently a renewed interest in this classical decoding technique new contributions to sequential decoding were presented, but also its fundamentals were reviewed.

Etwa 40 internationale Teilnehmer trafen sich Ende Mai 2006 am Lehrstuhl für Nachrichtentechnik zu einem Workshop, dessen (stark fokussierter) Themenschwerpunkt auf der sequenziellen Decodierung lag. Diese klassische Decodieretechnik für Faltungscodes hat entscheidende Komplexitätsvorteile für Codes mit hohem Gedächtnis, ist jedoch heute weitestgehend durch trellisbasierte Decodieralgorithmen abgelöst worden. In den letzten Jahren ist allerdings wieder ein erhöhtes Forschungsinteresse an solchen sequenziellen Algorithmen zu verzeichnen – im Speziellen für hochkomplexe Detektionsprobleme.

Eine wichtige Problemstellung ist in diesem Zusammenhang die Entwicklung entsprechender Soft-In/Soft-Out-Algorithmen, um hiermit leistungsfähige und komplexitätsreduzierte Empfänger nach dem Turbo-Prinzip entwerfen zu können. Nach dem Wiederaufleben verketteter Codes und der LDPC-Codes innerhalb von iterativen Empfängerstrukturen war das vorrangige Anliegen dieses dreitägigen Workshops, für die sequenziellen Algorithmen und deren Anwendung neue Impulse zu geben.

Zu den Teilnehmern des Workshops gehörten gleichermaßen renommierte Forscher, die zu Beginn der sequenziellen Decodierung in den 1960er-Jahren wesentliche Beiträge geleistet haben, als auch Wissenschaftler, die aktuell in diesem Themenfeld arbeiten.

Der Workshop wurde am Mittwochabend durch den Gastgeber – Prof. Joachim Hagenauer – im Rahmen eines Stehempfangs in der Lehrstuhlbibliothek eröffnet. Bereits hier bestand für die Teilnehmer die erste Möglichkeit zur fachlichen Diskussion, wobei der Empfang durch den Eröffnungsvortrag von Prof. Dan Costello aufgelockert wurde.

Am darauf folgenden Donnerstag wurden ganztägig in vier Sitzungen elf Beiträge mit jeweils 35 Minuten Redezeit präsentiert. Zu Beginn gab Prof. John B. Anderson einen persönlichen Überblick über 50 Jahre sequenzielle Decodierung und versuchte die Frage zu klären, ob hierbei ein minimaler Decodieraufwand explizit angegeben werden kann. Anschließend stellte Prof. Kamil Sh. Zigangirov, der Erfinder des sequenziellen Stack-Decoders, die Problemstellungen aus der Radarüberwachung dar, die in den 1960er Jahren in der Sowjetunion zur Entwicklung dieses Algorithmus beigetragen haben.

Prof. Hagenauer stellte in seinem Beitrag die aktuellen Forschungsergebnisse des LNT dar. Hierbei präsentierte er die Weiterentwicklung des Stack-Decoders zum Soft-In/Soft-Out-fähigen LISS-Decoder. Für diesen neuen sequenziellen Ansatz stellte Prof. Costello in seinem Vortrag eine weitere Anwendungsmöglichkeit im Rahmen der Bootstrap-Decodierung dar. Dabei werden zwischen den Codeworten eines Faltungscodes zusätzlich algebraische Abhängigkeiten eingefügt und im Decoder effizient genutzt.

Einen Überblick über die sequenzielle Decodierung mit Referenzen zu der Baumsuche mit dem von ihm entwickelten Creeper-Algorithmus und einem neuen Ansatz zur Decodierung von Blockcodes am Baumdiagramm mittels des BEAST-Algorithmus gab Prof. Rolf Johannesson. Eine Gegenüberstellung der in Detektionsalgorithmen üblicherweise verwendeten Metrik beim

Matched-Filter bzw. dem Whitened-Matched-Filter folgte von Dr. Gottfried Ungerböck. Hier wurde im Speziellen auf die optimale sequenzbasierte Detektion für intersymbolinterferenzbehaftete Kanäle eingegangen.

Einige interessante Ansätze zur komplexitätsreduzierten Decodierung von Faltungscodes basierend auf sequenziellen Algorithmen wurden von Prof. Han Vinck vorgestellt. Ein codierungstheoretischer Vortrag von Dr. Vladimir Sidorenko stellte Methoden zur Codekonstruktion und den resultierenden Distanzeigenschaften dar. Dem folgte der Vortrag von Prof. Erdal Arikan, der Parallelen zwischen Schätzproblemen und der sequenziellen Decodierung zog. Marcin Sikora stellte einen neuen niedrigkomplexen Ansatz zur Entzerrung vor, der auf einer Zustandsreduzierung im Trellis beruht. Zum Abschluss des zweiten Tages präsentierte Kitty Wong eine Methode zur Berechnung von Softausgangswerten für den M-Algorithmus und stellte einige Detektionsanwendungen für diesen Algorithmus namens SOMA vor. Nach diesem äußerst vielschichtigen Vortragsprogramm bestand beim gemeinsamen Abendessen im Löwenbräukeller die Möglichkeit zu einem weiteren Austausch in entspannter Atmosphäre.

Die sechs Tagungsbeiträge am Freitag beschäftigten sich größtenteils mit dem Thema MIMO-Detektion. Prof. Giuseppe Caire erklärte in seinem Vortrag die Lattice-Decodierung mit MMSE-DFE-Vorverarbeitung und stellte diesen Detektionsansatz vergleichbaren sequenziellen Ansätzen gegenüber. Dr. Dirk Wübben präsentierte einen auf einer Lattice-Reduktion basierten Detektionsansatz mit einer geeigneten

MMSE-Erweiterung und ging auf eine weitere Möglichkeit der Komplexitätsersparnis durch eine sortierte Matrixzerlegung ein.

Mit nichtkohärenten Detektionsstrategien für differenzielle Space-Time-Modulation beschäftigte sich der Vortrag von Volker Pauli. Eine detaillierte Darstellung der sequenziellen Detektion mit dem LISS-Algorithmus für intersymbol-interferenzbehaftete Kanäle und Mehrantennensysteme gab Christian Kuhn innerhalb seines Vortrags, mit dem gleichzeitig sein Promotionsverfahren fortgeführt wurde. Danach präsentierte Ernesto Zimmermann seine Ergebnisse hinsichtlich Implementierungsvarianten des LISS-Algorithmus zur Mehrantennendetektion. Im letzten Beitrag des Workshops gab Prof. Mohamed O. Damen eine Übersicht zur sequenziellen Decodierung von Tree-Codes mit dem Fano-Algorithmus, wobei auch hier wieder Ergebnisse für MIMO-Kanäle vorgestellt wurden.

Eine Exkursion am Freitagnachmittag beschloss den Workshop. Das erste Ausflugsziel war das südlich von München gelegene Murnau. Hier standen den Tagungsteilnehmern die Besichtigung des Schlossmuseums oder des Münter Hauses zur Auswahl. In beiden Museen sind Exponate der expressionistischen Künstlergemeinschaft „Der blaue Reiter“ zu besichtigen. Anschließend wurde der Ammersee mit dem Schiff ausgehend von Dießen überquert und von Herrsching aus der Kurs in Richtung Andechs aufgenommen. Nach der Besichtigung der Wallfahrtskirche und dem traditionellen Abendessen im Bräustüberl endete die Exkursion wieder an der TUM.

Nebenstehend finden Sie das Programm des Workshops im Detail.

John B. Anderson (Lund University, Sweden)
Some Reflections on 50 Years of Sequential Decoding

Kamil Sh. Zigangirov (Lund University, Sweden)
Stack Algorithm of Sequential Decoding: How It Started

Joachim Hagenauer (Lehrstuhl für Nachrichtentechnik, TU München)
From Sequential Decoding to the Soft-Output List-Sequential (LISS) Decoder

Daniel J. Costello, Jr. (University of Notre Dame, IN, USA)
Bootstrap Hybrid Sequential Decoding: A New Application for the LISS Algorithm?

Rolf Johannesson (Lund University, Sweden)
Stumbling through a Tree

Gottfried Ungerböck (Broadcom, Switzerland)
MF and WMF Metric – Reminiscences and New Results

Han Vinck (Universität Duisburg-Essen)
On Reduced Complexity Decoding for Convolutional Codes

Vladimir Sidorenko (Universität Ulm)
Combining Convolutional Codes: From Block to Convolutional Codes

Erdal Arıkan (Bilkent University, Turkey)
Guessing and Sequential Decoding

Marcin Sikora (University of Notre Dame, IN, USA)
The M*-BCJR Algorithm and its Applications

Kitty Wong (Queen's University, Canada)
The Soft-Output M-Algorithm and its Applications

Giuseppe Caire (University of Southern California, CA, USA)
Lattice Decoding, Sequential Decoding and the Role of MMSE Decision Feedback Equalization

Dirk Wübben (Universität Bremen)
Lattice-Reduction Based Detection Algorithm for MIMO Systems

Volker Pauli (Universität Erlangen-Nürnberg)
Hierarchical Sphere Decoding with Fano-Type Metric in Noncoherent MIMO Detection

Christian Kuhn (Lehrstuhl für Nachrichtentechnik, TU München)
Detection, Decoding, and Estimation with a List-Sequential (LISS) Algorithm

Ernesto Zimmermann (Technische Universität Dresden)
Auxiliary Stack versus Noise Bias Term in LISS MIMO Detection

Mohamed Oussama Damen (Waterloo University, Canada)
Recent Results on Sequential Decoding of Tree Codes

9.11 International Graduate Seminar on Information Technology, 20. bis 24. Juni und 11. bis 15. Juli 2006

Bernhard Göbel und Johanna Weindl

An International Graduate Seminar on Information Technology was held at our Institute and at the American University of Beirut (AUB), Lebanon, as part of our activities within the CITPER project (cf. Section 7.5). A group of 21 students (seven each from TUM, AUB, and the University of Southampton), five assistants, and ten professors travelled to Beirut in June and to Munich in July. Academic talks and technical excursions focused on the motto "Smart Homes". External experts from BMW and Siemens contributed an industrial view of the topic. In line with the CITPER project aims, the seminar greatly facilitated exchange of students and faculty on an academic, cultural, and personal level.

Im Sommersemester 2006 fand am LNT neben dem regulären Hauptseminar ein internationales Seminar statt, das unter dem Motto „Smart Homes“ aktuelle Techniken und Entwicklungen der Informationstechnologie behandelte. Teilnehmer der

zweiwöchigen Veranstaltung, die im Abstand von zwei Wochen zunächst in Beirut und später in München stattfand, waren Studenten, Assistenten und Professoren der CITPER-Partnerhochschulen American University of Beirut (AUB) im Libanon, der englischen University of Southampton (UoS) und der Technischen Universität München (TUM).

Hauptziel des gemeinsamen Seminars, das von der Europäischen Kommission im Rahmen des Tempus-Projekts CITPER (siehe Kapitel 7.5) gefördert wurde, war der intensive Austausch von Studenten und Professoren auf einer akademischen, kulturellen und persönlichen Ebene. An der TUM wurde das Seminar von den LNT-Professoren Joachim Hagenauer und Norbert Hanik und Prof. Eckehard Steinbach vom Lehrstuhl für Kommunikationsnetze geleitet. Zum Seminarblock in Beirut reiste neben Prof. Hanik auch Prof. Max Costa aus Campinas/Brasilien, im Sommersemester Gastprofessor an der TUM.

Für die Organisation und Durchführung des Seminars sowie die Betreuung der TUM-Studenten waren Janis Dingel, Bernhard Göbel, Stephan Hellerbrand, Johanna Weindl (alle LNT) sowie Robert Nagel vom LKN verantwortlich. Die Teilnehmergruppe umfasste 21 Studenten, fünf Assistenten und zehn Professoren.

Im Verlauf der beiden Blöcke in Beirut und München mit insgesamt acht Sessions wurde das Thema „Smart Homes“ unter verschiedenen Aspekten beleuchtet. Die Themen der Sessions waren:

- Smart Home Applications,
- Access Technologies,
- Sensors and Control,
- Wireless Technologies,
- Security,
- Smart System Design, und Convergent Networks.



Gruppenbild der Seminarteilnehmer aus München, Beirut und Southampton auf dem Campus der AUB in Beirut.

Der erste fünftägige Seminarblock fand vom 20. bis 24. Juni 2006 an der AUB statt. Am ersten Tag stand eine Exkursion in die Bekaa-Hochebene auf dem Programm. Nach der Besichtigung der weitgehend automatisierten Produktionsanlagen der Firma *LibanLait* besuchten wir die weltberühmten Überreste der römischen Tempelanlage von Baalbek. Hier findet sich auch ein Zeugnis früherer deutsch-libanesischer Zusammenarbeit: Das Kaiserwappen im sogenannten Bacchustempel weist auf das Engagement des deutschen Kaisers Wilhelm II. bei der Ausgrabung und Wiederherstellung der Tempelanlagen hin. Auf dem Rückweg durch das Chouf-Gebirge besichtigten wir auch den Palast von Beiteddine aus dem 19. Jahrhundert.

Der zweite Tag begann mit einer Führung über den direkt am Mittelmeer gelegenen Campus der AUB, der zweifelsohne zu den schönsten der Welt zählt. Nach der Begrüßung der Gruppe durch den Dekan der Fakultät für Ingenieurwesen und Architektur begann der akademische Teil des Seminars. Vor den studentischen Vorträgen hielten stets Professoren einführende Tutorials. Am Abend stellten die Gastgeber nach einer Führung durch die nach dem Bürgerkrieg restaurierte – und drei Wochen nach unserem Besuch wieder völlig zerstörte – Innenstadt Beiruts die sprichwörtliche orientalische Gastfreundschaft mit einem Bankett libanesischer Gerichte unter Beweis.

Auf Einladung des IEEE Chapters Lebanon hielten am Abend des dritten Seminartages Prof. Hanik und Prof. Costa Vorträge über aktuelle Forschungsthemen vor ca. 100 hoch interessierten Studenten und Gästen der AUB. Der vierte Tag bildete den vorläufigen Abschluss des aka-

demischen Programms. Der Nachmittag stand zur freien Verfügung. Die meisten Teilnehmer nutzten die Zeit zum Besuch des AUB-eigenen Mittelmeerstrands. Mit einer weiteren Tagesexkursion zu Sehenswürdigkeiten in Libanons Norden (Harissa, Tropfsteinhöhlen von Jeita, Byblos) und dem Besuch eines typisch libanesischen Fischrestaurants ging der erste Block des Seminar zu Ende. Dem LNT-Alumnus Zaher Dawy – inzwischen Professor an der AUB – gebührt besonderer Dank für die herzliche und professionelle Betreuung der Reisegruppe.

Der zweite viertägige Teil folgte vom 11. bis 15. Juli an der TUM. Vertreter der Firmen ActiveMania, Siemens und BMW erweiterten das Seminar um die industrielle Sichtweise der Thematik. Auf Einladung der Siemens AG, ebenfalls Partner im CITPER-Projekt, fand eine Führung durch das Siemens-Forum statt. Prof. Feicht und Dr. Becker informierten die Studenten über zukünftige Anforderungen eines international tätigen Konzerns an Ingenieurabsolventen.

Nach den Sessions am zweiten TUM-Seminartag hatten die Gäste Gelegenheit, bei einer Stadtführung und einem ausgedehnten Abendessen München etwas besser kennen zu lernen. Der letzte Seminartag begann mit einem Besuch der Forschungs-

neutronenquelle FRM II in Garching, wo die Gruppe vom langjährigen technischen Direktor Prof. Schreckenbach geführt wurde. Mit Vorträgen von Prof. Steinbach und Dr. Mecking (BMW) endete der akademische Teil des Seminars.

Völlig unerwartet wurde diese Woche von den politischen Ereignissen im Nahen Osten überschattet. Die Teilnehmer aus Beirut beteiligten sich dennoch vorbildlich am Seminar-geschehen, mussten jedoch einen Tag früher als geplant über Syrien nach Beirut zurückkehren. Aus diesem Grund fand der für den letzten Tag geplante Tagesausflug an den Chiemsee ohne Beteiligung der AUB-Gruppe statt.

Bei schönem Sommerwetter standen der Besuch des Schlosses Herrenchiemsee und der Fraueninsel auf dem Programm.

Das Seminar bot die Gelegenheit für zahlreiche wissenschaftliche und persönliche Kontakte. Der Großteil der jeweiligen Besuchergruppen war zum ersten Mal im Libanon bzw. in München zu Gast. Daher bleibt als Fazit, dass der interkulturelle Dialog und Studentenaustausch gelungen ist – auch Dank der großzügigen Förderung durch die EU. Gerade vor dem Hintergrund der aktuellen politischen Entwicklungen kann diese Tatsache kaum hoch genug eingeschätzt werden.



Während des Seminars in Beirut mit Johanna Weindl und Prof. Norbert Hanik (vorne) sowie Prof. Max Costa (letzte Reihe)

9.12 Abschiedsvorlesung von Prof. Hagenauer, 27. Juli 2006

Klaus Eichin und Günter Söder



Zur letzten Vorlesung „Nachrichtentechnik 1“ im Sommersemester 2006 kamen neben den regulären Studierenden des 4. Semesters auch etliche „ältere Semester“: die Mitarbei-

ter von Prof. Hagenauer am LNT und viele seiner Doktorandinnen und Doktoranden, etliche der Professorenkollegen unserer Fakultät und anderer Hochschulen und viele mehr.



Von links: Der Moderator Prof. Norbert Hanik, Prof. Joachim Hagenauer bei seinem Abschiedsvortrag, der TU-Präsident Prof. Wolfgang A. Herrmann und der Dekan der Fakultät EI, Prof. Ulrich Wagner

Prof. Norbert Hanik eröffnete die Abschiedsvorlesung und erinnerte mit einem Foto von 1931 – der erste Ordinarius Kurt Heinke in einem mit Girlanden geschmückten Hörsaal – an die lange Tradition solcher Veranstaltungen am LNT. Besonders begrüßt wurden Prof. James Massey, dem am nächsten Tag die Ehrendoktorwürde unserer Fakultät verliehen wurde, sowie Hagenauers direkter Vorgänger bzw. Nachfolger, Prof. Hans Marko und Prof. Ralf Kötter.

Danach sprach Prof. Hagenauer über „Ästhetische Aspekte der Kanalcodierung“. Beginnend mit dem Goethe-Zitat „Wenn wir von der Wissenschaft eine Art von Ganzheit

erwarten, so müssen wir uns die Wissenschaft als Kunst denken“ zeigte er Verbindungen zwischen IT und den Bildenden Künsten auf. So wird das Trellis, das man als Spalier oder salopp auch mit „Jägerzaun“ übersetzen könnte, nicht nur zur Zustandsbeschreibung in der Kanalcodierung verwendet, sondern es findet sich auch in der Kunst immer wieder wie im Bildnis „Maria im Rosenhag“ von Martin Schongauer oder beim französischen Gartenarchitekten Le Notre. Das Tailbiting-Trellis – für einige seiner Doktoranden von großer Bedeutung – steht als Midgard-Schlange in Mythologie und Kunst als Symbol der Ewigkeit.

Tailbiting-Trellis-Strukturen treten auch bei den am LNT entworfenen VLSI-Chip-Layouts auf, die an Grafiken von Victor Vasarely erinnern. Und der Darstellung des perfekten Golay-Codes als Tailbiting-Code mit Tanner-Graph wurde ein bekanntes Kunstwerk des Pop-Artisten Wayne Thiebaud gegenüber gestellt. Weitere Beispiele wie die zirkuläre Struktur der DNA des E-Coli-Bakteriums animierten Herrn Hagenauer zum Ausspruch „So schön kann Mathematik und auch Codierungstheorie sein“. Mit einem Zitat des Stauferkaisers Friedrich II und einem Dank an alle beschließt Prof. Hagenauer seinen Vortrag.



Von links: Prof. Jörg Eberspächer, der amtierende Leiter des Instituts für Informationstechnik, Prof. Günther vom DLR, Holger End – Sprecher der Studentenschaft, der TU-Präsident bei der Überreichung der Goldenen Ehrennadel an Joachim Hagenauer

Mit dem Hinweis, dass geniale Fußballspieler bei ihrem Abschiedsspiel ebenfalls zur Halbzeit ausgewechselt werden, leitet der Moderator N. Hanik zu den anschließenden Würdigungen über. Der TUM-Präsident, Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Wolfgang A. Herrmann, bedankt sich zunächst bei Prof. Hagenauer für eine „tolle Vorlesung und für die faszinierenden Einblicke in Ihr Wissensgebiet“. Danach hebt er detailliert Hagenauers Bilderbuchkarriere von der Handwerkerlehre zum international hochdekorierten Wissenschaftler hervor. Besonders freut ihn, dass er ihn zur Mitarbeit im Institute for Advanced Study überreden konnte, in dem 14 Mitglieder, darunter drei Nobelpreisträger, die Exzellenzinitiative der TUM koordinieren. Der Präsident endet mit dem Bekenntnis: „Prof. Joachim Hagenauer war ein Glücksfall für die TU München“.

Der Dekan, Prof. Dr.-Ing. Ulrich Wagner, zählte nochmals die vielfältigen Ehrungen für J. Hagenauer auf (die im Kapitel 9.9 nachgelesen werden können) und überbrachte die Glückwünsche und den Dank der Fakultät. Er erwähnte unter anderem Hagenauers Engagement als erster Studiendekan und seine beachtlichen hochschulpolitischen Aktivitäten hinsichtlich Studienreform (Münchner Modell) und Einführung des MSCE-Studiengangs.

Aus der Würdigung seines Kollegen Prof. Dr.-Ing. Jörg Eberspächer – dem derzeitigen Leiter des Instituts für Informationstechnik – hörte man neben der fachlichen Nähe auch die besondere persönliche Verbundenheit zwischen beiden heraus. Seine humorvolle Laudatio mit dem Titel „Hagenauer decodiert ...“ charakterisierte den Jubilar als eine Quelle. Wir zitieren:

„Gesteuert von einem brillanten Gehirn sendet der von Elan und Dynamik angetriebene „Turbo“ Hagenauer andauernd und mit hoher Intensität Informationen aus. Er muss seine Botschaften, die extrem wenig Redundanz beinhalten, über stark gestörte Kanäle (Hörsäle, Sitzungssäle, etc.) und zu unvollkommenen, fehlerhaften Empfangseinrichtungen übermitteln. (...) Er nutzt zum Transport oft ähnlicher Inhalte – sie handeln vom ewigen Kampf gegen die Shannongrenze – verschiedene Modulationsverfahren und präsentiert sie werbewirksam in Aufsätzen wie *Soft is better than hard* oder – frei nach Shakespeare – *To compress or not to compress*“.

Prof. Dr. Christoph Günther fasste Hagenauers Erfolge in 16 Jahren beim heutigen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Oberpfaffenhofen zusammen. Holger End erwähnte in einer beeindruckend kurzen und persönlichen Rede die im wahrsten Sinne des Wortes „ausgezeichnete Lehre von Prof. Hagenauer“ und sein Eintreten für alle Belange der Studierenden.

Danach gab es für alle Bier und Brezln. Nachmittags schloss sich eine fränkische Grillparty auf der LNT-Festwiese an, die – aufgelockert durch Beiträge von LNT-Mitarbeitern – bis spätabends dauerte. Einige Bilder dazu finden Sie im Kapitel 12.5.



Viele Studierende verfolgten gespannt die letzte Vorlesung von Prof. Hagenauer über die Ästhetik in der Informationstechnik



Ebenso die Kollegen Prof. Günther, Prof. Herrmann, Prof. Nosseck, Prof. Wagner, Prof. Eberspächer und Prof. Häberle

10

Internationale Beziehungen

10.1 Austauschprogramme

Klaus Eichin

In the following we present projects concerning cooperations with foreign universities, e.g. SOKRATES, and CDHK. The EU supported program NEWCOM is a Network of Excellence in Wireless Communications with 61 European participants. Another EU promoted cooperation is CITPER with the aim of constituting a Collaborative IT Program for Education and Re-search.

In diesem Kapitel werden Kooperationen zwischen dem LNT und ausländischen Partneruniversitäten beschrieben. So wurden die Aktivitäten seitens des LNT in den von der Europäischen Union geförderten Projekten NEWCOM und CITPER im Berichtszeitraum fortgesetzt.

Ebenfalls weitergeführt wurde das CDHK-Projekt mit der Tongji-Universität in Shanghai und der durch SOKRATES geförderte Studentenaustausch in Europa. Weitere Auslandskontakte sind am Kapitelende aufgeführt.

NEWCOM

Network of Excellence in Wireless Communications ist der Titel eines durch die Kommission der Europäischen Union geförderten Projekts, an dem 61 europäische Partner aus Industrie und Universitäten teilnehmen. Das übergeordnete Thema lautet „Drahtlose Kommunikationssysteme nach 3G“. Etliche wissenschaftliche Tagungen, z. B. die 15th Joint Con-

ference on Communications and Coding in Sölden (siehe Kapitel 9.5) und das ebenfalls international besetzte Turbo-Symposium in München (Kapitel 9.6) konnten durch NEWCOM finanziell unterstützt werden, ebenso wie Forschungsaufenthalte von Mitarbeitern im Ausland. Lesen Sie hierzu die Reiseberichte von Christian Kuhn und Frank Schreckenbach im Kapitel 10.2.

CITPER (TEMPUS)

Das „Collaborative IT Program for Education and Research“ wird als Projekt durch das EU-Programm TEMPUS gefördert. Initiiert im September 2004 beinhaltet es den Wissenschaftler- und Studentenaustausch mit dem Ziel, einen Graduiertenstudiengang an der American University of Beirut (AUB) aufzubauen. Weitere Projektteilnehmer sind die englische University of Southampton sowie die Siemens AG. Der LNT fungiert als so genannter Granthalter.

Weitere Informationen zu diesem Projekt und den LNT-Aktivitäten seit April 2005 finden Sie in den Kapiteln 7.12 und 9.11.

Chinesisch-deutscher Doppelmaster

Bereits im letzten Tätigkeitsbericht gab es einen ausführlichen Bericht über das Chinesisch-Deutsche Hochschulkolleg (CDHK), das 1998 als

10.1 Austauschprogramme

10.2 Forschungsaufenthalte von Angehörigen des LNT

10.3 Vorträge von Gästen

Kooperationsprojekt der Tongji-Universität Shanghai und des Deutschen Akademischen Austauschdienstes (DAAD) gegründet wurde. Unser Kollege Günther Liebl war im Mai 2005 an der Tongji-Universität und gab dort eine Vorlesung über Mobile Communications.

Im Berichtszeitraum haben sechs Studierende aus China – Yuxin Du, Li Li, Xing Liu, Yan Lu, Yun Zhu und Yunnuo Zhu – ihre Master Thesis am LNT ausgeführt und damit neben dem Abschluss der Tongji-Universität zugleich den Mastergrad der TU München für das Fach *Electrical Engineering* erworben.

SOKRATES-Studentenaustausch
SOKRATES/ERASMUS ist das bekannte Förderprogramm für den Studentenaustausch in der Europäischen Union. Der LNT koordiniert hierbei den Kontakt mit der *École Nationale Supérieure des Télécommunications* (ENST) de Bretagne in Brest und dem *Politecnico di Torino*. Mit der ENST Brest gibt es dazu seit 1998 ein Doppeldiplomabkommen.

Im Berichtszeitraum wurde der Austausch weiter intensiv genutzt. Wieder fanden allein 10 Studierende der ENST de Bretagne den Weg zu uns. Im Gegenzug waren als erste Doppeldiplomkandidaten die TUM-Studenten Philipp Blaumer und Florian Schweiger an der ENST de Bretagne mit Studienaufenthalten in Toulon bzw. Paris.

Mittlerweile haben sie ihren Studienaufenthalt in Frankreich erfolgreich beendet und bereiten sich jetzt an der TUM auf ihre das Doppeldiplom abschließende Diplomarbeit vor.

Im Rahmen von SOKRATES hat der Spanier Carlos Climent seine Diplomarbeit am LNT ausgeführt, dessen Heimathochschule – die *ETSI Telecomunicación Ciudad Universitaria* in Madrid – seit Jahren enge Kontakte mit der Fakultät EI pflegt.

Weitere Auslandskontakte

Weitere Kontakte für den Wissenstransfer gibt es mit vielen Universitäten und Firmen weltweit. Beispielsweise waren TUM-Studenten zu ihren Abschlussarbeiten an der Lund University (Stephan Hellerbrand), an der ENST in Paris (Johnny Khoury), bei Siemens Corp. in Princeton (Markus Koban und Dirk Steckhan) und am berühmten MIT in den USA (Jermaine Loy).

Die Resonanzen der Studierenden auf die Auslandsstudienaufenthalte waren sehr positiv. Die Möglichkeit, Erfahrungen und Wissen auch im kulturellen und sprachlichen Bereich zu erweitern, wurde als wertvolle Bereicherung angesehen.

10.2 Forschungsaufenthalte von Angehörigen des LNT

Christian Kuhn, Frank Schreckenbach, Christoph Hausl und Günter Söder

Again 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 University of Edinburgh (C. Kuhn), the Australian National University in Canberra (F. Schreckenbach), the Siemens Research Corp. in Princeton (C. Hausl) and Digital Fountain in Fremont/ California (H. Jenkač).

Prof. Hagenauer and Prof. Hanik visited institutes, workshops, and meetings in China, Denmark, France, Great Britain, Italy, Korea, Lebanon, the Netherlands, Poland, Sweden, Switzerland, Taiwan, and the United States, partly concerning NEWCOM and CITPER.

Prof. Hagenauer und Prof. Hanik absolvierten auch im Berichtszeitraum wieder eine Vielzahl von Auslandsreisen, unter anderem bedingt durch die Teilnahme am NEWCOM- und Tempus-Projekt.

Innerhalb von Tempus gab es gemeinsame Lehrveranstaltungen mit der American University of Beirut unter Beteiligung britischer Universitäten (siehe Kapitel 9.11). Weiter sind Reisen nach China, Dänemark, England, Frankreich, Italien, Korea, Libanon, den Niederlande, Polen, Schweden, Taiwan, in die Schweiz und die USA zu nennen.

Nicht aufgeführt sind in der Auflistung Reisen, die mit einer Fachtagung zusammenhingen; diese finden Sie in Kapitel 8.2.

Im zurückliegenden Berichtszeitraum absolvierten wieder einige der LNT-Mitarbeiter einen mehrmonatigen Forschungsaufenthalt bei Firmen und Universitäten im Ausland. Im Einzelnen sind zu nennen:

- Christian Kuhn war von 21.08. bis 05.11.2005 über NEWCOM Gastwissenschaftler am Institute for Digital Communications der University of Edinburgh in Schottland und arbeitete während

dieser Zeit eng mit Prof. Norbert Görtz zusammen, der sich 2004 an unserer Fakultät habilitierte.

- Frank Schreckenbach besuchte – ebenfalls von NEWCOM finanziert – ab November 2005 für drei Monate die Australian National University in Canberra auf Einladung von Dr. Mark Reed.
- Christoph Hausl war im Zeitraum von April bis August 2006 Gast bei Siemens Research Corp. in Princeton. Er bearbeitete in dieser Zeit Themen der Netzwerkcodierung.
- Hrvoje Jenkač arbeitete ab Juli 2006 für dreieinhalb Monate bei Digital Fountain Corp. in Kalifornien. Diese Firma hat u. a. die Fountain-Codes entwickelt, die H. Jenkač in seinen Projektarbeiten intensiv nutzt.

Im Folgenden finden Sie drei eher persönliche denn fachliche Reiseberichte über die Auslandsaufenthalte.

Christian Kuhn über seinen Forschungsaufenthalt in Schottland

In autumn 2005, I spent eleven weeks at the Institute for Digital Communications at the University of Edinburgh as a visiting researcher. This institute mainly works on digital signal processing for communications engineering, radar applications, audio and medical systems.

Joint work was performed with the NEWCOM partners Dr. Norbert Görtz and Dr. John Thompson in the area of sorting strategies for sequential algorithms, sequential detectors for multiple-antenna signals and joint source-channel decoding. New results for the metric of sequential multiple-antenna detectors were achieved. In detail, the commonly used preprocessing of received values and channel parameters can be avoided which results in a lower complexity for this detection approach.

Im Herbst 2005 besuchte ich im Rahmen von NEWCOM als Gastwissenschaftler die Universität in der schottischen Hauptstadt Edinburgh. Diese traditionsreiche Universität wurde 1582 von James VI gegründet und war in dieser Zeit bereits die vierte in Schottland, wohingegen es in England lediglich zwei gab. In der über 400-jährigen Geschichte der *University of Edinburgh* waren beispielsweise Persönlichkeiten wie der ehemalige Premierminister Winston Churchill oder der Biologe und Nobelpreisträger Alexander Fleming Rektoren dieser Hochschule sowie der deutsche Physiker und Nobelpreisträger Max Born dort über viele Jahre Dozent. Zu den berühmtesten Absolventen der Universität, deren Gebäude über die ganze Stadt verteilt sind, gehören der Philosoph David Hume, die Literaten Sir Walter Scott, Robert Louis Stevenson, Sir Arthur Conan Doyle, der Naturforscher Charles Darwin und einer der Väter der amerikanischen Unabhängigkeitserklärung, John Witherspoon.

Während meines elfwöchigen Aufenthalts war ich am *Institute for Digital Communications* der *School of Engineering and Electronics*, das sich in den gerade fertiggestellten Gebäuden südlich der Innenstadt be-

findet. Die Kernkompetenzen des Instituts sind insbesondere die digitale Signalverarbeitung und deren Anwendung auf die Nachrichtentechnik, aber auch auf Radarsysteme, akustische und medizintechnische Problemstellungen. Personell umfasst das Institut fünf Professoren und sieben weitere Dozenten, die eine *Lecturer* oder *Reader* Stellung besitzen. Des Weiteren bearbeiten zahlreiche Doktoranden während ihrer dreijährigen Promotionszeit sowie Postdoktoranden entsprechende Forschungsthemen. Hierbei ist ein wesentlicher Unterschied zum deutschen System, dass die Doktoranden keinerlei Lehrverpflichtungen im Sinne von Vorlesungsbetreuung oder Betreuung von Masterarbeiten haben; diese Aufgaben werden vielmehr von Postdoktoranden übernommen. Zur Erstellung und vollständig anonymen Korrektur von Prüfungen müssen sogar noch die Hierarchieebene darüber und weitere externe Gutachter bemüht werden. Innerhalb der internationalen Seminarreihe des Instituts – Vortragende waren unter anderem die Professoren John Anderson, Johannes Huber, Joseph Boutros und Mikael Skoglund – wird den Doktoranden die Möglichkeit der Weiterbildung geboten. Auch in Schottland sind keine promotionsbegleitenden Vorlesungen verpflichtend.

Zunächst habe ich am *Institute for Digital Communications* mit Dr. Norbert Görtz gemeinsame Untersuchungen zum Thema gemeinsame Quellen- und Kanaldecodierung unter Verwendung von Faltungscodes mit hohem Gedächtnis durchgeführt. Hierfür wurde auch der Einsatz des sequenziellen Decoders LISS innerhalb einer iterativen Empfängerstruktur betrachtet. Darüber hinaus wurden entsprechende Sortierungsstrategien für die sequenzielle Detektion im Allgemeinen untersucht. Insbesondere wurden auch deren Anwendung für Mehrantennensysteme eingehend betrachtet und neue Ergebnisse bezüglich der hierzu erforderlichen Metrikberechnung erzielt. Ebenso fanden – nach der Vorstellung des sequenziellen Algorithmus LISS in-

nerhalb eines Tutorials – zusätzliche Diskussionen mit Dr. John Thompson und Luis Barbero im Zusammenhang von komplexitätsreduzierten Implementierungsstrategien für Detektoren in Mehrantennensystemen statt.

Neben den ausgezeichneten Möglichkeiten zur fachlichen Kooperation bietet Edinburgh vorzügliche Freizeitmöglichkeiten. Im historischen Kern der Stadt befindet sich das Edinburgh Castle, die High Kirk of St. Giles, das Parliament House und der königliche Holyrood Palace. Ebenso kann man zahlreiche Kunstgalerien – wie die National Gallery of Scotland, die Royal Scottish Academy, die Dean Gallery – sowie das Museum of Scotland besichtigen, das sich mit der politischen, sozialen und industriellen Entwicklung Schottlands beschäftigt.

Für technikgeschichtliche Exponate einschließlich einer großen nachrichtentechnischen Abteilung ist das Royal Museum zu empfehlen. Hier gibt es aber auch eine Zoologieabteilung mit gentechnischen Aspekten, wie übrigens auch dem Klonschaf Dolly, eine Geologieabteilung und weitere Abteilungen mit archäologischen Exponaten aus Asien, Afrika und Ägypten. Gut erreichbar von Edinburgh ist außerdem Glasgow, das sich in den letzten Jahren von der reinen Industriemetropole wegentwickelt und nun den Titel Kulturhauptstadt Europas verliehen bekommen hat. Äußerst reizvoll sind zudem die durch das raue Klima geformten Highlands im Norden.

Die immer freundlichen und hilfsbereiten Schotten haben in vielerlei Weise dazu beigetragen, dass ich mich während meines Forschungsaufenthalts sehr wohlfühlt habe.

During the European winter 2005/2006 I spent three and a half month at the National ICT Australia Research Institute (NICTA) in Canberra. I worked with the group of Mark Reed within the wireless signal processing program. The areas of research were iterative detection and decoding of multi-user and multi-layer systems. The cooperation was very fruitful and we achieved promising results in the design and optimization of such systems. In particular, we investigated new receiver architectures and the optimization of the power allocation using EXIT charts. During the Australian Communication Theory Workshop in Perth and the visit to the Institute for Telecommunications Research (ITR) in Adelaide I had the opportunity to learn more about the Australian research community.

My visit to Canberra was a great experience. I had the chance to meet many interesting personalities and to discover wonderful places within Australia. Trips included the sights and beaches and spectacular national parks along the east coast. I was impressed by the hospitality and the friendliness of the Australians.

Mark Reed von National Information and Communications Technology Australia (NICTA) – dem bekannten Forschungsinstitut in Canberra – besuchte unseren Lehrstuhl im Juli 2004. Wie bei allen Gästen am LNT üblich, hielt er einen Vortrag über seine Arbeiten, und wir konnten uns anschließend mit ihm persönlich über unsere Forschungstätigkeiten unterhalten. Im Gespräch mit Prof. Hagenauer kam der Vorschlag auf, dass Mitarbeiter des LNT einige Zeit in Australien verbringen könnten.

Ich musste nicht lange überlegen und brach im November 2005 für

Frank Schreckenbach über seinen Forschungsaufenthalt in Australien

dreieinhalb Monate nach Canberra auf. Der Forschungsaufenthalt wurde durch die Kooperation des EU-Netzwerks „NEWCOM – Network of Excellence in Wireless Communications“ mit dem australischen Pendant „ACoRN – ARC Communications Research Network“ finanziell unterstützt.

Mein Gastgeber Mark Reed hatte von australischer Seite aus alles perfekt organisiert. Ich wurde vom Flughafen abgeholt und bezog ein Zimmer in einem nur 200 Meter von der Arbeit entfernten Studentenwohnheim. Bei NICTA bekam ich einen geräumigen Arbeitsplatz mit bester Ausstattung in einem klimatisierten Raum, was bei Außentemperaturen bis zu 40° kein außergewöhnlicher Luxus ist.

Das Forschungsinstitut „NICTA“ wurde von der australischen Regierung zur Förderung von Wissenschaft und Innovation gegründet. Deren Aufgaben beinhalten Forschung, Lehre und Vermarktung der Ergebnisse, alles in enger Zusammenarbeit mit Universitäten und der Industrie. Das Forschungszentrum in Canberra ist der Australian National University angegliedert und einer von fünf NICTA-Standorten in Australien. Mitarbeiter sind Professoren, wissenschaftliche Angestellte und Ph.D.-Studenten aus allen Ländern der Welt.

Ich habe in der Gruppe „Wireless Signal Processing“ mitgearbeitet, insbesondere mit Mark Reed, Zhenning Shi und David Shepherd. Unsere Forschungsgebiete haben sehr gut zusammengepasst, so dass im Bereich der iterativen Detektion in Codierten Mehrbenutzer- und Mehrschichtensystemen interessante Ergebnisse erzielt werden konnten. Untersucht wurden neue Systemarchitekturen und die Optimierung der Leistungszuordnung mit Hilfe von EXIT-Charts. Bei einem Besuch bei Lars Rasmussen und Alex Grant am Institute for Telecommunications Research (ITR) in Adelaide und dem Australian Communication Theory Workshop (AusCTW) in Perth konnte ich weitere australische Forschungstätigkeiten kennen lernen.

Das Arbeitsklima in der Gruppe um Mark Reed war sehr gut. Auch wurden mehrere Veranstaltungen während meines Aufenthaltes organisiert. So waren wir zusammen auf einem eintägigen Cricketspiel – normalerweise gehen diese Spiele über mehrere Tage. Meine australischen und indischen Kollegen hatten während des Spieles ausreichend Zeit, um mir die Feinheiten dieses in Deutschland eher unbekanntes Sports zu vermitteln. Zudem sind Australier passionierte Griller, und es wurde keine Gelegenheit ausgelassen, an den Sommerabenden ein schönes Grillfest zu organisieren. Schließlich sind mir die ausgedehnten Mountainbiketouren mit Kollegen in das bergige Umland von Canberra in sehr guter Erinnerung.

Canberra hat in Australien den Ruf, im Vergleich zu den Metropolen Sydney oder Melbourne eine eher ruhige Stadt zu sein. Die Stadt wurde 1913 als neue Hauptstadt Australiens von Grund auf neu erbaut und hat dadurch viele elegante Regierungsgebäude, eine ganze Reihe ausgezeichneter Museen, schöne Grünanlagen und einen großen, künstlich angelegten See. Das bergige Umland von Canberra bietet viele Freizeitmöglichkeiten und wirkt durch eine subtropische Vegetation, die bunten Vögeln und die vielen Kängurus auf uns Europäer sehr exotisch. An Wochenenden habe ich die Zeit genutzt, um das Opernhaus und die Harbour Bridge in Sydney zu besichtigen, in diversen Nationalparks zu wandern und nicht zuletzt die spektakuläre Küste am Pazifischen Ozean zu erforschen.

Insgesamt habe ich mich in Australien sehr wohl gefühlt und war von der Gastfreundschaft und der gelassenen Lebenseinstellung der Australier sehr angetan. Der Aufenthalt war in jeder Hinsicht lohnend. Zum Turbo-Symposium im April 2006 waren dann NICTA-Mitarbeiter zum Gegenbesuch in München, und wir konnten ihnen das Leben in München mit deftigem Essen, gutem Bier und schöner Alpenlandschaft auch ein bisschen näher bringen.

Christoph Hausl über seinen Forschungsaufenthalt in Princeton

In summer 2006 I spent three months at a research lab of Siemens Corp. in Princeton, New Jersey, in the USA. I worked with Dr. Aik Chindapol and PhD students of American universities in the area of relay communication for cellular based communication systems.

During my stay in the USA, I could improve my knowledge about practical aspects of relay communication which will help me for my further work at the institute. Moreover, we developed new ideas about the design of channel codes. It was possible to visit seminars at Princeton University about the current research topics in Communications Engineering.

Im Sommersemester 2006 verbrachte ich mehr als drei Monate bei einem Forschungslabor der Siemens Corp. in Princeton in den USA. Princeton liegt südöstlich von New York im Bundesstaat New Jersey. Mit dem Zug kann man von dort aus in einer Stunde New York erreichen. Genausoweit ist Philadelphia in südöstlicher Richtung entfernt. Außerdem kann man mit dem Auto von Princeton aus die Küste mit schönen Badestränden in einer Stunde erreichen.

Die Stadt Princeton hat ungefähr 15000 Einwohner und wird durch die dortige Universität dominiert, die 1746 gegründet wurde und zu den fünf ältesten Universitäten in den USA gehört. Der großzügige Campus der Princeton University nimmt einen Großteil des Stadtgebiets ein.

Mein Betreuer bei Siemens war Dr. Aik Chindapol, der sich unter anderem intensiv mit dem durch den Industrieverbund WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) vorangetriebenen Funkkommunikationsstandard IEEE 802.16 befasst. Dieser neue Standard bietet drahtlosen Internetzugang und wird in einigen Ländern bereits benutzt. Im Gegensatz zu IEEE 802.11 – einem Standard für WLAN (Wireless Local Area Network) – ist 802.16 ein so genannter WMAN (Wireless Metropolitan Area Network)-Stan-

dard, der größere Entfernungen zwischen Basisstation und Benutzer erlaubt. Ein weiterer Unterschied zwischen den beiden Standards ist, dass 802.16 in lizenzierten Frequenzen betrieben wird. Es darf also nicht – wie beim 802.11 – jeder Betreiber seine eigene kleine Basisstation aufstellen, sondern man muss wie auch bei GSM oder UMTS dafür beim Staat eine Lizenz erwerben. Solch ein zentral gesteuertes Netz bietet zudem die Möglichkeit, dass die Verbindung erhalten bleibt, wenn man sich von dem Bereich einer Basisstation in den Bereich einer anderen bewegt (Handover). Bei 802.11 muss man sich in einer solchen Situation bei einer Station erst abmelden und die Verbindung unterbrechen, um sich dann bei der neuen wieder einzuwählen.

Eine mögliche Anwendung des Standards IEEE 802.16 ist die Datenübertragung über die „letzte Meile“ per Funk als Ersatz zu derzeitigen drahtgebundenen Lösungen wie zum Beispiel DSL. Die Anwendungen von IEEE 802.16, für den die Siemens Corp. in Princeton Basisstationen verkauft, überschneiden sich mit denen anderer Standards, die ebenfalls drahtlosen Internetzugang in lizenzierten Frequenzen ermöglichen – zum Beispiel UMTS.

Momentan wird an der Erweiterung 802.16j des ursprünglichen Standards gearbeitet, die den Einsatz von Zwischenstationen (Relays) unterstützen soll. Sollen beispielsweise Daten von einem Benutzer zur Basisstation übertragen werden, so hört das Relay die Übertragung des Benutzers mit und unterstützt dann die Datenübertragung mit seiner eigenen Aussendung zur Basisstation.

Mit Hilfe von Relays können die vorhandenen Bandbreiten effizienter genutzt und die zu einer Basisstation gehörige Zelle vergrößert werden. Letztendlich ergeben sich für Benutzer in der Nähe des Relay größere Datendurchsätze.

In meinen bisherigen Arbeiten in München habe ich mich vorwiegend mit der Codierungs- und Informati-

onstheorie für Relayübertragungen beschäftigt. Dieses Spezialwissen konnte ich in Princeton bei der Erweiterung 802.16j gut einbringen. Andererseits habe ich bei diesem Forschungsaufenthalt vieles über die eher praktischen Aspekte der Relayübertragung gelernt, was mir bei meinen weiteren Arbeiten am Lehrstuhl hilfreich sein wird.

Neben den Arbeiten zur Relayübertragung entstanden zusammen mit Dr. Chindapol neue Ideen zum Design von Kanalcodes. Dabei hat die Zusammenarbeit mit Doktoranden amerikanischer Universitäten, die auf einem ähnlichen Gebiet wie ich arbeiten und ebenfalls ein paar Monate bei Siemens Corp. verbrachten, zu interessanten Diskussionen und Ergebnissen geführt.

Die Nähe zur Universität in Princeton erlaubte es, dortige Veranstaltungen zu besuchen. Beispielsweise war ich Teilnehmer eines Seminars über aktuelle Forschungsthemen aus dem Bereich Nachrichtentechnik. In diesem Seminar gab es auch einen Vortrag meines früheren Diplomarbeitbetreuers João Barros, inzwischen Professor an der Universität im portugiesischen Porto.

Princeton ist vorwiegend europäisch geprägt und besitzt ein Zentrum mit vielen kleinen Geschäften, Cafés und Restaurants, wo man sich zu Fuß bewegt und wo es manchmal sogar schwierig ist, einen Parkplatz zu finden. Dieser Auslandsaufenthalt gab mir die Möglichkeit, die Vereinigten Staaten besser kennen zu lernen. Insbesondere New York ist sehr vielfältig und hat sehr viele Attraktionen zu bieten. Ich habe bei meinem Besuch festgestellt, dass die USA ein Land mit sehr vielen Facetten ist, von denen ich noch lange nicht alle kennengelernt habe.

Nebenstehend sind diejenigen Vorträge von Besuchern des Lehrstuhls für Nachrichtentechnik zusammengestellt, die nicht im Rahmen der in anderen Kapiteln aufgeführten Seminare oder bei einer der in Kap. 9 dargelegten Veranstaltungen gehalten wurden.

Die Vorträge am 8. und 15. Juli 2005 fanden im Rahmen des Kolloquiums „Kommunikationstechnik“ statt, das von der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik am Lehrstuhl für Nachrichtentechnik veranstaltet wurde.

10.3 Vorträge von Gästen

- 16.06.2005 Prof. Dr. Daniel Costello Jr., University of Notre Dame, USA:
Turbo Equalization for the Nightmare Channel
- 08.07.2005 Dr. Gerhard Kramer, Bell Labs, USA:
Communication Strategies and Coding for Relaying
- 08.07.2005 Dr.-Ing. Stephan ten Brink, Realtek Semiconductors, USA:
Kanalangepasste Codierung
- 08.07.2005 Prof. Dr.-Ing. Martin Bossert, Universität Ulm:
Downlinkübertragung und der Broadcastkanal
- 08.07.2005 Prof. Dr.-Ing. Ralf Kötter, University of Illinois at Urbana-Champaign, USA:
Coded Transmisison of Information – New Challenges and Opportunities
- 08.07.2005 Prof. Dr.-Ing. Peter A. Höher, Universität Kiel:
Interleave Division Multiple Access – Theorie und Anwendungen
- 15.07.2005 Prof. James L. Massey, Technical University of Denmark:
Is a Mathematical Theory of Cryptography Possible?
- 15.07.2005 Prof. Dr.-Ing. Ralf Müller, University Trondheim, Norwegen:
Von Spingläsern zu UMTS-Empfängern
- 15.07.2005 Dr.-Ing. Hans-Dieter Schotten, Qualcomm, Nürnberg:
Zur Bedeutung der Übertragungstechnik in mobilen Kommunikationssystemen
- 24.10.2005 Prof. Steve McLaughlin, Georgia Institute of Technology, USA:
The Wiretap Channel - Good Codes are good for Security
- 28.11.2005 Dr. Anton Leidl, EPCOS AG, München:
Radio Frequency Front End of Mobile Phones
- 14.12.2005 Dipl.-Ing. Virginia Corvino, University of Bologna, Italien
Buffer Management and Scheduling Strategies in a MC-CDMA System
- 20.12.2005 Prof. Dr.-Ing. habil. Norbert Görtz, University of Edinburgh, Schottland:
Bit-Signifikanzen und deren Anwendung in der sendeseitigen Signalverarbeitung
- 25.01.2006 Dr.-Ing. Dirk Wübben, Universität Bremen:
Lattice-Reduction and Sphere Detection
- 23.05.2006 Prof. Dr. Max H. M. Costa, State University of Campinas, Brasilien:
Multiplexing with Dirty Paper Coding

Zwischenstand nach zwei Jahren Lehrstuhl für Kommunikation und Navigation

Christoph Günther



Der Lehrstuhl für Kommunikation und Navigation – abgekürzt NAV – der TUM wurde im Dezember 2004 als weitgehend eigenständige Einrichtung geschaffen. Verwaltungstechnisch wird er dem Lehrstuhl für Nachrichtentechnik (LNT) zugerechnet und nutzt dessen Infrastruktur.

Derzeit beschäftigt der Lehrstuhl mit P. Henkel und – vom DLR finanziert – S. Graf zwei Mitarbeiter, die ebenso wie der externe Doktorand A. Schmid hier kurz vorgestellt werden sollen. Meine eigene Biografie finden Sie im letzten Bericht.

Dipl.-Ing. Sebastian Graf wurde 1980 in Nördlingen geboren. Bevor er 2001 zum Studium der Elektro- und Informationstechnik an die TU München wechselte, studierte er zwei Jahre Elektrotechnik an der Fach-



hochschule Augsburg. Er absolvierte 2003/04 im Rahmen des Sokrates-Programms ein halbjähriges Auslandsstudium an der University of Sussex in England. Im März 2005 beendete er sein Studium erfolgreich mit dem akademischen Grad „Diplomingenieur“.

Seit April 2005 ist er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Kommunikation und Navigation und beschäftigt sich mit dem Thema „Verifikation von Satelliten-Navigationssystemen“.

Dipl.-Ing. Patrick Henkel, 1979 in Fürstenfeldbruck geboren, studierte ab 2000 an der TU München Elektrotechnik. 2003/04 war er für ein Jahr an der Ecole Polytechnique de Montréal in Kanada.



In seiner Diplomarbeit bearbeitete er am Lehrstuhl für Nachrichtentechnik die „Iterative Decodierung von Quellencodes variabler Länge für Signal-Shaping“.

Seit April 2005 ist Patrick Henkel wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Kommunikation und Navigation und beschäftigt sich mit der Integrität von differenziellen Trägerphasenmessungen. Er ist auch an der Systemadministration beteiligt und trägt so zur Pflege und Weiterentwicklung der Infrastruktur am LNT bei.

Dipl.-Ing. Andreas Schmid schloss April 2003 sein Studium der Informations- und Kommunikationstechnik an der Universität Duisburg-Essen ab. In seiner Diplomarbeit am Fraunhofer-Institut für Mikroelektronische Systeme entwickelte er die Signalverarbeitung und Systemsoftware für ein mikroelektronisches Retina-Implantat für Blinde. Außerdem beendete er sein Auslands-



studium an der Nanyang Technological University Singapore im August 2001 mit dem Grad eines „Master of Science in Communication Software and Networks“. Seine Masters Thesis zum Thema Softwareagentensysteme absolvierte er am Information Communication Institute Singapore.

Seit Mai 2003 ist Andreas Schmid Systemingenieur bei Infineon Technologies. Daneben entwickelt er als externer Doktorand des Lehrstuhls für Kommunikation und Navigation neuartige Algorithmen und Architekturen für den Empfang von GPS- und Galileo-Signalen innerhalb von Gebäuden.

An dieser Stelle möchte ich Herrn Prof. Hagenauer und seinen Mitarbeitern am LNT für die Gastfreundschaft danken. Ebenso danke ich den studentischen Hilfskräften Helal Med Morshed und Anas Showk für geleistete Arbeit.

Lehre

Vom Lehrstuhl für Kommunikation und Navigation werden derzeit zwei Vorlesungen angeboten, die sowohl für Studierende des herkömmlichen Studiengangs „Elektrotechnik und Informationstechnik“ als auch im englischsprachigen MSCE-Programm als Wahlpflichtveranstaltungen gehört werden können. Im Wintersemester werden in der von Sebastian Graf betreuten „Satellite Navigation I“ die Grundlagen der Satelliten-

navigation dargelegt. In der ebenfalls englischsprachigen Vorlesung „Satellite Navigation II“ behandle ich – unterstützt durch Patrick Henkel – unter anderem die differenzielle Navigation sowie Verfahren der Trägerphasennavigation für sicherheitskritische Anwendungen. Eine detaillierte Auflistung der Inhalte beider Vorlesungen, die an den Forschungsschwerpunkten des Lehrstuhls ausgerichtet sind, findet man im Kapitel 3.5 dieses Berichts auf Seite 18.

Ab kommendem Wintersemester 2006/07 wird das Lehrangebot durch „Satellite Navigation Laboratory“ ergänzt. In diesem Praktikum sollen die Studierenden Satellitenverbindungen selbst vermessen und praktische Erfahrungen mit Navigationssystemen sammeln.

Forschung

Die Navigation bei sicherheitskritischen Anwendungen – zum Beispiel die Landung von Flugzeugen, das Manövrieren von Schiffen in engen Passagen oder elektronische Leitplanken für den Verkehr – ist ein hochinteressantes und ein sehr anspruchsvolles Themengebiet. Neben einer möglichst genauen Ortung ist dabei die Zuverlässigkeit der Positionsbestimmung von entscheidender Bedeutung. Es muss erkannt werden, wenn Ausfälle oder äußere Einflüsse die Genauigkeit der Positionsschätzung beeinträchtigen.

In enger Zusammenarbeit mit dem Institut für Kommunikation und Navigation des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Oberpfaffenhofen, das ebenfalls von mir geleitet wird, bearbeitet der Lehrstuhl das Thema Verifikation von Satelliten-Navigationssystemen mit einem besonderen Fokus auf den genannten sicherheitskritischen An-

wendungen. Zwei wichtige Instrumente des DLR können bei diesen Arbeiten genutzt werden:

- Die Antenne in Weilheim mit 30 Meter Durchmesser, mit der die rausch- und verzerrungsärmsten Messungen am ersten Testsatelliten GIOVE-A durchgeführt und dadurch die Signale charakterisiert werden konnten.
- Ein Netzwerk von Satelliten-Navigationsempfängern (EVNet). Hiermit wurde eine Prozessierungskette für EGNOS aufgebaut und es wird die Bewertung eines sicherheitskritischen Systems und dessen Weiterentwicklung angestrebt. Diese Arbeiten sind im Beitrag von S. Graf auf S. 107 beschrieben.

Mit heutigen Verfahren für solche sicherheitskritischen Anwendungen können bestenfalls Navigationsfehler von 50 Metern mit ausreichend kleiner Unsicherheit ($< 10^{-7}$) erkannt werden.

Für viele Anwendungen ist dies nicht ausreichend, vielmehr werden immer wieder Genauigkeiten unter einem Meter gefordert. Hierfür muss auf so genannte Trägerphasenverfahren zurückgegriffen werden. Diese haben den Vorteil, per se höhere Genauigkeiten zu liefern und gleichzeitig weniger anfällig gegenüber Mehrwegeausbreitung zu sein. Voraussetzung für die Anwendung solcher Verfahren ist die Ableitung von Schranken, durch die Fehler mit großer Wahrscheinlichkeit beschränkt werden. Die Arbeiten in diesem Umfeld, die aufgrund der komplexen Prozessierung bei Trägerphasenverfahren schwierig sind, werden auf Seite 108 von Patrick Henkel unter „Integrität für Trägerphasenverfahren“ beschrieben.

Für den erhofften Erfolg im Massenmarkt ist eine Grundvoraussetzung, dass die Navigationsdienste nicht nur im offenen Gelände, sondern auch in Straßenschluchten und Gebäuden zur Verfügung stehen. Der externe Doktorand Andreas Schmid von Infineon Technology hat ein neues und sehr erfolgreiches Verfahren zur Steigerung der Empfängerempfindlichkeit entwickelt (siehe Seite 109). Das Prinzip lässt

sich parallel zu anderen Maßnahmen mit geringer Komplexität umsetzen und erlaubt die Verwendung von etwa zwanzigmal schwächeren Signalen für die Positionsbestimmung.

Die Publikationen des Lehrstuhls für Kommunikation und Navigation zu diesen Forschungsthemen – ein Zeitschriftenbeitrag (Montenbruck et al.) und acht Beiträge in Tagungsbänden – sind im Kapitel 8.5 auf Seite 72 zusammengestellt.

Akademische Arbeiten

Im Berichtszeitraum wurde eine Studienarbeit (SA) und eine Diplomarbeit (DA) abgeschlossen:

21.05.2005 Markus Rippl (SA):
Locating Optimal Navigation Satellite Configurations
Betreuer: Sebastian Graf

12.12.2005 Olivier Maillard (DA):
Choices of Modulation for Galileo
Betreuer: Dr. Steingäß (DLR)
Prof. Günther

SSETI-Team an der TU München

Der Lehrstuhl beheimatet außerdem die „Student Space Exploration and Technology Initiative – SSETI“. Unter diesem Name firmiert eine europaweite Vernetzung studentischer Kompetenzen mit dem Ziel, Satellitenprojekte durchzuführen. Das Team der TU München hat im Rahmen der ersten Mondmission vielfältige Aufgaben aus der Kommunikation übernommen, nämlich das Architekturkonzept, die Umsetzung der Protokolle für Layer 2 und 3 und die Bereitstellung einer Bodenstation.

Tätigkeit in

Wissenschaftsgremien

- Mitglied in den Fachausschüssen 5.1 (Informations- und Systemtheorie) und 7.2 (Funksysteme) der ITG,
- Mitglied im Programmkomitee des Turbo Coding Symposiums 2006,
- Mitglied im „Euro-Lab Advisory Board“ von NTT-DoCoMo,
- Mitglied der „FP7 Advisory Group of Experts (FAGE)“ der EU,
- Mitglied in Berufungskommissionen von TUM und DLR.

Verifikation von Satelliten-Navigationssystemen

Sebastian Graf und Christoph Günther



The European navigation systems Galileo and EGNOS are in the development and validation phase, respectively. The chair aims at contributing to the validation of these systems with a particular emphasis on safety critical services. Measurements of the first Galileo Satellite GIOVE A have been carried out to identify the spreading codes and additionally, they aided to identify signal deformations.

The necessity to continue broadcasting the EGNOS fast correction messages, originally built for SA compensation, is being investigated. A configurable processing chain was built for that purpose. The work is done in close cooperation with the German Aerospace Center, DLR.

Gegenwärtig sind verschiedene Satelliten-Navigationssysteme in der Entwicklungs- und Verifikationsphase. So wurde am 28. Dezember 2005 mit „GIOVE A“ der erste Galileo-Satellit zur Sicherung der Frequenzbänder und für erste Signaltests in Umlaufbahn gebracht. Etwas später, am 1. Juli 2006 wurde EGNOS für den operationellen Betrieb von nicht sicherheitskritischen Anwendungen freigegeben. Die Freigabe für sicherheitskritische Anwendungen, wie sie im Flugverkehr und bei allen anderen Verkehrsformen auftreten, steht noch aus.

In enger Zusammenarbeit mit dem DLR in Oberpfaffenhofen wird die Funktionsweise dieser Systeme im Hinblick auf potenzielle Schwachstellen weiter analysiert. Dies soll zu einer zügigen Inbetriebnahme der Systeme beitragen und eine sinnvolle Weiterentwicklung ermöglichen.

Eine erste systematische Messkampagne am ersten Galileo-Satelliten „GIOVE A“ wurde bereits zwei Tage nach dessen Inbetriebnahme begonnen. Mit der 30-Meter-Antenne des DLR in Weilheim konnten besonders rausch- und verzerrungsarme Messungen durchgeführt werden. Dabei musste auch der damals un-

bekannte Spreizcode des Signals mitbestimmt werden.

Die Abbildung zeigt die Signalstruktur des im E2-L1-E1-Band aufgenommenen Signals. Eigentlich sollte das Signal aus drei parallelen Balken bestehen. Im Bild sind die Strukturen nicht parallel und die zentrale Struktur besitzt außerdem ein Auge. Die aus unserer Sicht plausibelste Erklärung hierfür ist, dass das Auge durch einen nichtlinearen Phasengang des Sendefilters und die imperfekte Parallelität durch die Nichtlinearität des Leistungsverstärkers verursacht werden.

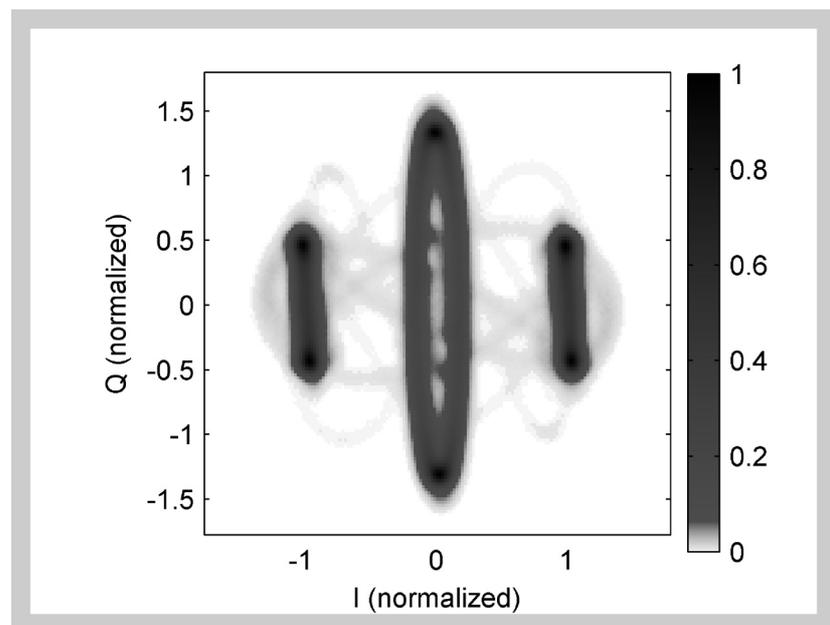
Die die vorliegenden Signalmodifikationen verursachenden Parameter wurden geschätzt. Dies ist ein Beispiel für eine Diagnose durch Signalanalyse. Die ESA, die unabhängig zu ähnlichen Schlüssen gekommen war, hat den Sender inzwischen neu parametrisiert, wodurch das Auge verschwunden ist.

Die Systeme WAAS (USA) und EGNOS (EU) senden Korrekturen über geostationären Satelliten, die eine höhere Genauigkeit und vor allem die Bewertung der Zuverlässig-

keit der Position ermöglichen. Die Systeme wurden zu Zeiten entwickelt, als das GPS-Signal in den USA künstlich verschlechtert wurde (Selective Availability – SA). Dies ist heute nicht mehr der Fall. Dennoch werden die Korrekturen zur Behebung der SA nach wie vor ausgestrahlt und auch benötigt, um die Spezifikationen einzuhalten. Dies ist ein möglicher Hinweis darauf, dass andere Mechanismen ihre Funktion nicht voll erfüllen. Um dies vertieft untersuchen zu können, wurde eine EGNOS-Prozessierungskette aufgebaut. Die weiterführenden Analysen stehen noch aus.

Literatur:

- [1] Montenbruck, O.; Günther, C.; Graf, S.; Garcia-Fernandez, M.; Furrhner, J.; Kühlen, H.: GIOVE-A Initial Signal Analysis. In: *GPS Solutions*, March 2006



Signalraumdiagramm des ersten Galileo-Satelliten „GIOVE A“, gemessen am 24.01.2006 mit der 30-Meter-Parabolantenne des DLR in Weilheim

Integrität für Trägerphasenverfahren

Patrick Henkel und Christoph Günther

In this research work, we consider highly accurate but ambiguous carrier phase measurements. We focus on the reliability of the integer ambiguity resolution and the impact of error-prone ambiguity estimation on the relative positioning error.

We determine the probability density function of the baseline error and deduce horizontal and vertical protection levels. Both accuracy and integrity are improved by combined code-carrier double difference measurements. We investigate stepwise ambiguity resolution with multiple frequencies including the super wide-lane Galileo signal.

Die Genauigkeit der Positionsschätzung wird durch die Verwendung differenzieller Größen erheblich gesteigert: Satellitenbahn-, Ionosphären- und Troposphärenfehler werden durch Differenzbildung zwischen der eigentlichen Messung und einer

Messung an einer bis zu 100 km entfernten Referenzstation um zwei Größenordnungen reduziert.

Hochgenaue Positionierungsverfahren verwenden neben dem Code die Trägerphase des Satellitennavigationssignals. Die hohe Genauigkeit der Phasenmessungen ist in der kurzen Wellenlänge begründet, die 1500 Mal kleiner ist als die in Metern ausgedrückte Länge eines Codechips. Ein Nachteil von Trägerphasenmessungen ist ihre Mehrdeutigkeit. Das Signal wiederholt sich nach Durchlaufen einer Wellenlänge. Die Anzahl Vielfacher der Wellenlänge (integer ambiguity) muss aus wiederholten Messungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten und/oder mithilfe des Codes geschätzt werden.

Wir analysieren die Wahrscheinlichkeitsverteilung des relativen, sowohl horizontalen als auch vertikalen Positionsfehlers und leiten daraus Fehlergrenzen ab, die mit einer Wahrscheinlichkeit von nur 10^{-7} überschritten werden.

Die Abbildung zeigt eine Simulation der horizontalen und vertikalen Fehlergrenzen für Galileo mit einer Referenzstation an der TUM unter

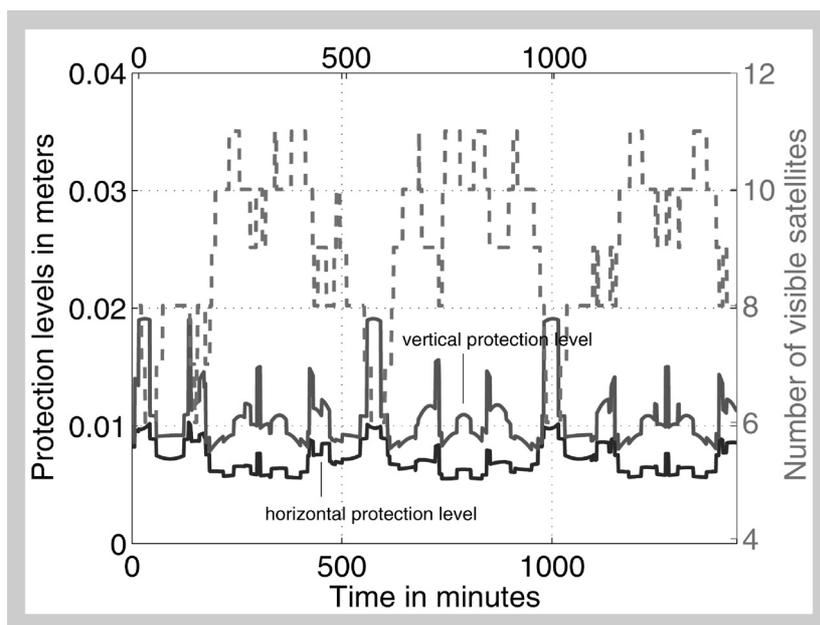
Berücksichtigung der Varianz des Phasenrauschens. Eine niedrige Anzahl an sichtbaren Satelliten führt zu erhöhten Fehlerschranken. Es wurde ein neuartiger echtzeitfähiger Algorithmus für diese Fehlergrenzen entwickelt, der die Phasen- und Code-messungen von nur einem einzigen Zeitpunkt benötigt. Wir betrachten die geschätzten Mehrdeutigkeiten als stochastische Größen, so dass die Rundung mitberücksichtigt werden muss. Desweiteren wenden wir eine Dekorrelations-Transformation an. Diese ist erforderlich, da die verwendeten Doppeldifferenzmessungen mit einem gemeinsamen Referenzsatelliten und einer gemeinsamen Referenzstation stark korreliert sind.

Die Differenzbildung der Messungen von verschiedenen Satelliten beseitigt den Uhrenfehler des Benutzers. Auf ähnliche Weise wird der Uhrenfehler der Satelliten durch die Differenz der eigentlichen Messung und der an einer Referenzstation entfernt. Jedoch wird das Rauschen durch die Differenzbildung verstärkt.

Der Algorithmus für die Fehler-schranken wurde für Mehrfrequenz-empfänger erweitert. Die Differenz zwischen den Trägersignalen verschiedener Frequenzen weist eine erheblich größere Wellenlänge (super wide-lane) auf und vereinfacht damit die Mehrdeutigkeitsschätzung. Das im Vergleich zum Trägersignal erheblich ungenauere Codesignal ist bei der Auflösung der „super wide-lane“-Mehrdeutigkeiten hilfreich.

Aus den horizontalen und vertikalen Fehlergrenzen können so genannte „Protection Levels“ abgeleitet werden, wobei der Fehlerbeitrag der Mehrwegeausbreitung durch eine obere Schranke abgeschätzt werden kann.

Die Simulation dieser Protection Levels erfordert die Auswertung der Verteilungsfunktion einer mehrdimensionalen Gaußverteilung, die wir mithilfe von „Importance Sampling“ approximieren.



Horizontale und vertikale Fehlergrenzen für die Echtzeitpositionierung mit Galileo ohne Berücksichtigung der Mehrwegeausbreitung

Akquisition von Navigationssignalen

Andreas Schmid und Christoph Günther



Navigation receivers for mobile phones and PDAs need to provide low power consumption and indoor coverage, i.e. a high sensitivity. Differential correlation is introduced as a new method to increase the sensitivity by as much as 13 dB. This is achieved by a reduced sensitivity to noise and the capability to adapt the frequency and the length of coherent integration.

Die Navigationsfähigkeit von persönlichen Geräten wie Handy, PDA und dergleichen wird eine Vielfalt von neuen Diensten ermöglichen. Der Erfolg dieser Dienste wird allerdings kritisch von ihrer Verfügbarkeit und dem Energieverbrauch der Geräte abhängen.

Der Fokus der hier beschriebenen Untersuchungen im Rahmen einer externen Doktorarbeit lag auf der Erhöhung der Empfindlichkeit des Navigationsempfängers. Damit lässt sich der Empfangsbereich im Inneren von Gebäuden erweitern, also in Bereichen, bei denen die Satellitensignale durch Decken und Mauerwerk teilweise beträchtlich gedämpft werden.

Um den Leistungsverbrauch zu reduzieren, wird in der genannten Gerätekategorie die Elektronik immer wieder in Schlafzustände versetzt. Entsprechend wird das Signal bei jeder Positionsbestimmung neu akqui-

riert. Die Akquisition sollte zudem möglichst schnell erfolgen, einerseits, um die Latenzzeit zwischen der Anforderung einer Position und deren Bereitstellung zu minimieren, aber auch, um den Geräteverbrauch zu minimieren.

Die Signale der Satelliten-Navigationssysteme sind Spreizbandsignale und liegen ca. 30 dB unter dem Rauschpegel. Deshalb müssen sie durch entsprechende Spreizverfahren angehoben werden, wobei das Signal mit einer lokalen Kopie seiner selbst multipliziert ($-1^2 = 1$) und über ein mehr oder weniger langes Intervall integriert wird. Der Prozessgewinn ist maximal, wenn die lokal erzeugte Trägerfrequenz exakt mit derjenigen des empfangenen Signals übereinstimmt. Allerdings wird bei einem Frequenzversatz von Δf und einer Integrationsdauer $T_i \approx 1/\Delta f$ das Signal weitestgehend ausgelöscht.

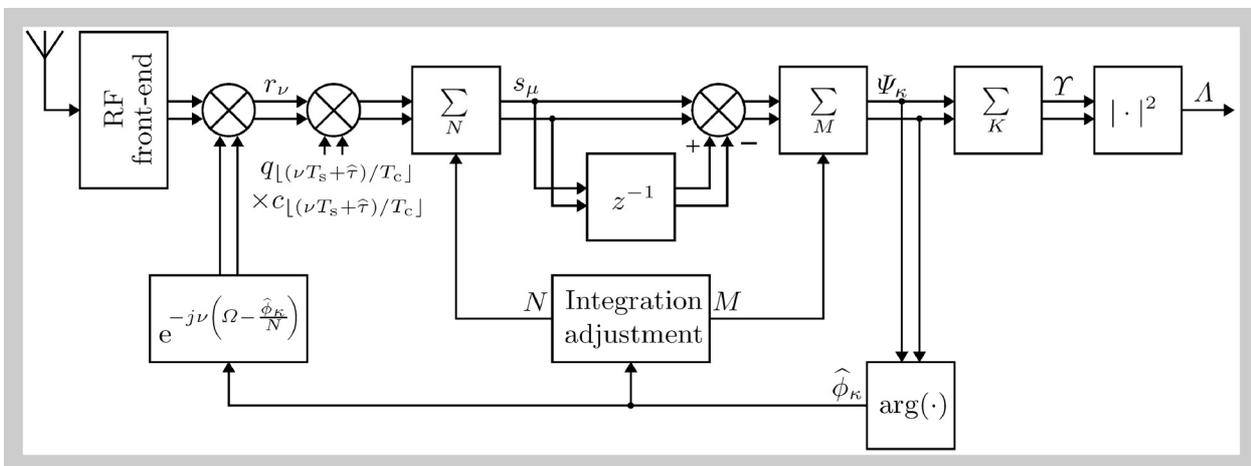
Hohe Prozessgewinne erfordern lange Integrationszeiten und damit einen kleinen Frequenzversatz. Die Dopplerverschiebung kann jedoch bis zu 5 kHz betragen. Bei einer Integrationsdauer von 20 ms muss dieser Bereich in Schritten von ca. 30 Hz abgesucht werden. Die massive Parallelisierung bis zu effektiv 250.000 Korrelatoren ist ein erster und naheliegender Ansatz, um die Aufgabe zu lösen.

Ein zweiter Ansatz liegt in der Aufteilung der Akkumulation in eine kohärente (zuvor beschriebene) und eine inkohärente Akkumulation. Letztere ist nicht mehr vom Frequenzfehler abhängig, dafür wächst aber auch der Prozessgewinn nur noch mit der Wurzel der Integrationsdauer.

Als weitere Alternative wird in der Promotionsarbeit die differenzielle Korrelation betrachtet. Sie bietet neben einem verbesserten Rauschverhalten auch gleichzeitig die Möglichkeit, die Frequenz zu schätzen und zu korrigieren, sowie die Länge der kohärenten Integration zu optimieren. Der kombinierte Empfänger ist in der Abbildung dargestellt. Der Gewinn des neuen gegenüber den bisherigen Verfahren kann bis zu 13 dB betragen.

Literatur:

- [1] Schmid, A.; Günther, C.; Neubauer, A.: Adaptive Frequency Correction Method for Enhanced Sensitivity CDMA Acquisition, In: *Proc. IEEE Global Telecommunications Conference (IEEE Globecom '05), St. Louis, MO, USA, Nov. 2005*



Differenzielle Korrelation mit Frequenzkorrektur und adaptiver Anpassung des kohärenten Integrationsintervalls



12.1 Tätigkeit in der (Akademischen) Selbstverwaltung

Joachim Hagenauer:

- Mitglied in mehreren Berufungskommissionen der Fakultät EI (seit 1993)
- Betreuer der Studenten des Maximilianeums (seit 1993)
- „Program Director“ des Studiengangs MSCE der Fakultät EI (seit 1998)

Norbert Hanik:

- Mitglied der Arbeitsgruppe „Lehramt an Beruflichen Schulen“ in der Fakultät EI (seit 2004)
- 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)

Gert Hauske:

- Mitglied im DHP-Ausschuss der Fakultät EI (1972–2006)
- Vorsitzender des BAFöG-Ausschusses der Fakultät EI (1974–2006)
- Mitglied im Promotionsausschuss der Fakultät EI (1995–2006)

Manfred Jürgens:

- Mitglied des Personalrats der Technischen Universität München zur Vertretung der Beamten (seit 2000)

Pavol Hanus:

- Program Manager of the MSCE Program (seit 2004)

Günter Söder und Klaus Eichin:

- Mitglieder im Arbeitskreis Multimedia der TU München (seit 1998)

12.1 Tätigkeit in der (Akademischen) Selbstverwaltung

12.2 Tätigkeit in Gremien und wissenschaftlichen Vereinigungen

12.3 Neuerungen in der Infrastruktur

12.4 Nomor – Es läuft: Aus der Garage in den Hinterhof

12.5 Feste – Feiern

12.2 Tätigkeit in Gremien und wissenschaftlichen Vereinigungen

Joachim Hagenauer:

- Mitglied in Programmkomitees verschiedener Tagungen
- Koordinator und Vortragender der Lehrgangreihe „Digitale Kommunikation und Informationstechnik“ der CCG-Oberpfaffenhofen (seit 1978)
- Fellow der Information Theory (IT) Society des IEEE (seit 1993, 1996 – 2002 im Board of Governors)
- Mitglied der Kommission C der U.R.S.I. Committee of the Federal Republic of Germany (seit 1994)
- Mitglied im Münchner Kreis, einer übernationalen Vereinigung für Kommunikationsforschung (seit 1994)
- Distinguished Lecturer of the IEEE COMSOC Society (seit 1996)
- Mitglied im Auswahlausschuss des Deutschen Akademischen Austauschdienstes (seit 2001)
- Mitglied im Konvent „acatech“ der Deutschen Akademien der Wissenschaften (seit 2002)
- Vorsitzender des Preiskomitees des Vodafone-Innovationspreises (seit 2003, Mitglied seit 1998)
- Vorsitzender des Kuratoriums der Eduard-Rhein-Stiftung (2003–2005, Mitglied seit 1998)
- Mitglied der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (seit 2003)
- Vorsitzender des BAdW-Forums „Technologie“ (seit 2003)
- Mitglied im IEEE Richard W. Hamming Medal Committee (seit 2003)
- Mitglied im Executive Board of the Network of Excellence in Wireless Communications – NEWCOM (2004–2005)
- Vorstand des Internationalen Begegnungszentrums (IBZ, seit 2004)
- Vorstand der Eduard-Rhein-Stiftung (seit 2006)

Joachim Hagenauer und Frank Schreckenbach:

- Leader of the Workpackage „WPS1 – Workshops and Conferences“ (seit 2004)

Bernhard Göbel und Johanna Weindl:

- Assistant Program Manager des Tempus-Projekts CITPER (seit 2005 bzw. 2006)

Norbert Hanik:

- Mitglied der ITG-Fachgruppe 5.3.1 „Simulation und Modellierung optischer Komponenten und Systeme“ (seit 1999)
- Mitglied im Programmkomitee der Konferenz „Asian Pacific Optical and Wireless Communication“ (seit 2002)

Gert Hauske:

- Mitglied der „Association for Research in Vision and Ophthalmology“ – ARVO (seit 1980)
- Editor-in-Chief der Zeitschrift *Biological Cybernetics* (1992–2006)

Günther Liebl und Thomas Stockhammer

- Mitglied in verschiedenen Standardisierungsgremien der ITU und ETSI (seit 2001)

12.3 Neuerungen in der Infrastruktur

Günter Söder



Auch im zurückliegenden Berichtszeitraum wurden – trotz der Knappheit öffentlicher Gelder allgemein und insbesondere im Hochschulbereich – wieder einige Anstrengungen unternommen, um die Infrastruktur am Lehrstuhl für Nachrichtentechnik gezielt zu verbessern. Exemplarisch sind nachfolgend die umfangreichen Umbaumaßnahmen im Gebäude N4 und Neuanschaffungen für das LNT-eigene Rechnernetz genannt.

Baumaßnahmen im Gebäude N4

Die Amtszeit von Prof. Hagenauer am Lehrstuhl für Nachrichtentechnik war – ohne sein Zutun – geprägt von Sanierungsarbeiten am Gebäude N4, das vom LNT gemeinsam mit dem Lehrstuhl für Technische Elektrophysik (Prof. Wachutka) genutzt wird. Bereits einige Monate nach seinem Amtsantritt im April 1993 wurde das bestehende Rechnernetz-Backbone durch ein neues – besser gesagt ein anderes gleicher Technologie – ersetzt, eine Baumaßnahme, die sich in allen Lehrstuhlräumen über etwa eineinhalb Jahre hinzog. Danach folgte 1996 die Einrüstung des Gebäudes N4, um die durch 40 Jahre Witterungseinfluss am stärksten in Mitleidenschaft geratenen Fenster notdürftig zu reparieren. Heute sieht man, dass es vielleicht besser und kostengünstiger gewesen wäre, alle Fenster in einem Zuge zu sanieren. Gleichzeitig wurde 1996 mit den ersten feuerpolizeilich bedingten Umbauten begonnen, die sich bis 1998 hinzogen. So wurde in der dritten Etage eine teure Glaswand zur Trennung von Flur und Treppenhaus eingezogen, die nun 2005 wieder abgerissen und durch eine Wand in Trockenbauweise ersetzt wurde.

Nachdem im Oktober 2006 die – hoffentlich – letzte Bauphase (Einbau von Brandschutztüren und feuerfesten Trennwänden, Generalüberholung der Heizung sowie die längst fällige Toilettensanierung) abgeschlossen sein wird, die mit besonders unangenehmen Einschränkungen für alle Mitarbeiter, Studenten

und Gäste des LNT in Form von Schutt, Schmutz und Lärm verbunden war, wollen wir nicht länger lamentieren, sondern danken insbesondere Herrn Schönleben, dass es letztendlich doch noch geklappt hat, und freuen uns auf eine künftig ungestörte Arbeitsumgebung.

Zwei bauliche Maßnahmen wurden vom LNT in Eigenregie und mit Eigenmitteln (durch Forschungsprojekte eingenommene Gelder) durchgeführt. 2005 wurde in unserem Serverraum eine Klimaanlage installiert, nachdem Temperaturen bis 40°C gemessen worden waren. Zudem sei nochmals die Neugestaltung unseres Seminarraums im Sommer 2001 erwähnt. Nach fünf Jahren intensiver Nutzung können wir konstatieren, dass sich die hierfür eingesetzten Investitionen für alle Dozenten und Studenten gelohnt haben.

Ausbau des LNT-Rechnernetzes

Erfolgreiche Forschung und Lehre in der Informationstechnik erfordert die Bereitstellung ausreichend vieler und ausreichend leistungsfähiger Rechner. Dieser Tatsache wurde im Berichtszeitraum wieder Rechnung getragen und die bestehende Rechnerinfrastruktur in angemessener Weise ergänzt und erneuert.

Inzwischen wurden die im März 2005 im Rahmen des WAP-Programms des Bundes und der Länder beschafften „Wissenschaftlichen Arbeitsplatzrechner“ installiert. Derzeit besteht das LNT-Rechnernetz aus ca. 130 PCs und Laptops unter den Betriebssystemen Suse Linux und Windows XP, viele davon mit zwei Pentium-3- bzw. 4-Prozessoren.

Nachdem unser über Jahre eingespieltes Administratorenteam Bäro, Kaindl, Liebl, Zangl großteils ausgeschieden ist, haben Janis Dingel, Stephan Hellerbrand und Patrick Henkel (vom NAV-Lehrstuhl) deren für alle LNT-ler äußerst wichtigen Aufgaben übernommen, unterstützt und beraten von Günther Liebl und Günter Söder. Die vielfältigen Tätigkeiten von Winfried Kretzinger bei der Systemwartung werden nun von Martin Kontny durchgeführt.

Die Übergabe hat erfreulich problemlos geklappt. Im Namen aller Nutzer danke ich allen Beteiligten herzlich für die geleistete Arbeit.



Unser nun vorbildlich organisierter Serverraum mit Klimaanlage

12.4 Nomor Research – Es läuft: Aus der Garage in den Hinterhof

Thomas Stockhammer und Ingo Viering

In September 2004 Nomor Research was founded in order to continue a successful cooperation between Siemens AG and TU Munich. From that time on Nomor Research is known for its simulation and demonstration know-how for complex and comprehensive systems such as HSDPA, HSUPA, MBMS, LTE, and WiMAX. The company continuously worked and is working on tools which enable to demonstrate the emerging and new technologies and leverage their introduction.

Nomor Research's products have been demonstrated successfully at major exhibitions such as 3GSM and 3G World Congress. In August 2005, adventurous days of a "garage company" passed and Nomor Research moved to its current office facilities in Munich, Giesing, which soon welcomes his 10th employee and also hosts the new web-site <http://www.nomor.de>. New tasks in the area of consulting, e.g. together with

the US company Digital Fountain, training, and prototype development have already been started or are in the setup phase. All of these new tasks require experienced and communicative new contributors – maybe Nomor Research can even rely on Emeritus Professor Hagenauer.

Im September 2004 wurde die Firma Nomor Research GmbH von Thomas Stockhammer, Ingo Viering und Joachim Hagenauer gegründet, um die erfolgreiche Zusammenarbeit zwischen der Siemens AG und der TU München bei der Entwicklung von ganzheitlichen Emulations- und Demonstrations-Plattformen für komplexe Mobilfunksysteme fortzusetzen. Als erster Mitarbeiter führte zunächst der frühere LNT-Mitarbeiter Christian Buchner die Geschicke der Software-Entwicklung von Nomor Research alleine.

Seit August 2005 sind die aufregenden Tage einer Garagenfirma vorerst passé. Nomor hat ein Hinterhof-Bürogebäude in München-Giesing bezogen und arbeitet inzwischen mit neun Mitarbeitern. Sechs von ihnen sind TUM-Absolventen, davon vier aus dem MSCE-Programm. Und

auch der zehnte Mitarbeiter steht bereits in den Startlöchern: Günther Liebl, ein Mann der ersten Stunde der Emulator-Idee, wird im Herbst 2006 Nomor Research beitreten. Ein weiterer Schritt in der Gründungsphase war die Erstellung eines Internetauftritts: Unter <http://www.nomor.de> finden Sie alle Details zur Firma.

Die gemeinsame Simulatorentwicklung mit Siemens erstreckt sich inzwischen auf verschiedene Systeme wie HSxPA, WiMAX, LTE und MBMS, die auf renommierten Messen wie der CeBIT oder dem 3GSM World Congress in Barcelona sowie bei Siemens-Kunden regelmäßig durchgeführt werden. Bisheriges Highlight war die Integration der Nomor-Software in die Pressekonferenz von Christoph Caselitz, Leiter von Mobile Networks bei Siemens Com, beim 3G World Congress in Hongkong.

Aufgrund der großen Erfahrung bei der frühzeitigen Umsetzung neuer Systeme wird Nomor Research inzwischen auch in verschiedene, über die Demonstrator-Entwicklung hinausgehende Entwicklungs- und Forschungsaufgaben mit eingebunden. Konsequenterweise wird dieses zweite Standbein „Beratung“ auch in der Kooperation mit anderen Firmen weitergeführt. Mit HP Labs Japan besteht ein Beratervertrag und eine Kooperation zur Nutzung unserer Software bei Applikationstests. BenQ mobile wird bei der 3GPP-Standardisierung durch Beiträge und Innovationen unterstützt. Schließlich kooperiert Nomor seit Mitte 2006 mit der US-Firma Digital Fountain, um deren Interessen in Europa bei Standardisierungen und gegenüber Firmen zu vertreten.

Neue Beratungsprojekte mit Netzbetreibern, Schulungsaktivitäten und Prototypen-Entwicklungen zeichnen sich ab. Sollte Herr Hagenauer Zeit und Muße finden, nach seinem Ruhestand in das operative Geschäft mit einzusteigen, dann ein „Herzlich Willkommen bei Nomor Research, Professor Hagenauer.“

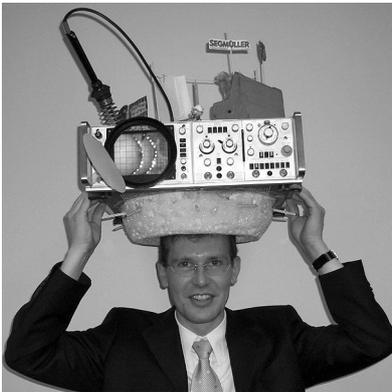


Das Nomor Research Team – oder was aus TU-Absolventen und den am LNT entwickelten Ideen so alles werden kann

12.5 Feste –Feiern



27.07.2006: Fränkisches Gartenfest nach Hagenauers Abschiedsvorlesung; am Grill Timo Mayer und Florian Breyer.



17.11.2005: Promotions von Dr. Johannes Zangl. Sein Doktorhut ist mit viel Hardware und ansprechenden Kurven bestückt.



21.01.2006: Promotionsfeier von Dr. Melanie Witzke. Das Grundmotiv ist ein Filter, allerdings nicht „widely linear“.



27.07.2006: Das eintägige LNT-Quintett mit F. Breyer (Trompete), E. Lutz (Saxophon), F. Schreckenbach, S. Hellerbrand (beide Flöte) und der Leiterin A. Resch (Bratsche)

12 Sonstiges

26. und 27.07.2005:

Exkursion und Betriebsausflug nach Prag (siehe auch Kapitel 9.1):

- Besuch der Tschechischen Akademie der Wissenschaften
 - Altstadtbesichtigung unter der Führung einer Historikerin
 - Einkehr im landestypischen Bierkeller „Novomistsky Pivobar“
 - Besuch des Technischen Museums
 - Idyllische Moldauschiffahrt
 - Besichtigung des Hradschin
- Organisation: H. Jenkač, I. Oikonomidis, F. Schreckenbach (kurz: OHSchreck).

04.11.2005 – Theresianum:

MSCE Graduation Ceremony

Organisation: M. Jürgens, M. Kontny, A. Ströbele

22.12.2005 – NT-Praktikum:

LNT-Weihnachtsfeier 2005

- Nicht ganz ernsthafter Rückblick über das Jahr am LNT
 - Video „Prag“ von K. Eichin
 - Denk-, Kreativ-, Aktionsspiele
- Organisation: N. Dütsch, C. Hausl, C. Kuhn (kurz: ChristStollen)

10.02.2006 – NT-Praktikum:

Verabschiedung von Prof. Hauske (siehe auch Kapitel 9.4):

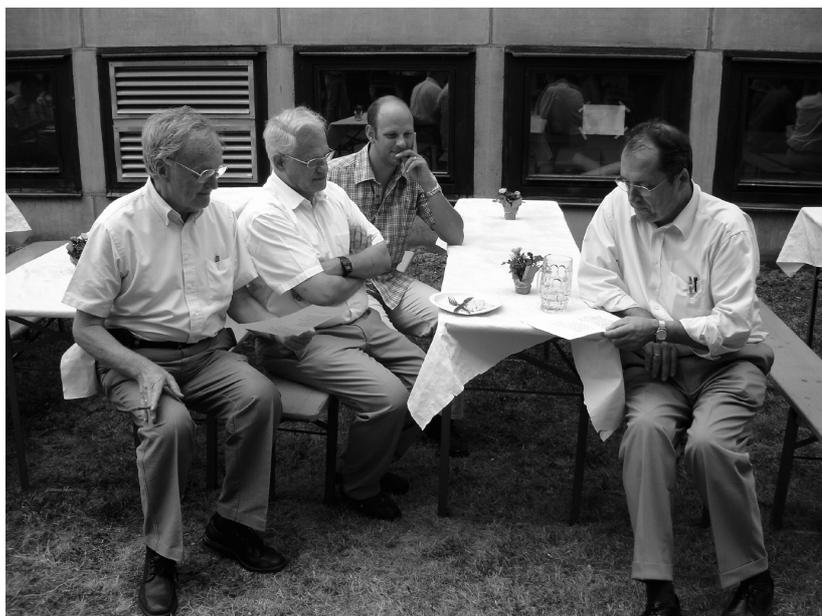
- Festkolloquium mit Sektempfang
 - Einladung zum Abendessen
 - Gespräche mit vielen ehemaligen Kollegen und Partnern
 - Fagott-Trio der Musikhochschule Nürnberg-Augsburg mit Sohn Leonhard Hauske
 - Humorvolle Analyse des Jubilars durch den Sohn Fabian Hauske
- Organisation: G. Hauske, D. Dorn, M. Jürgens, M. Kontny, A. Ströbele

12 Sonstiges

06.04.2006 – Augustinerkeller:
Festbankett zum Turbosymposium
(siehe auch Kapitel 9.6):

- Bayerische Schmankerl
- Fassanstich durch J. Hagenauer
- Bankettrede von Prof. J. Massey
„Die wahre Turbo-Historie“
- Musikalische Unterhaltung durch
die „Waller Tanzl Musi“

Organisation: N. Dütsch, C. Kuhn,
T. Mayer, M. Jürgens, M. Kontny,
A. Ströbele



27.07.2006: Die Professoren James Massey, Joachim Hagenauer und Jörg Eberspächer singen aktiv und passiv das Frankenlied. In der Mitte Christoph Hagenauer.

31.05.2006 – NT-Bibliothek:
Eröffnung NEWCOM-Workshop
(siehe auch Kapitel 9.10):

- Erstes Kennenlernen am Buffet
- Eröffnungsvortrag Prof. Costello

Organisation: C. Kuhn



21.01.2006: Promotionsfeier von Dr. Markus Kaindl. Der Doktorhut eine Kombination aus ARQ und Rechnerverwaltung



08.06.2006: Vorgeschmack auf die noch folgende Doktorfeier von Dr. Christian Kuhn. Näheres hierzu im nächsten IB.

05.07.2006 – Dachterrasse von N4:
Verspäteter Einstand der „Neuen“

- Kaffee, Kuchen am Nachmittag
- Gegrilltes bis spät in die Nacht

Organisation: F. Breyer, L. Coelho,
J. Dingel, S. Hellerbrand,
T. Mayer, J. Weindl, J. Zech

27.07.2006 – LNT-Festwiese:

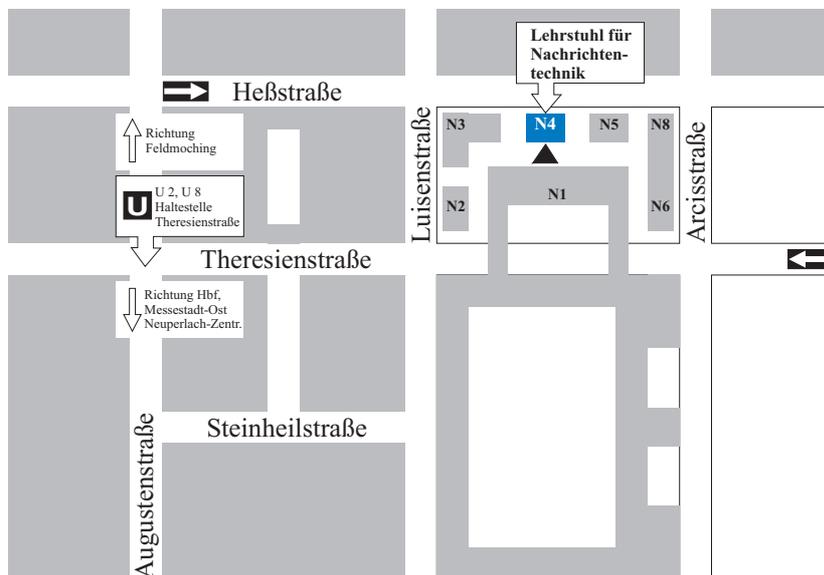
Gartenfest von Prof. Hagenauer
(siehe auch Kapitel 9.12 und
nebenstehende Bilder):

- Abschiedsvorlesung mit Umtrunk
- Fränkische Grillspezialitäten
- LNT-Quintett, u.a. mit Frankenlied
- Übergabe „ETT-Special Focus“
- Überreichung „LNTmemory“
- Video „Ehrenpromotion“ von
K. Eichin
- Humorvolle Bildervorträge von
G. Hauske und G. Söder über das
Wirken von Joachim Hagenauer

Organisation: K. Eichin, G. Söder,
D. Dorn, M. Jürgens, M. Kontny,
A. Ströbele



Die Urkunden der „Mitarbeiter des Monats“. Diese begehrte Auszeichnung wird von den LNT-Mitarbeitern seit Juni 2005 für Dienste an der Allgemeinheit vergeben.



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
 E-mail: Hagenauer@tum.de
 URL: <http://www.LNT.ei.tum.de>

