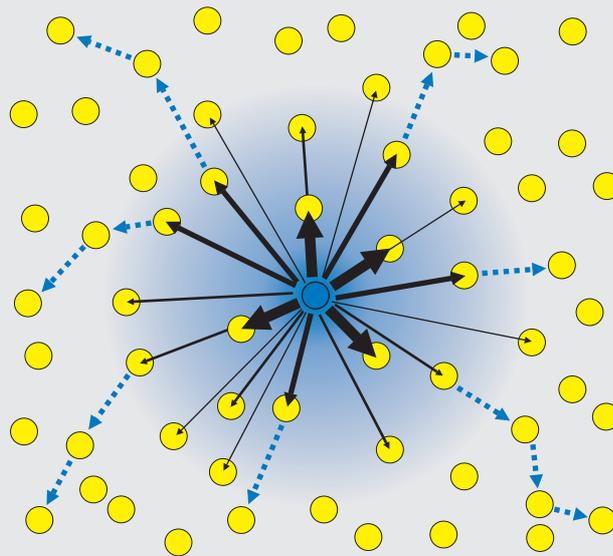


Lehrstuhl für Nachrichtentechnik  
Prof. Dr.-Ing. Joachim Hagenauer

# Tätigkeitsbericht

1.4.2001–31.3.2003



Technische Universität München

Die Grafik auf der Frontseite wurde von *Johannes Zangl* gestaltet und zeigt einen Ausschnitt aus einem verteilten Sensornetzwerk. Die durch Kreise dargestellten Netzwerkelemente (Knoten) sind zufällig in der Ebene angeordnet und besitzen die Fähigkeit, Messdaten zu erfassen, diese in Form von Datenpaketen drahtlos zu übertragen bzw. Datenpakete von Nachbar-knoten zu empfangen und weiterzuleiten (Multi-Hop-Übertragung).

In der dargestellten Augenblicksaufnahme befindet sich der blaumarkierte Knoten im Sendezustand, gelb markierte Knoten repräsentieren mögliche Empfänger und befinden sich im Empfangsstatus. Da sich die Empfangsleistung mit steigendem Abstand vom Sender deutlich verringert (Abnahme der Blauintensität um den Sendeknoten), ist die Qualität einer Verbindung zu einem Nachbarn im Allgemeinen um so besser, je geringer der Abstand zwischen Sender und Empfänger ist. Dies wird durch die Dicke der vom Sender ausgehenden schwarzen Pfeile symbolisiert. Ferner sind in der Grafik einige blau gepunktete Verbindungen eingezeichnet, welche verschiedene Routen für die weitere Verteilung der Nachricht via Multi-Hop charakterisieren.

Das Gebiet der drahtlosen Multi-Hop/Ad-Hoc-Netze wird am Lehrstuhl für Nachrichtentechnik seit einigen Jahren im Rahmen von DFG- sowie BMBF-Projekten eingehend untersucht.

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 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@ei.tum.de  
URL: <http://www.LNT.ei.tum.de>

Redaktion:

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

Satz:

Leo Hausleiter, M.A.  
Zittelstr. 1, D-80796 München  
Tel.: (+49) 89 30 65 75 89  
E-mail: hausleiter@freenet.de

Belichtung und Druck:

Typo Plitt  
Belgradstr. 9, D-80796 München

Auflage: 500 Stück



# Inhalt

<b>1</b>	<b>Vorwort</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Personelles</b> .....	<b>3</b>
2.1	Wissenschaftliches Personal .....	3
2.2	Lehrbeauftragte und Honorarprofessoren .....	5
2.3	Gastwissenschaftler .....	5
2.4	Mitarbeiter in den Werkstätten .....	5
2.5	Mitarbeiterinnen im Büro und in der Verwaltung .....	5
2.6	Externe Doktoranden .....	5
2.7	Wissenschaftliche und Studentische Hilfskräfte .....	6
2.8	Ehrungen und Jubiläen .....	6
2.9	Alumni-Nachrichten .....	8
<b>3</b>	<b>Personelles</b> .....	<b>9</b>
3.1	Fachgebiet Informationstechnik .....	9
3.2	Studiengang MSCE .....	12
3.3.	Studiengang Lehramt an beruflichen Schulen (LB) .....	14
3.4	Hauptseminar Mobilkommunikation und Codierung .....	15
3.5	Seminar on Topics in Communications Engineering .....	17
3.6	Kolloquium Informationstechnik .....	19
3.7	Weitere Lehrveranstaltungen und Weiterbildung .....	20
<b>4</b>	<b>Diplomarbeiten, Master Theses, Studienarbeiten</b> .....	<b>21</b>
4.1	Diplomarbeiten .....	21
4.2	Master Theses im MSCE-Studiengang .....	23
4.3	Diplomarbeiten/Master Theses anderer Hochschulen .....	24
4.4	Zulassungsarbeiten für den Studiengang LB .....	25
4.5	Studien- und Bachelorarbeiten .....	25



# Inhalt

<b>5</b>	<b>Dissertationen</b> .....	27
<b>6</b>	<b>Arbeitsgebiete</b> .....	33
<b>7</b>	<b>Extern geförderte Prokjekte</b> .....	55
<b>8</b>	<b>Veröffentlichungen, Patente, Vorträge</b> .....	63
8.1	Zeitschriften- und Buchbeiträge .....	63
8.2	Beiträge in Tagungsbänden .....	64
8.3	Standardisierungsbeiträge .....	69
8.4	Patente .....	70
8.5	Vorträge .....	71
<b>9</b>	<b>Veranstaltungen</b> .....	75
9.1	Gemeinsames Seminar mit dem Institut für Nachrichtentechnik der Universität Bremen .....	75
9.2	The Soft-In/Soft-Out Principle – Symposium anlässlich des 60. Geburtstags von Prof. Joachim Hagenauer .....	76
9.3	Exkursion zur ENST de Bretagne in Brest .....	80
9.4	12 <sup>th</sup> Joint Conference on Communications and Coding .....	83
9.5	Erster Workshop über analoge Decodierung .....	85
9.6	Das Turbo Prinzip in der Nachrichtentechnik - Die Ferienakademie der Vereinigten Bayerischen LNTs .....	86
9.7	Joint Conference on Communications and Coding 2002 .....	88
9.8	Tag der offenen Tür im Rahmen von „TUM live“ .....	90
<b>10</b>	<b>Internationale Beziehungen</b> .....	91
10.1	Austauschprogramme .....	91
10.2	Doppeldiplomabkommen mit der ENST de Bretagne .....	93
10.3	Forschungsaufenthalte von Mitarbeitern .....	95
10.4	Vorträge von Gästen .....	98
<b>11</b>	<b>Sonstiges</b> .....	101
11.1	Tätigkeit in der (Akademischen) Selbstverwaltung .....	101
11.2	Tätigkeit in Gremien und wissenschaftlichen Vereinigungen .....	102
11.3	Die Bayerische Akademie der Wissenschaften .....	103
11.4	Neuerungen in der Infrastruktur .....	104
11.5	Feste – Feiern .....	106

# 1 Vorwort

Liebe Freunde, Partner und Mitarbeiter des LNT,

nach den nunmehr zehn Jahren, die ich am Lehrstuhl bin, haben sich Lehre und Forschung konsolidiert und sind trotzdem dabei, sich immer wieder zu erneuern. Wir haben die Vorlesungen, Übungen und Praktika überarbeitet und ergänzt sowie die Infrastruktur der Rechnerausstattung ständig ausgebaut. Im Sommer 2001 wurde zudem unser Seminarraum aus eigenen Mitteln modernisiert.

Sowohl für Hardware (Geräte) als auch Software (Lehre, Forschungsthemen) liegt die Halbwertszeit auf unserem Gebiet bei etwa 3 Jahren. Trotzdem gelten auch für diesen nunmehr fünften Institutsbericht noch die gleichen Zielsetzungen wie bei den vorherigen Berichten.

Durch diese soll die Verbindung mit den ehemaligen Lehrstuhlangehörigen erhalten und verstärkt werden. Jeder Mitarbeiterin und jedem Mitarbeiter wird zudem die Gelegenheit gegeben, über den Stand der eigenen Arbeit nachzudenken und einmal in Kurzform zusammenzufassen, was bisher erreicht wurde.

Unsere Partner in der Industrie und an den Hochschulen werden über die ganze Breite unserer Aktivitäten informiert, was unter anderem die Knüpfung neuer Forschungs- und Projektkontakte fördert.

Ferner sollen auch solche Dinge und Leistungen erwähnt werden, die im normalen Wissenschaftsbetrieb leicht untergehen, weil sie nicht durch Veröffentlichungen und Vor-

träge dokumentiert sind. Dazu gehören die Tätigkeiten in Lehre und Verwaltung.

Unsere Fakultät hat ja ein ausgefeiltes Bewertungssystem für Lehre, Forschung und Fremdmittel entwickelt, das dazu dient, die Sachmittel und zu einem Drittel auch die Mitarbeiterstellen zu verteilen. In dieser Gesamtbewertung erbringt der LNT 12% der Fakultätsleistung, liegt also 140% über dem Durchschnitt aller 20 Lehrstühle und ist damit Spitzenreiter in der Fakultät.

Zugegebenermaßen hat der LNT mehr Landesstellen als andere Lehrstühle, aber auch bezogen auf diese Sollstellen erreichen wir eine 40-%ige Übererfüllung verglichen mit anderen Lehrstühlen. Für diese beachtliche Leistung und den großen Einsatz danke ich allen Lehrstuhlangehörigen ganz herzlich.

Neben den regulären personellen Veränderungen, etwa, dass Assistenten nach ihrer Promotion in die Industrie wechseln, zeichnet sich eine größere Veränderung darin ab, dass Herr Dr. Heidner als Hochschullehrer mit Ablauf des Wintersemesters 2003/2004 in den planmäßigen Ruhestand gehen wird. Herr Dr. Heidner fungiert neben seiner Lehrtätigkeit im Diplomstudiumgang und bei den Berufsschullehrern als Personal- und Verwaltungschef des Lehrstuhls für Nachrichtentechnik, der mit ca. 35 fest angestellten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern durchaus als ein

mittelständisches Unternehmen zählen kann. Herrn Dr. Heidner gilt jetzt schon mein besonderer Dank für seinen sorgfältigen und zuverlässigen Einsatz für das gesamte „Unternehmen LNT“.

Das Berufungsverfahren für seine Nachfolge ist unter der Leitung von Herrn Prof. Eberspächer für die C3-Professur *Leitungsgebundene Übertragungstechnik* auf gutem Weg, so dass die Berufungsliste im Frühjahr 2003 erstellt werden wird.

In unserem Elektroniklabor hat es im Berichtszeitraum personelle Veränderungen gegeben: Herr Gerd Meister ist zum 1. Juli 2002 in den Ruhestand getreten, Herr Karl-Heinz Behrendt hat zur gleichen Zeit mit der Ruhephase seiner Altersteilzeit begonnen. Ich danke beiden für mehr als 30 Jahre intensiver und erfolgreicher Tätigkeit am LNT.

Ich danke weiter allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, die an diesem Zweijahresbericht mitgearbeitet haben, insbesondere Herrn PD Dr.-Ing. habil. Günter Söder, der die Redaktion wieder in gewohnt sorgfältiger Weise durchgeführt hat. Gut unterstützt wurde er vor allem durch Frau Doris Dorn und Herrn Winfried Kretzinger.

München, im März 2003



Joachim Hagenauer



# 2

## Personelles

### 2.1 Wissenschaftliches Personal

Prof. Dr.-Ing. Joachim Hagenauer, Leitung des Lehrstuhls  
Prof. Dr.-Ing. Gert Hauske, Fachgebiet *Visuelle Kommunikation*  
Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Hans Marko, Emeritus

Dr.-Ing. Klaus Eichin, Akademischer Direktor  
Dr.-Ing. Dieter Heidner, Oberingenieur, Verwaltungsleiter  
Priv.-Doz. Dr.-Ing. habil. Günter Söder, Akademischer Direktor

Dipl.-Ing. Stephan Bairo, wiss. Assistent  
Dipl.-Ing. João Barros, wiss. Assistent  
Dipl.-Ing. Erik Bresch, wiss. Angestellter (seit 01.03.2003)  
M.Sc. Zaher Dawy, wiss. Angestellter  
Dr.-Ing. Norbert Görtz, wiss. Assistent  
Dipl.-Ing. Hrovje Jenkač, wiss. Angestellter (seit 01.11.2001)  
Dipl.-Ing. Markus Kaindl, wiss. Assistent  
Dipl.-Ing. Christian Kuhn, wiss. Angestellter (seit 01.08.2002)  
Dipl.-Ing. Günther Liebl, wiss. Assistent  
Dipl.-Ing. Michael Mecking, wiss. Assistent  
Dipl.-Ing. Matthias Mörz, wiss. Angestellter  
Dr.-Ing. Elke Offer, wiss. Angestellte  
M.Sc. Ioannis Oikonomidis, wiss. Angestellter (seit 01. 11.2001)  
M.Sc. Andrew Schaefer, wiss. Angestellter  
Dipl.-Ing. Frank Schreckenbach, wiss. Angestellter (seit 01.05.2002)  
Dipl.-Ing. Thomas Stockhammer, wiss. Assistent  
Dipl.-Ing. Peter Strasser, wiss. Angestellter (15.09.2002 – 31.03.2003)  
M.Sc. Michael Tüchler, wiss. Angestellter  
Dipl.-Ing. Melanie Witzke, wiss. Assistentin  
Dipl.-Ing. Johannes Zangl, wiss. Assistent

#### Im Berichtszeitraum ausgeschieden:

Dr.-Ing. Gerhard Bauch, wiss. Assistent (zum 30.09.2001)  
Dr.-Ing. Rainer Bauer, wiss. Assistent (zum 31.07.2002)  
Dr.-Ing. Doris Boronowski, wiss. Assistentin (zum 31.05.2001)  
Dipl.-Ing. Andreas Schmidbauer, wiss. Assistent (zum 30.09.2001)  
Dr.-Ing. Christian Weiß, wiss. Assistent (zum 31.12.2002)

### 2.1 Wissenschaftliches Personal

#### 2.2 Lehrbeauftragte und Honorarprofessoren

#### 2.3 Gastwissenschaftler

#### 2.4 Mitarbeiter in den Werkstätten

#### 2.5 Mitarbeiterinnen im Büro und in der Verwaltung

#### 2.6 Externe Doktoranden

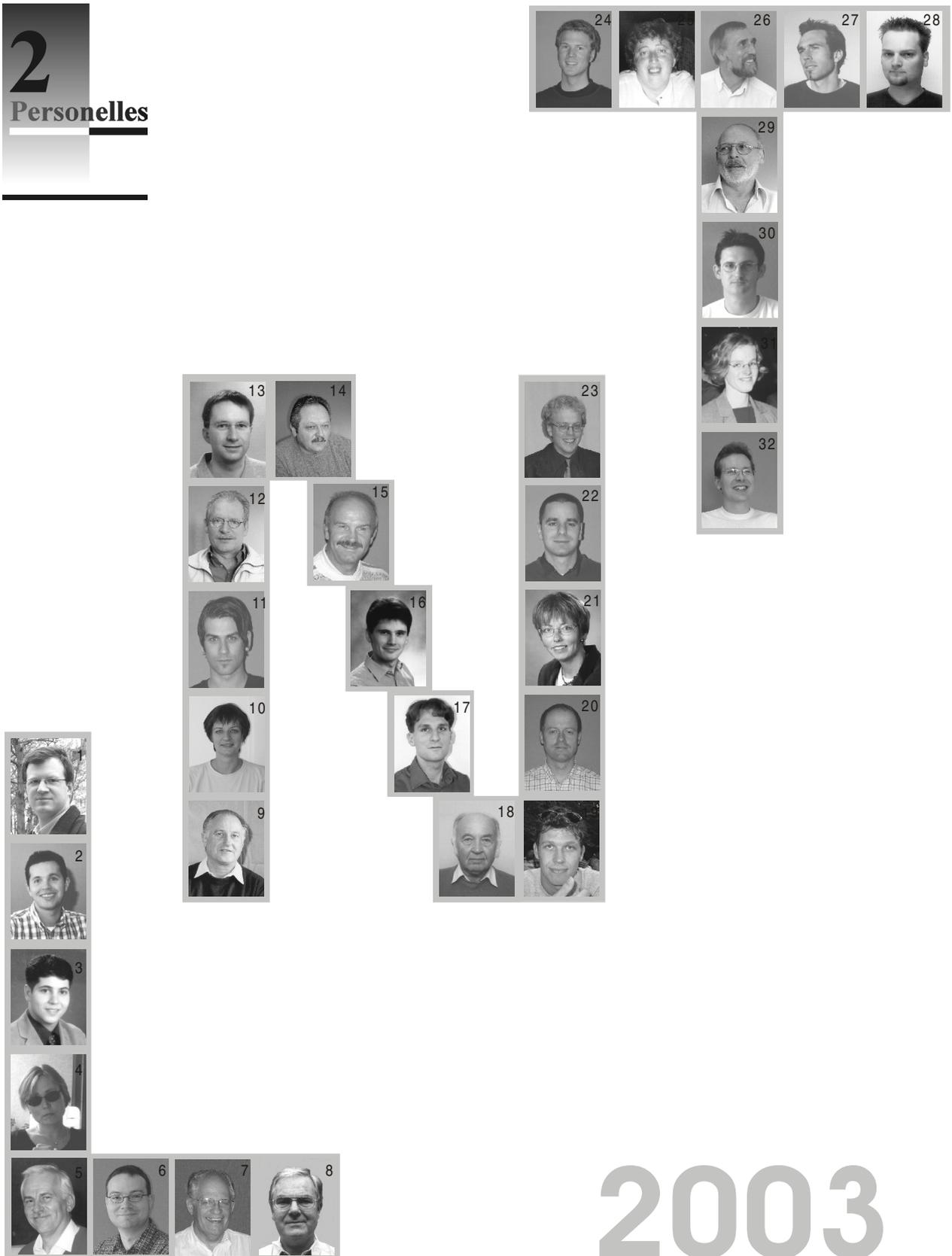
#### 2.7 Wissenschaftliche und Studentische Hilfskräfte

#### 2.8 Ehrungen und Jubiläen

#### 2.9 Alumni-Nachrichten

# 2

## Personelles



# 2003

Die Bausteine des LNT: Stephan Bairo (1), João Barros (2), Zaher Dawy (3), Doris Dorn (4), Dr. Klaus Eichin (5), Dr. Norbert Görtz (6), Prof. Joachim Hagenauer (7), Prof. Gert Hauske (8), Dr. Dieter Heidner (9), Silke Jauck (10), Hrovje Jenkač (11), Manfred Jürgens (12), Markus Kaindl (13), Martin Kontny (14), Winfried Kretzinger (15), Christian Kuhn (16), Günther Liebl (17), Prof. Hans Marko (18), Michael Mecking (19), Matthias Mörz (20), Dr. Elke Offer (21), Ioannis Oikonomidis (22), Andrew Schaefer (23), Frank Schreckenbach (24), Erika Singethan (25), Dr. Günter Söder (26), Thomas Stockhammer (27), Peter Strasser (28), Ansgar Ströbele (29), Michael Tüchler (30), Melanie Witzke (31) und Johannes Zangl (32).

## 2.2 Lehrbeauftragte und Honorarprofessoren

Dr.-Ing. Friedrich Kühne (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt)  
Priv.-Doz. Dr.-Ing. habil. Reimar Lenz  
Dr.-Ing. Erich Lutz (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt,  
gemeinsam mit LKN)  
Hon.-Prof. Dr. rer. nat. Horst Mittelstaedt (Max-Planck-Institut für Ver-  
haltensphysiologie, Seewiesen)  
Dr.-Ing. Alexander Seeger (Siemens AG München)

## 2.3 Gastwissenschaftler

Prof. Daniel J. Costello Jr., University of Notre Dame, Indiana, USA  
(Humboldt Fellow)  
05.07.2001–19.12.2001

M.S.E.E. Pornchai Leelapornchai, University of Southern California, USA  
04.10.2000–15.05.2002

Prof. Dr. John G. Proakis, Northeastern University, Boston, USA  
15.04.2002–15.06.2002

M.Sc. Arvind Shridharan, University of Notre Dame, Indiana, USA  
05.07.2001–19.12.2001

Dr. Francesca Vatta, DEEI-Università di Trieste, Italien  
01.10.2000–15.02.2001 (wochenweise)

M.Sc. Yan-Xiu Zheng, National Chiao-Tung University, Taiwan  
28.10.2002–31.03.2003

## 2.4 Mitarbeiter in den Werkstätten

Manfred Jürgens, Hauptwerkmeister, Mechanische Werkstatt  
Martin Kontny, Elektromaschinenbauer, Elektroniklabor  
Winfried Kretzinger, Werkstattleiter, Elektroniklabor  
Ansgar Ströbele, Hauptwerkmeister, Schreinerei

### Im Berichtszeitraum ausgeschieden:

Karl-Heinz Behrendt, Techniker, E-Labor (Altersteilzeit ab 01.07.2002)  
Gerd Meister, Werkstattleiter, E-Labor (Ruhestand zum 30.06.2002)

## 2.5 Mitarbeiterinnen im Büro und in der Verwaltung

Doris Dorn, Verwaltungsangestellte  
Rita Henn-Schlune, Sekretärin  
Dipl. sc. pol. Silke Jauck, Verwaltungsangestellte  
Erika Singethan, Offiziantin

## 2.6 Externe Doktoranden

Dipl.-Ing. Harald Ernst, DLR Oberpfaffenhofen  
Dipl.-Ing. Ulrich Nuding, Graduiertenkolleg/Zentrum für Sensomotorik  
Dipl.-Ing. Florian Röhrbein, Zentrum f. Sensomotorik/Klinikum Großhadern  
M.Sc. Dan Yu, Siemens AG München

Die nebenstehend aufgeführten Studierenden waren nach Abschluss ihres Studiums noch für einige Zeit als Wissenschaftliche Hilfskräfte am LNT beschäftigt, mit administrativen Arbeiten betraut, arbeiteten als studentische Hilfskräfte bei Projekten bzw. anderweitig in der Forschung oder bei der Praktikumsbetreuung mit, oder absolvierten ihr Industriepraktikum am Lehrstuhl.

## 2.7 Wissenschaftliche und Studentische Hilfskräfte

### *Wissenschaftliche Hilfskräfte:*

Erik Bresch, Saša Davidović, Marc Findeli, James Ghirlando, Philipp Hofmann, Dimitrios Kontopodis, David Liebermann, Bing Liang, Darli Augusto De Arruda Mello, Florian Obermeier, Tobias Oelbaum, Ioannis Oikonomidis, Marcin Sikora, Peter Strasser, Maël Thevenet, Leonidas Tzevelekas, Jürgen Veitenhansl, Andreas Voulgarelis, Markus Weinhold, Matthias Wollitzer.

### *Studentische Hilfskräfte für administrative Arbeiten:*

Alina Resch, Verena Resch, Barbara von Transehe: Bibliothek,  
Pavol Hanus: Gestaltung der WWW-Seiten des Lehrstuhls,  
Thomas Mader: Rechner-Systemadministration.

### *Studentische Hilfskräfte für die Mitarbeit bei Forschungsprojekten:*

Anne-Laure Chartier, Saša Davidović, Ashish Deshpande, Nicolas Dütsch, Stephan Eichler, Pilar Fenandez, Yan Gao, Ingrid Groß, Norbert Hohenbichler, Saronchan Jaranakaran, M. Kamaruzzaman, Matthias Karl, Demijan Klinc, Seong Per Lee, Xiang Li, Hadi Mazzawi, Mercedes Munoz, Rainer Ohlendorf, Daniel Pfeifer, Marcelo Marques Povoá, Panji Setiawan, Chandra Tambrin, Richard Tantama, Martin Winkler, Michael Zenz.

### *Studentische Hilfskräfte zur Betreuung von Lehrveranstaltungen/Praktika:*

Bülent Aksu, Mohammad Shah Alam, Marc Findeli, Sultan Haider, Philipp Hofmann, Dimitrios Kontopodis, Christian Kuhn, Javed Malik, Arnaud Martin, Hrvoje Jenkač, Florian Obermeier, Tobias Oelbaum, Robert Prinz, Oliver Rauh, Alexander Schauer, Michael Strobl, Jürgen Stuber, Maël Thevenet, Antonius Tsetos, Leonidas Tzevelekas, Jürgen Veitenhansl, Juan Wang, Bernd Weber, Markus Weinhold, Jan Whitehead.

### *Industriepraktikum am LNT:*

Mathieu Arcel, Florian Reif, Christoph Schroth, Georg Schroth.

## 2.8 Ehrungen und Jubiläen

Nachfolgend sind die Mitarbeiter, Lehrbeauftragten und (ehemaligen) Diplomanden und Doktoranden aufgeführt, die im Berichtszeitraum für hervorragende Leistungen in Lehre, Forschung bzw. Studium ausgezeichnet wurden, wenn die Ehrung mit dem LNT unmittelbar in Zusammenhang steht. Ebenfalls aufgeführt sind Jubiläen.

**Dr.-Ing. Gerhard Bauch**, wissenschaftlicher Mitarbeiter am LNT von 1996 bis 2001, wurde beim Tag der Fakultät 2001 für seine Dissertation *Turbo-Entzerrung und Sendeantennen-Diversity mit Space-Time-Codes im Mobilfunk* mit dem *Texas-Instruments-Award* geehrt.

**Dr.-Ing. Gerhard Bauch** wurde am 22.10.2002 in Dresden im Rahmen des VDE-Kongresses einer der *ITG-Förderpreise 2002* überreicht. Gewürdigt wurde seine Dissertation *Turbo-Entzerrung und Sendeantennen-Diversity mit Space-Time-Codes im Mobilfunk*.

**Dipl.-Ing. Christian Buchner**, von März bis Oktober 2000 Diplomand des Lehrstuhls, wurde im Juni 2002 in Zürich in Anerkennung seiner hervorragenden Diplomarbeit *Progressive Video Coding for Error-Prone Channels*, die in Zusammenarbeit mit dem Heinrich-Hertz-Institut Berlin entstanden ist, mit dem *Preis der Fernseh- und Kinotechnischen Gesellschaft e.V. (FKTG)* ausgezeichnet.

**Prof. Dr.-Ing. Joachim Hagenauer** wurde im Frühjahr 2002 in die *Bayerische Akademie der Wissenschaften* aufgenommen und hielt am 08.11.2002 seinen Antrittsvortrag in der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse. Siehe auch Beitrag im Kapitel 11.3.

**Prof. Dr.-Ing. Joachim Hagenauer** erhielt die *IEEE Alexander Graham Bell Medal 2003* in Würdigung seiner Forschungsarbeiten auf dem Gebiet *Contributions to Soft Decoding and its Application to Iterative Decoding Algorithms* verliehen. Die Bell Medal ist die höchste IEEE-Auszeichnung auf dem Gebiet der Nachrichtentechnik.

**Prof. Dr.-Ing. Joachim Hagenauer** wurde während der letzten beiden Jahre zu drei Vorträgen der *Distinguished Lecturer Series* eingeladen:

1. *Information and Coding Theory for Mobile Phones*. Fifth Diderot Mathematical Forum, Tele-Lecture broadcasted from Philips National Research Lab, Eindhoven, Holland, to Nokia Research Center, Finland, and to École Polytechnique Fédérale (EPFL), Lausanne, 22.11.2001

2. *Back to Analog? Soft Bit Processing in Turbo Receivers for Communication Systems*. Annual Edison Lecture, University of Notre Dame, Indiana, USA, 24.02.2003

3. *The Turbo Principle in Communications Systems*. Annual Robert T. Chien Lecture, Coordinated: Science Laboratory, University of Illinois at Urbana-Champaign, USA, 25.02.2003

**Prof. Dr.-Ing. Gert Hauske** wurde im Dezember 2001 von der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik zum C3-Professor für das Gebiet *Grundlagen der visuellen Kommunikation* berufen.

**Prof. Dr.-Ing. Gert Hauske** erhielt am Tag der Fakultät 2002 den von der Fachschaft EI vergebenen *Dozentenpreis für hervorragende Lehre*.

**Dipl.-Ing. Hrvoje Jenkač**, seit 2001 als wissenschaftlicher Mitarbeiter des Lehrstuhls, erhielt für seine mit Auszeichnung bewertete Diplomarbeit *Feedback and Error Protection Strategies for Wireless Video Transmission* den *Werner von Siemens Excelllent Award 2002* zugesprochen.

**Dipl.-Ing. Günther Liebl**, wissenschaftlicher Mitarbeiter am LNT seit Januar 2000, hat im April 2001 in Zürich den *Ernst-Blickle-Preise* der SEW-Eurodrive-Stiftung überreicht bekommen. Gewürdigt wurde seine mit Auszeichnung bewertete Diplomarbeit *Modeling, Theoretical Analysis and Coding for Wireless Packet Erasure Channels*.

**Dipl.-Ing. Günther Liebl, Dipl.-Ing. Thomas Stockhammer, M.Sc. Minh Ha Nguyen Thi** (Diplomandin 2000) und **Dr.-Ing. Frank Burkert** (LNT-Mitarbeiter von 1994 bis 1998) wurden bei der SCI 2001 in Orlando mit dem *Best Paper Award* in der Session *Multimedia Communications and Networking* ausgezeichnet.

**Ansgar Ströbele**, seit 1980 als Schreinermeister am Lehrstuhl tätig, feierte im September 2002 sein *25-jähriges Dienstjubiläum* und erhielt aus diesem Anlass die Silberne Ehrennadel der TU München überreicht.

**Dr.-Ing. Christian Weiß**, wissenschaftlicher Mitarbeiter am LNT von 1996 bis 2002, wurde anlässlich des Tages der Fakultät 2002 für seine Promotion *Error Correction with Tail-Biting Convolutional Codes* mit dem *Texas-Instruments-Award* ausgezeichnet.

In dieser erstmals aufgenommenen Rubrik sind Ehrungen und berufliche Veränderungen ehemaliger Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zusammengestellt. Sollten wir Jemanden vergessen haben, so bitten wir vorab um Entschuldigung.

Gleichzeitig erbitten wir um diesbezügliche Informationen für zukünftige Alumni-Nachrichten.

## 2.9 Alumni-Nachrichten

**Prof. Dr.-Ing. Gabriele Buch**, von 1994 bis 1999 wissenschaftliche Mitarbeiterin am LNT, hat zum 01.10.2002 einen Ruf als *Professorin* im Fachbereich 03 (Maschinenbau – Fahrzeugtechnik – Flugzeugtechnik) der *Fachhochschule München* angenommen.

**Dr.-Ing. Rupert Herzog**, wissenschaftlicher Mitarbeiter am LNT von 1994 bis 2000 und seitdem bei der Siemens AG München, wurde zum 01.09.2002 zum Leiter der Dienststelle *GSM Signal Processing: DSP Programming* (ICM N PG GSM RT A 3) ernannt

**Prof. Dr. rer. nat. Alfred Nischwitz**, von 1989 bis 1994 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Nachrichtentechnik, hat zum 01.09.2002 einen Ruf als *Professor* an der *Fachhochschule München* im Fachbereich 07 (Mathematik und Informatik) mit Schwerpunkt Mustererkennung angenommen.

**Dr.-Ing. Alexander Seeger**, wissenschaftlicher Mitarbeiter am LNT von 1995 bis 1999 und seit 2001 Lehrbeauftragter der Fakultät für den MSCE-Studiengang, wurde zum 01.03.2003 bei der Siemens AG München zum Leiter der Dienststelle *GSM Signal Processing: Algorithms and Simulation* (ICM N PG GSM RT A 5) ernannt.

**Dr.-Ing. Johannes Steurer**, wissenschaftlicher Mitarbeiter am LNT von 1985 bis 1992 und seit einigen Jahren als Director R&D bei der Arnold&Richter Cinetechnik GmbH – bekannter unter dem Namen ARRI – hat 2002 in Hollywood von der *Academy of Motion Picture Arts and Sciences* gemeinsam mit seinen beiden Kollegen W. Riedel und F. Kraus den *Scientific and Engineering Award* („Technik-Oscar“) in Empfang genommen. Ausgezeichnet wurde das Konzept und die Entwicklung des ARRILASER-Filmbelichters.

# 3

Lehr-

veranstaltungen

## 3.1 Fachgebiet Informationstechnik

Quellensignale und ihre Spektren. Abtasttheorem, Quantisierung. Basisbandübertragung: Impulsformung und ihre Spektren, Nyquist-Bedingung, Augendiagramm. Übertragungskanal, Detektion im Rauschen, Matched-Filter, Fehlerwahrscheinlichkeiten bei antipodischer und orthogonaler Übertragung, lineare digitale Modulationsverfahren (PSK, QAM), Gauß-Kanal (AWGN), diskreter Kanal (BSC), PCM mit Fehlern, korrelative Codierung.

Nr. 72101: PF (2V + 1Ü)  
im 4. Sem.

**Nachrichtentechnik 1**  
Hagenauer mit Görtz

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, Datenmodem, PN-Modulation. Analoge Modulation: AM, FM. Multiplexverfahren: FDM, OFDM, TDM, CDMA.

Nr. 72111: WP (2V + 1Ü)  
im 5. Sem.

**Nachrichtentechnik 2**  
Hagenauer mit Jenkač

Einfache Blockcodes. Lineare und zyklische Codes. Grundbegriffe der Algebra und der Galoisfelder für Blockcodes. Reed-Solomon- und BCH-Codes. Decodierung von Reed-Solomon-Codes. Faltungscodes und ihre Decodierung: Definition und Eigenschaften, Maximum-Likelihood-Decodierung mit dem Viterbi-Algorithmus. Codierung für Fading- und Burst-Kanäle. Codespreizung. Trellis- und blockcodierte Modulation. Ungerboeck-Codes. Praktische Anwendungen der Codierung im Mobilfunk, Satellitenfunk, Hörfunk. Kombination von Quellen- und Kanalcodierung.

Nr. 72112: WP (2V + 1Ü)  
im 6. Sem.

**Einführung in die  
Kanalcodierung**  
Hagenauer mit Witzke

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 channel. Diversity techniques for fading channels. Channel coding and equalization for mobile communication systems. Existing (GSM, DECT, IS-95, JDC, IS-54) and future (UMTS) mobile communication systems.

Nr. 72113: WP (2V + 1Ü)  
im 5. Sem.

**Mobile Communications**  
Hagenauer mit Bauer bzw.  
Liebl/Mörz (in English, gemeinsam  
mit MSCE)

Nr. 72115: WP (2V + 1Ü)  
im 5. Sem.

**Digitale leitungsgebundene  
Übertragungstechnik**

Heidner mit Kuhn

Geschichtliche Entwicklung. Struktur des Fernsprechnetzes und bestehende Netze. Eigenschaften von Orts- und Fernkabeln, Koaxial- und Hohlkabeln, Funkverbindungen. Trägerfrequenzsystemen: charakteristische Dämpfungs- und Laufzeitverzerrungen. Glasfaserarten. Leistungsdichtespektren von Übertragungs-codes. Empfängerkonzepte: Geradeaus- und Überlagerungsempfang (Vorteile, Nachteile, Klassifizierung anhand des SNR), mehrstufige Phasenmodulation, Quadratur-AM, gemischte Verfahren (Vor- und Nachteile, Beispiele für die Realisierung). Modemkonfiguration. Messverfahren: Schritt- und Bitfehlerhäufigkeitsmessung, Augendiagramm und seine Aussagekriterien.

Nr. 72120: WP (3V)  
im 7./8. Sem.

**Hauptseminar Mobilkommuni-  
kation und Codierung**

Hagenauer/Mörz

Ausgewählte Themen aus den Gebieten der Mobilkommunikation und der Codierung. Vorträge durch Studierende und externe Fachleute. Themenliste siehe Kapitel 3.4.

Nr. 72121: WP (2V + 1Ü)  
im 7. Sem.

**Informationstheorie und  
Quellencodierung**

Hagenauer mit Barros

Grundbegriffe der Informationstheorie: Entscheidungsgehalt, Informationsgehalt, Entropie, Redundanz, Transinformation, Codierungstheoreme für die Quellen- und Kanalcodierung. Energetische Grenzen der Informationsübertragung. Kompressionsalgorithmen: universelle Codierung, Huffman- und Lempel-Ziv-Algorithmen. Kanalkapazität diskreter und kontinuierlicher Übertragungskanäle mit Beispielen. Maximum-Likelihood-Decodierung.

Nr. 72140: WP (4P)  
im 5./6. Sem.

**Grundpraktikum  
Nachrichtentechnik**

Hagenauer/Stockhammer  
mit wiss. Mitarbeitern

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).

Nr. 72141: WP (4P)  
im 6. Sem.

**Praktikum Anwendung des  
Mikroprozessors in der  
Nachrichtentechnik**

Söder

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 von analogen Filtern durch digitale Systeme, Datenkompression (Huffman-Code), Kanal(de)codierung (Paritätsprüfung, Hammingcode), AWGN-Kanal.

Nr. 72142: WP (4P)  
im 6. Sem.

**Praktikum Simulationsmethoden  
in der Nachrichtentechnik**

Söder

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

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 ihre Anwendung auf Multimediadateien, Mobilfunkkanal, Bandspreizverfahren und CDMA-Systeme, wertdiskrete Informationstheorie (Quellencodierung, Kanalkapazität, Markov-Ketten).

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

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

Geschichtlicher Abriss und Begründung. Satellitenbahnen. Satellitenübertragungsstrecke. Nachrichtensatelliten. Bodenstationen. Satellitenübertragungssysteme. Zukünftige integrierte digitale Netze.

Nr. 72154: WF (2V)  
 im 7. Sem.  
**Nachrichtensatellitentechnik**  
 Kühne

Grundbegriffe kybernetischer Verhaltensanalyse: Information, Verhaltensleistung, Wirkungsgefüge, Modell, Hypothese, Gesetz, Prinzip. Forschungsmethoden und -strategien. Synthese aus Sinnes- und Muskel-Elementen. Analyse der Verhaltensleistung. Durchführung der Analyse an Beispielen. Orientierungsgleichungen: Regelung und Steuerung von Körperstellung und Bewegung. Orientierung zum Lot und zum Licht. Kurshalte- und Heimfindevermögen. Navigation. Entscheidungsleistungen: Klassifikation und Mustererkennung, Motivationsanalyse, Verhaltens-Sequenzen und ihre Adaption an die Umwelt.

Nr. 72155: WF (2V)  
 im 8. Sem.  
**Einführung in die kybernetische Verhaltensanalyse**  
 Mittelstaedt mit Glasauer, Eggert

Anforderungen an Codiersysteme für den Mobilfunk. Signalformcodierung: Grundlagen der „Rate-Distortion“-Theorie; Nichtlineare und adaptive Quantisierung, Optimalquantisierung, Vektorquantisierung, „Gain-Shape“-Vektorquantisierung. Linear prädiktive Codierung im Zeitbereich; Restsignalquantisierung; Analyse-durch-Synthese; CELP-Verfahren, VSELP, ACELP. Anwendung der Quellencodierung im Mobilfunk: Übersicht über aktuelle standardisierte Sprachcodierverfahren: FR, HR, EFR und AMR-Codec-Familie für GSM/UMTS, Breitband-AMR-Codec, ITU-Standards. Eigenschaften von Mobilfunk-Übertragungskanälen, einfache Kanalmodelle. Kanalcodierverfahren für den Mobilfunk: Faltungscodes, Codes zur Fehlererkennung. Kombination von Sprach- und Kanalcodierung; „Bad-Frame-Handling“: Erkennung von Übertragungsfehlern, Fehlerverschleierung.

Nr. 72156: WF (2V)  
 im 7. Sem.  
**Quellen- und Kanalcodierung im Mobilfunk**  
 Görtz

Nr. 72702: WP (2V + 1Ü)  
im 4. Sem.

**Statistische Signaltheorie**  
Hauske mit Oikonomidis

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

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, Mehrkanalkonzepte, Farbwahrnehmung, optische Täuschungen.

Nr. 72723: WP (2V + 1Ü)  
im 7. Sem.

**Kybernetische Systeme**  
Hauske

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. 72424: WP (2V)  
im 8. Sem.

**Satelliten-Mobilfunknetze**  
Lutz  
(gemeinsame Lehrveranstaltung  
mit LKN)

Einführung und Grundlagen: Satellitenbahnen und -konstellationen. Frequenzbänder. Leistungsbilanz für Satellitenverbindung. Signalabschattung, Mehrwegefading, Kanalmodell. Kanalzugriff: Frequenz-, Zeit- und Codier- vielfachzugriff. Bandbreiteneffizienz und Systemkapazität. Netzaspekte: Netzarchitektur, Mobilitätsmanagement, Kanalzuteilung, Verbindungsaufbau, Handover. Beispiele für realisierte und geplante Satelliten-Mobilfunknetze: Inmarsat, Globestar, Iridium, ICO, Teledesic.

Nr. 72752: WF (2V)  
im 5./7. Sem.

**Optimale Empfänger und Schätzer**  
Hauske

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

### 3.2 Studiengang MSCE

Nr. 72113: WP (2V + 1Ü)  
im 3. Sem.

**Mobile Communications**  
Hagenauer mit Bauer bzw.  
Liebl/Mörz

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 channel. Diversity techniques for fading channels. Channel coding and equalization for mobile communication systems. Existing (GSM, DECT, IS-95, JDC, IS-54, UMTS) and future mobile communication systems.

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), and 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: receive diversity, space-time rake receiver, transmit diversity for multiple antennas, advanced downlink beamforming.

Nr. 72124: PF (2V + 1Ü)  
 im 3. Sem.  
**System Aspects in Communications**  
 Seeger

Introduction to simple block codes: linear cyclic codes, Reed-Solomon codes and Bose-Chaudhuri-Hocquenghem (BCH) codes. Basics of algebra and Galois fields. Syndrome decoding of linear block codes. Decoding of Reed-Solomon codes. Convolutional codes: definition, properties, encoding and maximum likelihood decoding with the Viterbi algorithm. Coding for fading and burst channels. Interleaving. Iterative decoding of parallel concatenated (Turbo) codes. Trellis and block coded modulation. Ungerboeck codes. Practical application of channel coding in mobile communications, satellite communications, audio broadcast. Combination of source and channel coding.

Nr. 72171: PF (2V + 1Ü)  
 im 2. Sem.  
**Channel Coding**  
 Tüchler/Hagenauer

Signal design for band-limited channels. Communication through band-limited and fading channels. Adaptive equalization. Multichannel and multi-carrier systems. Spread spectrum systems. Multiuser Communications.

Nr. 72172: PF (2V + 1Ü)  
 im 2. Sem.  
**Advanced Topics in Signal Processing**  
 Proakis mit Dawy

This advanced course focuses on turbo decoding from the graph theoretic perspective; standard development including the BCJR algorithm and SOVA approaches to SISO decoding; Bayesian networks, Tanner graphs; Pearls Belief Propagation Algorithm, etc.; the Bayesian network development; hidden Markov models; Baum-Welch algorithm; Markov-theoretic interpretation of single and parallel concatenated codes.

Nr. 72173: PF (2V + 1Ü)  
 im 2. Sem.  
**Advanced Topics in Communications Engineering**  
 Costello mit Weiß

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 3<sup>rd</sup> semester. The presentations are given by MSCE students (see Chapter 3.5).

Nr. 72174: WP (2V)  
 im 3. Sem.  
**Seminar on Actual Topics in Communications Engineering**  
 Hagenauer mit Dawy

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.

Nr. 72175: WP (4P)  
 im 1. Sem.  
**Communications Laboratory**  
 Hagenauer mit Schaefer

- Nr. 72176: WP (3P)  
im 2. Sem.  
**Mobile Communications Lab.**  
Hagenauer, Schaefer, Zangl
- Experiments, computer simulations and measurements with mobile tele-communications systems. Mobile radio channel. Signalling in GSM networks.
- Nr. 72177: PF (2V + 1Ü)  
im 1. Sem.  
**Information Theory and Source Coding**  
Mecking/Hagenauer mit Dawy
- 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.
- ### 3.3 Studiengang Lehramt an beruflichen Schulen (LB)
- Nr. 72181: PF (2V + 1Ü)  
im 1. Sem.  
**Grundlagen der Informationstechnik (LB)**  
Heidner mit Zangl
- Boolesche Algebra. Schaltfunktion. Wahrheitstabelle. Karnaugh-Diagramm. Zahlensysteme, AD/DA-Wandler, Bit, Byte. Mikroprozessor: Aufbau, Architektur. Maschinen- und Assemblersprache. PASCAL-Programmierung.
- Nr. 72183: WP (2V + 1Ü)  
im 8. Sem.  
**Nachrichtensysteme (LB)**  
Eichin
- Eigenschaften von Nachrichtensystemen und deren Komponenten, vorwiegend aus dem Bereich der Mobilfunksysteme: Zeitvariante Kanäle, GSM-System, CDMA.
- Nr. 72185: PF (2V + 1Ü)  
im 6. Sem.  
**Nachrichtentechnik I (LB)**  
Eichin
- Signale und Spektren: stochastische, periodische, aperiodische Signale. Fourierreihe, Fourierintegral und Fouriertransformation. Systemtheorie linearer zeitinvarianter Systeme: Übertragungsfunktion, Impulsantwort, lineare Verzerrungen, Faltung.
- Nr. 72187: PF (2V + 1Ü)  
im 7. Sem.  
**Nachrichtentechnik II (LB)**  
Söder
- Grundlagen der Modulation: ZSB- und ESB-Amplitudenmodulation und zugehörige Modulatoren/Demodulatoren. Winkelmodulation. Verzerrungen durch Modulation. Einfluss von Rauschstörungen. Prinzip der digitalen Modulationsverfahren: Zeitdiskrete Signaldarstellung, Pulscodemodulation. Grundlagen der Digitalsignalübertragung.
- Nr. 72191: WP (3P)  
im 8. Sem.  
**Nachrichtentechnik-Praktikum (LB)**  
Eichin, Söder
- Charakteristische Versuche und Messungen an nachrichtentechnischen Systemen: Signale und Spektren, Amplitudenmodulation, Frequenzmodulation, Abtasttheorem, Pulscodemodulation, Digitalsignalübertragung.
- Nr. 72193: WP (2V + 1Ü)  
im 8. Sem.  
**Digitaltechnik (LB)**  
Heidner
- Grundkenntnisse in Digitaltechnik: Codes, Schaltwerke (Flipflops, Speicher, Zähler, Schieberegister, PN-Generatoren), Schaltwerksynthese, Logikfamilien, AD/DA-Wandler. Grundkenntnisse in digitaler Übertragungstechnik: Übertragungsverfahren, Übertragungscodes, Signalstörabstand.

### 3.4 Hauptseminar Mobilkommunikation und Codierung



#### Sommersemester 2001

- 31.05.2001 **Andreas Lang** – Betreuer: M. Kaindl  
ACELP – Das Verfahren zur Sprachcodierung mit niedriger Bitrate
- 31.05.2001 **Markus Neff** – Betreuer: Dr. Görtz  
Einfache psychoakustische Modelle zur Codierung von Audio-Signalen mit geringer Bitrate
- 07.06.2001 **Florian Simnacher** – Betreuer: G. Liebl  
Informationstheoretische Betrachtung von Aktienbörsen
- 07.06.2001 **Meng Tuck Lee** – Betreuer: A. Schaefer  
Exit-Chart-Analyse und seine Anwendung in der iterativen Decodierung
- 21.06.2001 **Oliver Rauh** – Betreuer: S. Bairo und M. Witzke  
Datenübertragung über den Multi-Input Multi-Output (MIMO)-Kanal
- 21.06.2001 **Florian Obermeier** – Betreuer: T. Stockhammer  
Quantisierungstechniken – Strukturierung eines unstrukturierten Grundproblems
- 05.07.2001 **Michael Zenz** – Betreuer: Dr. Görtz  
Komponenten-Störleistungen und deren Aufsummierbarkeit in verketteten Kommunikationsverbindungen
- 05.07.2001 **Christian Kuhn** – Betreuer: M. Mörz  
Architekturen digitaler Turbo-Decoder
- 12.07.2001 **Martin Berndaner** – Betreuer: J. Barros  
Timing-Codes und die Synchronisation von Datenströmen
- 12.07.2001 **Yuta Kishida** – Betreuer: Z. Dawy  
Der Relay-Kanal: Theorie und Anwendung
- 19.07.2001 **Frank Schreckenbach** – Betreuer: M. Mörz:  
Quantisierung von Soft-Information bei Turbo-Decodern
- 19.07.2001 **Thomas Kränzler** – Betreuer: Dr. Bauch  
Sendeantennen-Diversity in UMTS

#### Sommersemester 2002

- 06.06.2002 **Filip Fickert** – Betreuer: I. Oikonomidis  
Ad-Hoc Netze
- 06.06.2002 **Hu Hu** – Betreuer: A. Schaefer  
Informationstheoretische Analyse über Soft-in Soft-out-Decodierung

Das Hauptseminar ist eine Wahlpflichtveranstaltung, die aufgrund der großen Nachfrage von Seiten der Studierenden seit 2002 im Sommer- und im Wintersemester abgehalten wird. Organisator dieses Seminars war im gesamten Berichtszeitraum Dipl.-Ing. Matthias Mörz.

- 06.06.2002 **Martin Arnaud** – Betreuer: M. Mörz  
Sliding-Window-Decodieralgorithmen
- 20.06.2002 **Markus Pfeiffer** – Betreuer: A. Schaefer  
Interleaver-Entwicklung für Turbo-Decodierung
- 20.06.2002 **Chin Soon Chung** – Betreuer: S. Bäro  
„Eigenbeamforming“ für Mehrantennensysteme in UMTS
- 20.06.2002 **Claudius Blank** – Betreuer: M. Witzke  
Mehrantennensysteme bei High Speed Downlink Packet  
Access (HSDPA)
- 04.07.2002 **Kerstin Prögler** – Betreuer: M. Kaindl  
Der Standard IEEE802.11 für drahtlose Kommunikation
- 04.07.2002 **Sebastian Franz Koch** – Betreuer: H. Jenkač  
Adaptive Modulation und Scheduling von IP-Verkehr über  
Fading-Kanäle
- 04.07.2002 **Frank Waitzhofer** – Betreuer: M. Mörz  
Decodierung anhand von graphischen Darstellungen der Codes
- 18.07.2002 **Harald Haas** – Betreuer: M. Mecking  
Tunstall – Quellencodierung
- 18.07.2002 **Thomas Plechinger** – Betreuer: T. Stockhammer  
Rate-Distortion Methoden für Bild- und Videokomprimierung
- 18.07.2002 **Hubert Bauernfeind** – Betreuer: Dr. Görtz  
Lösung diskreter Optimierungsprobleme unter  
Nebenbedingungen mit Hilfe Lagrangescher Multiplikatoren

### Wintersemester 2002/2003

- 12.12.2002 **Nianhao Deng** – Betreuer: H. Jenkač  
High Speed Downlink Packet Data Access in WCDMA
- 12.12.2002 **Daniel Müller** – Betreuer: M. Tüchler  
Endliche Geometrien mit Anwendungen zu Low-Density  
Parity Check Codes
- 12.12.2002 **Matthias Zeh** – Betreuer: A. Schaefer  
Design von LDPC-Codes mit Hilfe von EXIT-Charts
- 19.12.2002 **Jean-Baptiste Descamps** – Betreuer: F. Schreckenbach  
Anwendungen des Turbo-Prinzips auf codierte  
Modulation
- 19.12.2002 **Bo Feng** – Betreuer: C. Kuhn  
Kapazitätsbetrachtungen für den ISI-Kanal
- 16.01.2003 **Peter Huber** – Betreuer: I. Oikonomidis  
Multi-Hop-Diversity bei Ad-Hoc-Netzwerken
- 16.01.2003 **Haj Taieb Walid** – Betreuer: J. Zangl  
Verfahren zur Durchsatzoptimierung in drahtlosen, verteilten  
Ad-Hoc Netzwerken

- 30.01.2003 **Gerhard Maierbacher** – Betreuer: J. Barros  
Quellencodierung mit Seiteninformation
- 30.01.2003 **Malte Schellmann** – Betreuer: Z. Dawy  
Inhaltserkennung mit Hilfe von Quellencodierung
- 30.01.2003 **Aridane Ascanio Redweik** – Betreuer: T. Stockhammer  
JPEG-2000 – Bildcodierung für das neue Jahrtausend



### 3.5 Seminar on Topics in Communications Engineering

#### Wintersemester 2001/2002

##### Talks by External Experts:

- 09.11.2001 Dipl.-Ing. **Markus Dillinger**, Siemens AG München:  
Reconfigurability in Terminals for Systems beyond 3G and  
Networks Supporting Reconfigurable Terminals

##### Talks by Lecturers and Students:

- 16.11.2001 **Marcelo Povoá, Li Xiang** – Betreuer: Z. Dawy (LNT)  
Opportunity Driven Multiple-Access (ODMA) Cellular System
- 16.11.2001 **Sang-Hun Kim, Karen Gray** – Betreuer: P. Leelapornchai  
(LNT)  
Routing Protocols in Mobile Ad Hoc Networks
- 23.11.2001 **Saša Davidović, Marcin Sikora** – Betreuer: Z. Dawy;  
M. Mecking (LNT)  
Capacity Enhancement Techniques for UMTS
- 23.11.2001 **Suresh Ghalsasi, Carlos Sabido** – Betreuer: S. Butenweg  
(LKN)  
Traffic Engineering in a Quality of Service Internet
- 23.11.2001 **Jianxiang Peng** – Betreuer: M. Mecking, T. Stockhammer  
(LNT)  
Coded Modulation - Design Rules from Information Theory
- 30.11.2001 **Yavuz Saglam, Lan Chen** – Betreuer: D. Schupke (LKN)  
Resilient Packet Rings - Layer 2 Support for IP-Multimedia
- 30.11.2001 **Sachin Shukla, Kalyan Uppalapati** – Betreuer: A. Riedl (LKN)  
IP-Oriented Operations and Management
- 30.11.2001 **Peng Gao, Chao Shen** – Betreuer: R. Schollmeier (LKN)  
The MBONE - Multicast-Support for IP-Multimedia  
Applications
- 07.12.2001 **Emmanuel Markatatos, Nadim Assaf** – Betreuer: Z. Dawy  
(LNT)  
Random-Access Communication Systems
- 07.12.2001 **Gudmundur Magnusson, Giannis Valavanis** – Betreuer:  
G. Liebl (LNT)  
Packet Access in UMTS Networks

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 3<sup>rd</sup> semester. The presentations are given by MSCE students. Organization: M.M. Tromparent (LKN) and Zaher Dawy (LNT).

- 11.01.2002 **Leonidas Tzevelekas, Andreas Voulgarelis** – Betreuer:  
I. Gruber (LKN)  
QoS in Ad Hoc Networks
- 11.01.2002 **Beatriz Hargrave, Jae Young Hur** – Betreuer: P. Sties (LKN)  
Comparison of Call Models in IP-Telephony Systems
- 18.01.2002 **Nilesh Madhu, James Ghirlando** – Betreuer: J. Barros (LNT)  
Digital Watermarking of Multimedia Data
- 18.01.2002 **Darli Mello, Panji Setiawan** – Betreuer: A. Schaefer (LNT)  
Turbo Coding Analysis Using EXIT Charts
- 18.01.2002 **Nitin Nangare, Chin Shun Wong** – Betreuer: M. Tüchler  
(LNT)  
Algebraic Soft-Decision Decoding of Reed Solomon Codes
- 25.01.2002 **Issam Elhaddioui, Nader Antar** – Betreuer: A. Bör (LKN)  
Application Service Providing (ASP)
- 25.01.2002 **Richard Tantama, Chandra Tambrin** – Betreuer: J.  
Glasmann (LKN)  
Conference Control in SIP and H. 323 - A Comparison

### Wintersemester 2002/2003

#### Talks by External Experts:

- 22.11.2002 Dr.-Ing. **Wolfgang Kellerer**, DoCoMo Communications  
Laboratory Europe  
Towards Fourth Generation Mobile Communications

#### Talks by Lecturers and Students:

- 29.11.2002 **Zhao Qingzhu** – Betreuer: T. Fischer (LKN)  
Passive Optical Networks: Technology, Multiple Access and  
Performance
- 29.11.2002 **Yan Gao** – Betreuer: I. Oikonomidis (LNT)  
Scalability of Wireless Ad Hoc Networks
- 29.11.2002 **Saronchan Jaranakaran** – Betreuer: Z. Dawy (LNT)  
Power-Aware Routing Protocols for Wireless Ad Hoc Networks
- 06.12.2002 **Abhijit Chowdhury** – Betreuer: T. Stockhammer (LNT)  
Entropy Constrained Vector Quantization
- 06.12.2002 **Le Xuan Dat** – Betreuer: M. Mecking, T. Stockhammer (LNT)  
Bit Interleaved Coded Modulation
- 06.12.2002 **Robert Li** – Betreuer: P. Tabery (LKN)  
New Protocols for Internet Mobility
- 13.12.2002 **Jaini Laxmi Prasanna** – Betreuer: S. Sharafeddine (LKN)  
Voice Over IP: Implementation and Limitations
- 13.12.2002 **Deng Xiang Meng** – Betreuer: J. Xi (LKN)  
Wireless Internet Enabling Technologies

- 13.12.2002 **Jamin Corona** – Betreuer: J. Xi (LKN)  
Challenges in Charging and Billing for Wireless Internet Access
- 10.01.2003 **Shoaib Khan** – Betreuer: J. Barros (LNT)  
Source Coding Strategies for Wireless Sensor Networks
- 10.01.2003 **Natha Kongtong** – Betreuer: M.M. Tromparent (LKN)  
Topology Discovery in IP Networks
- 10.01.2003 **Silvi Pitriani** – Betreuer: A. Riedl (LKN)  
Measuring the Internet - Issues, Methodologies and Tools
- 17.01.2003 **Geng Peng** – Betreuer: H. Jenkač (LNT)  
Multiple Traffic Scheduling for Enhanced GPRS
- 17.01.2003 **Javed Malek** – Betreuer: M. Tüchler (LNT)  
Finite Geometries with Application to Low Density Parity-  
Check Codes
- 17.01.2003 **Sunnel Reddy** – Betreuer: A. Schaefer (LNT)  
Interleaver Design for Turbo Codes
- 24.01.2003 **Deepak Ross** – Betreuer: A. Gruber (LKN)  
Routing Convergence of Intra- and Inter-Domain Routing  
Protocols OSPF and BGP
- 24.01.2003 **Roger Abou Jaoude** – Betreuer: C. Bettstetter (LKN)  
Advances in Ultra Wideband Wireless Communications
- 24.01.2003 **Ibrahim Budiarto** – Betreuer: Z. Dawy (LNT)  
Coverage Enhancement Techniques for CDMA Cellular  
Systems

### 3.6 Kolloquium Informationstechnik

- 24.10.2001 Prof. **Daniel J. Costello**, University of Notre Dame,  
Indiana, USA:  
The Genesis of Coding Theory
- 07.11.2001 Dr.-Ing. **Michael Schopp**, Siemens AG München:  
UMTS und IP
- 05.12.2001 Dr.-Ing. **Tim Fingscheidt**, Siemens AG München:  
Übersicht zur Sprachsignalverarbeitung in Mobiltelefonen
- 09.01.2002 Prof. Dr.-Ing. **Bernhard Schmauß**, Lehrstuhl für  
Hochfrequenztechnik, Friedrich-Alexander-Universität  
Erlangen-Nürnberg:  
Key Technologies for High Capacity Optical Transmission  
Systems
- 16.01.2002 Dipl.-Ing. **Stephan Spitz**, TÜV Süddeutschland:  
Aufbau einer Public-Key-Infrastruktur (PKI)
- 23.01.2002 Dr.-Ing. **Thomas Bauschert**, Siemens AG München:  
Methoden zur Planung multimediafähiger Breitbandnetze

Dieses Seminar ist eine Veranstaltung der Lehrstühle für

- Datenverarbeitung (Prof. Dr.-Ing. K. Diepold),
- Nachrichtentechnik (Prof. Dr.-Ing. J. Hagenauer, Prof. Dr.-Ing. G. Hauske)
- Realzeit-Computersysteme (Prof. Dr.-Ing. G. Färber).
- Kommunikationsnetze (Prof. Dr.-Ing. J. Eberspächer, Prof. Dr.-Ing. E. Steinbach),
- Mensch-Maschine-Kommunikation (Prof. Dr.-Ing. habil. G. Rigoll).

Aufgeführt sind hier nur die Vorträge vom Wintersemester 2001/2002, als der Lehrstuhl für Nachrichtentechnik verantwortlich war. Die Organisation lag in den Händen von Dipl.-Ing. Günther Liebl.

In diesem Kapitel sind alle Lehrveranstaltungen und Weiterbildungsseminare zusammengefasst, die von Lehrstuhlangehörigen an anderen Universitäten bzw. an Fortbildungseinrichtungen in der Industrie abgehalten wurden.

### 3.7 Weitere Lehrveranstaltungen und Weiterbildung

Bauer, R.: Digitaler Mobilfunk. Vorlesung am Chinesisch-Deutschen Hochschulkolleg an der Tongji-Universität Shanghai, China, 15.04.–19.04.2002

Hagenauer, J.: Das Turbo-Prinzip. Vorlesung am Institut für Nachrichtentechnik der Technischen Universität Wien, 14.03.–06.04.2001

Hagenauer, J.: Einführung in die digitalen Modulationsverfahren. CCG-Kurs, Oberpfaffenhofen, 18.–22.03.2002

Hagenauer, J.; Schmidbauer, A.: UMTS. CCG-Kurs, Oberpfaffenhofen, 09.–12.10.2001

Hagenauer, J.; Huber, J.; Tüchler, M.: Das Turbo-Prinzip in der Nachrichtentechnik. Kurs der gemeinsamen Ferienakademie der Technischen Universität München und der Universität Erlangen-Nürnberg, Sarntal/Südtirol, 23.09.–07.10.2002

Kaindl, M.: Elektromog. 4. Weiterbildungsseminar für Lehrer an beruflichen Schulen (LB), Technische Universität München, 07.11.2002

Liebl, G.: Einführung in die Mobilkommunikation. 4. Weiterbildungsseminar für Lehrer an beruflichen Schulen (LB), TU München, 07.11.2002

Offer, E.: Fundamentals of Communication Theory. Vorlesung im Rahmen des International Graduate Program *Master of Science in Microwave Engineering* (MSMWE), Technische Universität München, Wintersemester 2001/2002

Offer, E.: Fundamentals of Communication Theory. Vorlesung im Rahmen des International Graduate Program *Master of Science in Microwave Engineering* (MSMWE), Technische Universität München, Wintersemester 2002/2003

Schmidbauer, A.: UMTS. CCG-Kurs, Oberpfaffenhofen, 15.–18.10.2002

Söder, G.: Digitale Übertragungssysteme. Praktikum an der Johannes Kepler Universität Linz, Österreich, 7 Termine im Wintersemester 2001/2002

Söder, G.: Digitale Übertragungssysteme. Praktikum an der Johannes Kepler Universität Linz, Österreich, 7 Termine im Wintersemester 2002/2003

Stockhammer, T.: Introduction to Mobile Communications and Channel Coding, CCG-Kurs *Audio- und Videokommunikation im Internet und in Mobilfunknetzen*, Oberpfaffenhofen, 03.07.2002

# 4

## Diplomarbeiten

## Master Theses Studienarbeiten

### 4.1 Diplomarbeiten

- 20.06.2001 **Michael Strobl** – Betreuer: T. Stockhammer, G. Liebl  
Video-Streaming für Kanäle mit variabler Bitrate
- 16.07.2001 **Philipp Hofmann** – Betreuer: T. Stockhammer, G. Liebl  
Statistical Resource Allocation for Video Transmission Over the Multiuser System UMTS
- 16.07.2001 **Jan Whitehead** – Betreuer: A. Schmidbauer  
Blinde Schätzung von Mobilfunkkanälen mit Berücksichtigung von Apriori-Information
- 28.09.2001 **David Liebermann** – Betreuer: G. Liebl, T. Stockhammer  
Dynamische Steuerung eines Paketverlustdemonstrators mittels extern gemessener Kanalstatistiken
- 28.09.2001 **Dionis Samoilenko** – Betreuer: J. Barros  
Synchronisation von Multimedia-Datenströmen
- 08.10.2001 **Hrvoje Jenkač** – Betreuer: T. Stockhammer, C. Weiß  
Feedback and Error Protection Strategies for Wireless Video Transmission
- 25.10.2001 **Maël Thevenet** – Betreuer: Dr. Offer, Dr. Furst (Siemens AG)  
Entwicklung eines diskreten Kanalmodells zur Untersuchung von Kanalcodierung bei optischen Übertragungssystemen
- 05.12.2001 **Tobias Oelbaum** – Betreuer: T. Stockhammer, D. Marpe (HHI Berlin)  
H.26L for Mobile Applications
- 20.12.2001 **Anton Ilsanker** – Betreuer: Prof. Hauske, Dr. Wismüller (LMU, Institut für Radiologie)  
Neuronale Netze in der biomedizinischen Bildfolgenanalyse
- 20.12.2001 **Bing Liang** – Betreuer: M. Witzke, S. Bärö  
Datenübertragung in Multiple-Input/Multiple-Output-Systemen mit „Iterative Interference Cancellation“

### 4.1 Diplomarbeiten

### 4.2 Master Theses

### 4.3 Diplomarbeiten/Master Theses anderer Hochschulen

### 4.4 Zulassungsarbeiten für den Studiengang LB

### 4.5 Studien- und Bachelorarbeiten

Im abgelaufenen Berichtszeitraum wurden am Lehrstuhl für Nachrichtentechnik 34 Diplomarbeiten für den Studienabschluss *Dipl.-Ing.* und zwei weitere Arbeiten für die Studienrichtung *Lehramt an beruflichen Schulen (LB)* durchgeführt. Des Weiteren wurden von Studierenden der TU München insgesamt 17 Master Theses für den Studienabschluss M.Sc. angefertigt, dazu kamen noch acht Diplomarbeiten bzw. Master Theses ausländischer Hochschulen in China, Frankreich, Italien und Spanien.

Von den LNT-Mitarbeitern wurden dazu 4 Studien- und 8 Bachelorarbeiten betreut. Letztere sind seit einem Jahr für alle TU-Studenten Pflicht, die nach dem 6. Semester den Bachelorgrad erlangen wollen.

Seit Übernahme des Lehrstuhls durch Prof. Hagenauer (01.04.1993) haben insgesamt 353 Studierende ihre Abschlussarbeit (Diplom- und Zulassungsarbeit bzw. Master Thesis) bei uns abgelegt.

- 20.12.2001 **Iker Llona Sarmiento** – Betreuer: Dr. Görtz, M. Kaindl  
Multiple Description Vector Quantization and its Usability in Coded Speech Transmission
- 20.12.2001 **Bernd Weber** – Betreuer: A. Schmidbauer, W. Dirschedl (Rohde & Schwarz)  
Überprüfen der Funktionalität von DSP und CODEC mit zu erstellender Prüf-Software
- 24.01.2002 **Andreas Mair** – Betreuer: Dr. Söder, A. Schmidbauer, T. Brauns-  
torfinger (Rohde & Schwarz)  
Verifikation eines Mobilfunksignals nach dem UMTS-Standard 3GPP-TDD
- 26.03.2002 **Ingo Bauermann** – Betreuer: Dr. Söder, P. Eck (Fa. Syntion)  
Entwicklung eines effizienten Backends für die Burrows-Wheeler-Trans-  
formation
- 26.03.2002 **Pornchai Leelapornchai** – Betreuer: Dr. Görtz, Prof. Hage-  
nauer  
Packet-Oriented Source Coding on the Basis of Multiple Description
- 26.03.2002 **Frank Schreckenbach** – Betreuer: M. Witzke, S. Bäro  
Entwicklung von Verfahren zur Interferenzunterdrückung für Multi-Stratum  
Space-Time-Codes (MSSTC) in Mehrantennensystemen
- 26.03.2002 **Peter Strasser** – Betreuer: G. Liebl, T. Stockhammer  
Efficient Multiplexing of IP-Streams at the GSM-GPRS Air-Interface
- 23.05.2002 **Christian Kuhn** – Betreuer: M. Tüchler  
Iterative Kanalschätzung, Kanalverzerrung und Decodierung für den EDGE-  
Standard
- 23.05.2002 **Lee Meng Tuck** – Betreuer: A. Schaefer  
Analysis and Application of EXIT Charts in Iterative Decoding Schemes
- 27.06.2002 **Ulrich Nuding** – Betreuer: Prof. Hauske, Dr. Zetzsche (LMU)  
Transformation statistischer Abhängigkeiten durch nichtlineare Filterung
- 27.06.2002 **Jürgen Veitenhansl** – Betreuer: Dr. Söder, Dr. Eichin  
Internetbasiertes Tutorial für die Nachrichtentechnik: Module zur Thematik  
Stochastische Signale
- 25.07.2002 **Oliver Rauh** – Betreuer: S. Bäro, M. Witzke  
Verbesserung von MIMO-Übertragung durch aufwandsgünstige APP-De-  
tektion
- 25.07.2002 **Markus Weinhold** – Betreuer: J. Zangl  
Übertragungsverfahren für drahtlose Ad-Hoc-Netze
- 17.09.2002 **Ljubiša Goganovič** – Betreuer: Prof. Hauske, Dr. Fang (Sie-  
mens Corp. Princeton, USA)  
Virtuelle Endoskopie zur Erkennung von Polypen des Kolons
- 17.09.2002 **Shervin Nouyan** – Betreuer: Prof. Hauske  
Implementation of an Insect-Based Model for Distributed Factory Co-  
ordination

17.10.2002 **Anne-Laure Chartier** – Betreuer: F. Schreckenbach, Dr. Weiß,  
Dr. Bauch (DoCoMo Europe)  
Advanced Channel Coding and Modulation for 4G Mobile Systems

14.11.2002 **Xavier Boniface** – Betreuer: M. Kaindl, Dr. Xu (Siemens AG)  
Flexible Layer One for the GSM/EDGE Radio Access Network

14.11.2002 **Erik Bresch** – Betreuer: Dr. Görtz  
Quality Improvements in Source-Adaptive Modulation

14.11.2002 **Florian Obermeier** – Betreuer: T. Stockhammer, H. Jenkač,  
Dr. Wiegand (HHI Berlin)  
H.264 Video in IP-Based Conversational Applications

12.12.2002 **Rolf Hofmaier** – Betreuer: Prof. Hauske  
Subjektive Bewertung der Bildqualität von Videosequenzen

23.01.2003 **Robert Stumpe** – Betreuer: M. Mörz, Dr. Cinkler (Fa. Infineon)  
Hardwarenahe Untersuchung und VHDL-Implementierung eines Turbo-De-  
coders

20.02.2003 **Bülent Aksu** – Betreuer: Dr. Söder, Dr. Eichin  
Weiterentwicklung des Autorensystems für das internetbasierte Lerntutorial  
LNTwww

20.02.2003 **Marc Findeli** – Betreuer: H. Jenkač, T. Stockhammer, B. Wim-  
mer (Siemens AG)  
MPEG-4 based Video Streaming over UMTS

20.03.2003 **Arnaud Martin** – Betreuer: M. Mörz  
Efficient Decoding of Turbo Codes

20.03.2003 **Marco Schimmel** – Betreuer: Dr. Görtz  
Anwendung der quellenadaptiven Modulation auf die AMR-Sprachcodecs

## 4.2 Master Theses

30.08.2001 **Theodossis Papageorgiou** – Betreuer: A. Schmidbauer, M. Scholz  
(Fa. Infineon)  
Phase Locked Loop Filter Design for Mobile Communication Systems  
GSM-900 and PCS-1800

28.09.2001 **Ziad Bassila** – Betreuer: M. Mecking, Z. Dawy  
Serial Interference Cancellation for WCDMA Cellular Systems

28.09.2001 **Jiarui Ni** – Betreuer: A. Schmidbauer, Dr. Bilgic (Fa. Infineon)  
RF Impairments on UMTS Receivers

01.10.2001 **Pedro Agante** – Betreuer: G. Liebl, Dr. Burkert (Siemens AG)  
Channel Estimation for UMTS Based CDMA Mobile Communications  
Systems

01.10.2001 **Ioannis Oikonomidis** – Betreuer: J. Barros  
Multiple Description Audio Coding for Packet Networks

01.10.2001 **Dan Yu** – Betreuer: S. Bairo, T. Stockhammer  
Channel Coding Toolbox for Multimedia Transmission

08.10.2001 **Dimitrios Kontopodis** – Betreuer: T. Stockhammer, Dr. Wiegand (HHI Berlin)  
Error Resilient Video Coding for Packet Switched Networks

08.10.2001 **Wen-Chieh Yen** – Betreuer: M. Tüchler  
High-Rate Convolutional Codes for Magnetic Recording

05.12.2001 **Siavash Sheik Zeinoddin** – Betreuer: M. Tüchler, Dr. Herzog (Siemens AG)  
Iterative Detection and Decoding in the EDGE System

20.08.2002 **Nitin Ashok Nangare** – Betreuer: M. Tüchler, Dr. Neeser (IBM/Zürich)  
Reduced-Complexity Forward/Backward Equalization for Turbo Equalization in EDGE Receivers(MSCE)

22.08.2002 **Xu Tongmin** – Betreuer: T. Stockhammer, Dr. Wiegand (HHI, Berlin)  
Fast Channel-Optimized Mode Selection for H.26L Video Transmission

16.10.2002 **Nadim Assaf** – Betreuer: M. Mecking, Dr. Seeger, T. Grundler (beide Siemens AG)  
Performance Analysis of Hybrid ARQ for High Speed Packet Downlink Packet Access

16.10.2002 **Saša Davidović** – Betreuer: Z. Dawy, M. Mecking, Dr. Seeger (Siemens AG)  
Coverage Enhancement for CDMA Cellular Systems

16.10.2002 **Xiang Li** – Betreuer: Z. Dawy, M. Mecking, Dr. Seeger (Siemens AG)  
Enhanced Channel Estimation for WDCMA Cellular Systems with Interference Cancellation

17.10.2002 **James Ghirlando** – Betreuer: M. Mörz, A. Schaefer  
Implementation of a Turbo Decoder in Analog VLSI

17.10.2002 **Jae Young Hur** – Betreuer: A. Schaefer, M. Mörz  
Design and Simulation of Dual Analog Decoder

17.10.2002 **Darli Augusto de Arruda Mello** – Betreuer: Dr. Offer, Dr. Reichert (Siemens AG)  
Impact of Nonlinear Fiber Effects on FEC Design for Optical Transmission Systems

### 4.3 Diplomarbeiten/Master Theses anderer Hochschulen

26.04.2001 **Fernando Ona** – Betreuer: G. Liebl, B. Wimmer (Siemens AG)  
Universidad de Zaragoza, Spanien  
Design and Implementation of a Simulation Environment for Multimedia IP Traffic over UMTS

31.05.2001 **Maria J. A. Garrido** – Betreuer: M. Kaindl  
Universidad de Zaragoza, Spanien  
Development of a Speech Recognition System Using Hidden Markov Model Toolkit HTK

07.07.2001 **Chen Xiaoming** – Betreuer: M. Kaindl  
Tongji University Shanghai, Chinesisch-Deutsches Hochschulkolleg  
Verbesserung der Kanaldecodierung beim AMR-Codec durch Apriori-  
Wissen auf Parameterebene

23.07.2001 **Zhang Liwen** – Betreuer: M. Tüchler  
Tongji University Shanghai, Chinesisch-Deutsches Hochschulkolleg  
Iterative Equalization and Decoding in OFDM

30.08.2001 **Martin Aymeric** – Betreuer: T. Stockhammer, Dr. Kaup (Siemens AG)  
ENSIEG / Grenoble, Frankreich  
Effiziente Codierung und Suche von bewegungsbasierten Videodeskriptoren  
in MPEG-7

23.05.2002 **Mercedes Munoz** – Betreuer: G. Liebl  
Universidad de Zaragoza, Spanien  
Scheduling Strategies for IP-Streams Over the UMTS Downlink Shared  
Channel

16.10.2002 **Agustin Díaz-Pinés López De Los Mozos** – Betreuer: T. Stockhammer, Dr. Wiegand (HHI Berlin)  
Universidad Politecnica de Madrid, Spanien  
Enhanced Reference Picture Selection and Data Partitioning for Scalability  
in H.26L

14.11.2002 **Tamara Sotgiu** – Betreuer: G. Liebl, J. Barros  
Politecnico Torino, Italien  
Multiple Description Coding in Congested Networks

#### **4.4 Zulassungsarbeiten für den Studiengang LB**

11.01.2002 **Martin Winkler** – Betreuer: Dr. Söder, Dr. Eichin  
Entwicklung einer datenbankgestützten Lernumgebung für nachrichten-  
technische Inhalte im Internet

28.11.2002 **Reinhold Sixt** – Betreuer: Dr. Eichin, Dr. Söder  
Internetbasiertes Tutorial für die Nachrichtentechnik: Module zur Thematik  
„Signaldarstellung“

#### **4.5 Studien- und Bachelorarbeiten**

16.07.2001 **Frank Schreckenbach** – Betreuer: A. Schmidbauer  
Konvergenzeigenschaften des Super-Exponential-Algorithmus zur blinden  
Entzerrung

23.08.2001 **Katia Runser** – Betreuer: Dr. Görtz  
Study of the Joint Optimization of VQ Codebooks and QAM Signal Con-  
stellations for AWGN Channels

09.10.2001 **Kai Steinert** – Betreuer: Prof. Hauske  
Wahrnehmbarkeit von Störungen als Funktion der Tiefpass-Grenzfrequenz  
und der Phasenstatistik (1)

09.10.2001 **Stefan Skudlarek** – Betreuer: Prof. Hauske  
Wahrnehmbarkeit von Störungen als Funktion der Tiefpass-Grenzfrequenz  
und der Phasenstatistik (2)

02.09.2002 **Kangyi Long** – Betreuer: J. Barros  
Comparison of Multiple Description Coding Schemes Based on Network Simulations

17.09.2002 **Pee Beng Kong** – Betreuer: S. Bärö  
Space-Time Trellis Codes: Implementation of a MAP Decoder in Matlab

20.09.2002 **Pavol Hanus** – Betreuer: M. Mörz  
Analoge Decodierung von Turbo-Codes

02.10.2002 **Mehrnoush Rahmani** – Betreuer: J. Barros  
Complementary Punctured Convolutional Codes for Multiple Descriptions

07.01.2003 **Sinja Brandes** – Betreuer: M. Witzke  
Untersuchung von iterativen linearen Detektoren in MIMO-Systemen mit dem „EXIT Chart“

08.01.2003 **Stephan Hellerbrand** – Betreuer: Dr. Görtz  
Source-Adaptive Shifting of ASK-Modulation Signal Sets: Performance and Theoretical Limits

05.02.2003 **Thomas Rosner** – Betreuer: M. Mörz  
Turbo-Decodierung in UMTS

05.02.2003 **Axel Schmitt-Nilson** – Betreuer: M. Kaindl  
Optimierte Paketierung für durch Paketverlust punktierte Faltungscodes

06.02.2003 **Philipp Scharl** – Betreuer: M. Witzke  
Untersuchung verschiedener Senderstrukturen von Multiple-Input Multiple-Output (MIMO) Systemen

Dr.-Ing. Thomas Hindelang:

## Source-Controlled Channel Encoding and Decoding for Mobile Communications

Vorsitzender: Prof. Dr. rer. nat. Manfred Lang  
1. Bericht: Prof. Dr.-Ing. Joachim Hagenauer  
2. Bericht: Prof. Dr.-Ing. Peter Vary (RWTH Aachen)

Tag der mündlichen Prüfung: 20.11.2001



Due to delay constraints and complexity aspects there is some redundancy left after source coding which can be used as a priori knowledge in channel *or* source decoding. Algorithms are derived which exploit the redundancy given by unequal distribution of parameters, by time correlation, and by cross correlation of different parameters. The quality after source decoding is improved by the use of the same a priori knowledge in channel *and* source decoding and by the extension to iterative source and channel decoding. A special aspect is set on the influence of the bit-mapping and on the derivation of bounds. The advantages of recursive systematic convolutional coding and unequal error protection are shown.

A main emphasis is set on applicability: A substantial gain in performance is achieved for the GSM full rate codec without changing the standard. A proposal of an AMR (*Adaptive Multi-Rate*) codec is presented. At the example of the ANSI-TIA 136 it is shown that combined source and channel coding using scalar quantizers outperforms the standardized system.

Allgemein bleibt nach der Sprachcodierung eine Restredundanz stets bestehen, da sowohl die Rechenkomplexität als auch die erlaubte zeitliche Verzögerung begrenzt sind. In den letzten Jahren gab es viele

Veröffentlichungen, die die Redundanz zur Verbesserung der Sprach- oder Kanaldecodierung einsetzen. Auch wurden Verfahren beschrieben, die die Codierung angepasst an Quelle und Kanal durchführen.

In der Dissertation [1] werden zuerst die existierenden Verfahren zur Kanaldecodierung mit Apriori-Wissen auf die Symbolebene erweitert und generalisiert, so dass sie in jedem Übertragungssystem eingesetzt werden können, das nach der Quellencodierung eine gewisse Restredundanz enthält und bei dem durch Kanalcodierung Fehlerschutz hinzugefügt wird. Im nächsten Schritt werden alle drei Arten der Restredundanz, die in einem typischen Sprachcoder vorkommen, zur Verbesserung der Kanaldecodierung genutzt. Es sind dies: die Restredundanz aufgrund der ungleichen Verteilung von Symbolwerten, die Zeitkorrelation von Parametern und die Kreuzkorrelation von unterschiedlichen Parametern.

Ein Hauptaugenmerk wird dabei auf das *Bit-Mapping* gelegt, das sowohl die Sprachqualität als auch den Decodiergewinn beeinflusst. Des Weiteren enthalten nach der Sprachcodierung nicht alle Bits oder Parameter Restredundanz. Deshalb werden einige obere Schranken für die Bitfehlerrate (BER) hergeleitet, falls in der Faltungsdecodierung nur für einen Teil der Bits Apriori-Wissen angenommen werden kann.

Die Turbo-Decodierung ist wegen ihrer Fehlerkorrektureigenschaften bekannt. Das Prinzip wird auf eine iterative Quellen- und Kanaldecodierung erweitert, die man auch in bestehende Systeme einsetzen kann.

Auf die Anwendbarkeit der oben genannten Algorithmen in realen Sprachübertragungssystemen wird sehr viel Wert gelegt. Deshalb werden die Prinzipien der Quellen- und Kanaldecodierung in die GSM-Vollraten-Decodierung integriert. Ohne den Standard zu verändern, werden große Gewinne in der Sprachqualität erzielt. Die Forschungsergebnisse auf dem Gebiet der rekursiv-systematischen Faltungscodes, des ungleichen Fehlerschutzes und der Decodierung mit Apriori-Wissen flossen in einen Vorschlag für den AMR-Codec mit ein. Schließlich wird anhand des ANSI-TIA 136 gezeigt, dass eine gemeinsame Quellen- und Kanalcodierung den Standard bei weitem übertrifft. Dabei wird zugunsten von skalaren Quantisieren die Übertragungsrate nach der Sprachcodierung erhöht. Die nun geringere Rate für die Kanalcodierung wird durch das nun größere Apriori-Wissen mehr als kompensiert.

[1] Hindelang, T.: *Source-Controlled Channel Encoding and Decoding for Mobile Communications*. VDI Fortschritt-Berichte, Reihe 10, Nr. 695, VDI Verlag, Düsseldorf, 2002

**Dr.-Ing. Christian Weiß:**

## **Error Correction with Tail-Biting Convolutional Codes**

Vorsitzender: Prof. Dr. techn. J. Swoboda  
 1. Bericht: Prof. Dr.-Ing. J. Hagenauer  
 2. Bericht: Bettex Prof. D. J. Costello, Ph.D.  
 (University of Notre Dame, Indiana/USA)

Tag der mündlichen Prüfung: 07.12.2001

This thesis deals with channel coding schemes based on tail-biting convolutional codes that show a good performance for applications with stringent constraints on the maximum tolerable delay and bandwidth expansion. Towards this end, the tail-biting technique is extended to recursive convolutional encoders, and concatenated codes are designed that are especially suited for iterative decoding. Trellis-based a posteriori probability (APP) decoding algorithms for tail-biting codes are presented where the focus is on reducing computational complexity. In particular, computationally efficient exact and approximate APP decoding algorithms for high-rate tail-biting codes based on the dual trellis are investigated. The performance of these algorithms as component decoders for parallel concatenated codes is assessed by both theoretical analysis and simulation results. Moreover, the Golay convolutional code is used to construct a powerful class of rate-compatible punctured convolutional (RCPC) codes; new structural results for puncturing convolutional encoders as well as unit-memory (UM) codes are derived. Finally, the performance of tail-biting codes in conjunction with iterative decoding is investigated for two applications: magnetic recording and encoded transmission of DPSK signals.

Die Leistungsfähigkeit von Fehler-schutzverfahren für digitale Übertragungssysteme ist häufig dadurch begrenzt, dass die zu übertragende Anwendung strenge Anforderungen an die maximale Bandbreitenerweiterung und die maximal zulässige Blockgröße stellt. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit Kanal-

codierverfahren, die durch den Einsatz von *Tail-Biting-Faltungscodes* für derartige Systeme besonders geeignet sind. Die Grundidee hierbei ist, den zugrunde liegenden Faltungscoder im selben Zustand zu starten, in dem er nach Codierung des Informationsblocks endet (*Tail-Biting-Bedingung*). Durch dieses Vorgehen weisen Tail-Biting-Codes im Gegensatz zu terminierten Faltungscodes auch für kurze Blocklängen keinen Ratenverlust auf.

Zunächst wird die Technik des Tail-Biting auf rekursive Faltungscoder erweitert. Dazu wird ein Algorithmus entwickelt, der für allgemeine Coderstrukturen den zur Erfüllung der Tail-Biting-Bedingung benötigten korrekten Anfangszustand bestimmt. Aus der Analyse dieses Algorithmus lassen sich Längenbeschränkungen für rekursiv erzeugte Tail-Biting-Codes erklären. Eine genaue Untersuchung von Distanzstruktur und *Uniform-Interleaver*-Ansatz zeigen, dass rekursiv codierte Tail-Biting-Codes alle Anforderungen für den Einsatz als Komponentencodes in verketteten Codesystemen erfüllen. Basierend auf diesen Ergebnissen werden Entwurfsregeln für Tail-Biting-Komponentencodes vorgestellt, die im Weiteren anhand von Simulationsergebnissen validiert werden. Außerdem wird für ausgewählte Coderaten und -gedächtnisse eine Codesuche entsprechend dieser Regeln durchgeführt.

Die Leistungsfähigkeit iterativer Decodierverfahren beruht wesentlich auf sog. *Soft-In/Soft-Out*-Decodern, wobei der optimale Soft-Output durch die *A-Posteriori-Probability (APP)-Decodierregel* erzeugt wird. Es werden effiziente trellisbasierte Implementierungen der APP-Decodierregel vorgestellt, wobei man die

Aufwandsreduktion durch suboptimale Ansätze erreicht, für hochratige Codes mit Hilfe des dualen Trellis.

Neben ihren Vorteilen bei kurzen Codeblöcken sind Tail-Biting-Codes auch deshalb interessant, weil sie eine Verbindung zwischen den Klassen der Block- und Faltungscodes herstellen. Dies ermöglicht zum einen die Anwendung trellisbasierter Decodierverfahren zur Decodierung bestimmter Blockcodes, zum anderen die „Konstruktion“ von guten Faltungscodes. Das bekannteste Beispiel eines solchen „konstruierten“ Faltungscodes ist der Golay-Faltungscode, der seinen Namen der Tatsache verdankt, dass er anhand eines Tail-Biting-Trellis für den erweiterten (24,12)-Golay-Blockcode gefunden wurde. Motiviert durch die Interpretation des Golay-Faltungscodes als punktierter bzw. als Unit-Memory-Code werden strukturelle Ergebnisse für diese Codeklassen erarbeitet und es wird die Leistungsfähigkeit des Golay-Faltungscodes sowie davon abgeleiteter Tail-Biting-Codes als Komponentencodes für iterativ decodierbare parallel verkettete Codes untersucht. Weiterhin wird basierend auf dem Golay-Faltungscode eine neue Familie von ratenkompatibel punktierten Faltungscodes vorgestellt, die die Distanzeigenschaften bekannter Familien mit denselben Parametern verbessert.

Abschließend wird die Leistungsfähigkeit von Tail-Biting-Codes zusammen mit iterativen Verfahren beispielhaft für zwei Anwendungen – die magnetische Aufzeichnung von Daten auf Festplatten sowie die codierte Übertragung von DPSK- (Differential-Phase-Shift-Keying)-Signalen – demonstriert.

Die Dissertation ist 2002 erschienen unter ISBN 3-00-009426-1.

## Kanalcodierung für Quellencodes variabler Länge

Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. Georg Färber

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

2. Bericht: Prof. Dr.-Ing. Peter Noll (Technische Universität Berlin)

Tag der mündlichen Prüfung: 22.4.2002



The thesis addresses different channel coding approaches when variable length codes (VLC) are used for data compression. Firstly unequal error protection with regard to the sensitivity of the compressed source data is applied to variable length encoded sequences.

Also List-Viterbi-Decoding provides good performance results in the context of VLC because the algorithm is designed to reduce the block error rate which matches very well with the requirements of VLC.

A new variation of the turbo principle is introduced which allows iterative decoding between an inner channel code and an outer variable length source code. Several trellis representations allow soft-in/soft-out decoding of VLCs. Depending on the intended application the soft output can be either symbol based or bit based. This concept results in a significant reduction of the symbol error rate compared to conventional instantaneous VLC decoding. A key issue in the design of an iterative source channel decoding scheme is the choice of an appropriate variable length code. Distance properties are a critical parameter in this context. The recently introduced EXIT-charts technique allows a good prediction of the performance of VLCs within an iterative source channel decoding system.

Finally iterative source-channel decoding is applied to compressed audio and text data. In the latter case further improvements can be obtained by considering statistical dependency between consecutive symbols which can be modeled by a Markov-source.

In der Arbeit werden verschiedene Ansätze zur gemeinsamen Quellen-

und Kanalcodierung bzw. -decodierung behandelt. Der Schwerpunkt liegt auf Systemen, die zur Datenreduktion Codes variabler Länge (engl.: *Variable Length Codes*, VLC) einsetzen. Zunächst wird das bekannte Konzept der quellenangepassten Kanalcodierung unter Verwendung von ungleichmäßigem Fehlerschutz anhand eines Beispiels aus der Audiocodierung untersucht. Obwohl eine bitgenaue Anpassung aufgrund der Eigenschaften von Variable-Längen-Codes nicht möglich ist, kann der Ansatz dennoch auch auf diese Systeme angewandt werden, was bei stark fehlerbehafteten Kanälen zu einer deutlichen Verbesserung in der erreichbaren Signalqualität führt.

Die List-Viterbi-Decodierung umfasst zwar nur Komponenten der Kanalcodierung, sie eignet sich aber gut als Methode zur Fehlerkorrektur bei stark komprimierten Daten. Ihre Eigenschaft, die Anzahl der verbleibenden Fehlerereignisse und damit auch die Anzahl der Rahmenfehler zu reduzieren, kommt den Anforderungen von Kompressionsalgorithmen entgegen, bei denen sich einzelne Fehlerereignisse stark störend auswirken können.

Mit der gemeinsamen iterativen Quellen- und Kanaldecodierung bei Verwendung von Variable-Längen-Codes wird ein neuer Ansatz eingeführt, der das sog. Turbo-Prinzip auf Quellen- und Kanalcodiersysteme erweitert. Verschiedene Trellisdarstellungen der VLC erlauben eine Soft-In/Soft-Out-Decodierung dieser Codes und ermöglichen damit den Einsatz entsprechender Decoder in einem iterativen Decodiersystem. Je nach vorgesehener Anwendung ist eine bit- oder quellensymbolweise Berechnung der Zuverlässigkeit von

Decodierentscheidungen möglich, wobei sich entsprechend der im Decoder verfügbaren Seiteninformation (Länge der codierten Sequenz in Bits oder Quellensymbolen) unterschiedliche Decodierstrategien anwenden lassen. Verschiedene Codes werden auf ihre Eignung für den iterativen Ansatz untersucht, wobei die Distanzeigenschaften der VLC eine wichtige Rolle spielen. In Anlehnung an Codes zur Fehlerkorrektur werden Distanzmaße betrachtet, mit denen sich Variable-Längen-Codes charakterisieren lassen.

Sogenannte *Extrinsic Information Transfer* (EXIT)-Charts erlauben es, das Konvergenzverhalten von iterativen Decodiersystemen ohne aufwändige Rechnersimulationen vorherzusagen. Diese Technik erweist sich auch bei der Analyse von Variable-Längen-Codes innerhalb einer iterativen Quellen- und Kanaldecodierung als sehr hilfreich und bestätigt, dass hinsichtlich der freien Distanz gewisse Minimalanforderungen an einen VLC erfüllt sein müssen, um durch eine iterative Decodierung Gewinne zu erzielen.

Anhand des MP3-Audiodcodierverfahrens wird gezeigt, dass man die iterative Quellen- und Kanaldecodierung nach einer Anpassung der Bitstromsyntax auch in einem komplexeren Datenkompressionssystem einsetzen kann. Wird ausserdem verfügbare Information über zeitliche Bindungen zwischen aufeinanderfolgenden Quellensymbolen, wie dies bei einer Markov-Quelle der Fall ist, bei der Decodierung berücksichtigt, lassen sich weitere Gewinne erzielen. Dies ist z. B. bei Textdaten interessant.

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

### Personalien der Doktoranden

Alle Doktoranden der Jahre 2001/2002 sind Eigengewächse unseres Lehrstuhls: Sie haben an der TU München studiert, danach ihre Diplomarbeit bei uns angefertigt und waren anschließend mehrere Jahre als wissenschaftliche Assistenten am Lehrstuhl für Nachrichtentechnik.

**Dr.-Ing. Thomas Hindelang**, 1967 in Marktoberdorf/Allg. geboren, bearbeitete in der Zeit von 1994 bis 2000 einige Industrieprojekte, u.a. zur Verbesserung der Sprachqualität im Mobilfunk. In einem gemeinsamen



Forschungsprojekt mit Mitarbeitern der RWTH Aachen und der Siemens AG zur adaptiven Multi-Raten-Codierung – die dabei geknüpften Kontakte bestehen zum Teil heute noch – lieferte er einen Vorschlag zur Kanalcodierung. In der Lehre betreute er das Praktikum *Anwendung des Mikroprozessors in der Nachrichtentechnik*. Die guten Verbindungen des LNT ermöglichten ihm einen Forschungsaufenthalt bei AT&T in New Jersey. Seit Sommer 2000 ist Dr. Hindelang bei der Siemens AG im Bereich *Mobile Phones* tätig.

**Dr.-Ing. Christian Weiß**, geboren 1970 in Krumbach, arbeitete nach



seinem Diplom für die Siemens Ltd. Seoul, Korea, im Bereich Kommunikationsnetze und war im Anschluss daran von 1997 bis 2002 Mitarbeiter am LNT. Neben seiner Promotion zum Thema *Error Correction with*

*Tail-Biting Convolutional Codes*, die im Juli 2002 mit dem Texas-Instruments-Award ausgezeichnet wurde, engagierte er sich in der Lehre beim Aufbau der Vorlesung *Channel Coding* im MSCE-Programm und bearbeitete mehrere Industrieprojekte, u. a. im Bereich drahtlose Teilnehmeranschlussnetze, Signalverarbeitung für magnetische Speichermedien und Kanalcodierung für 4G-Mobilfunksysteme. Dr. Weiß war 1996 Stipendiat der Heinz-Nixdorf-Stiftung. Seit Januar 2003 ist er Mitarbeiter der DaimlerChrysler AG in Stuttgart.

**Dr.-Ing. Rainer Bauer**, geboren 1969 in Landshut, war von 1995 bis



2002 wissenschaftlicher Mitarbeiter unseres Lehrstuhls. In dieser Zeit bearbeitete er u. a. ein mehrjähriges DFG-Projekt im Bereich *Digital Audio Broadcasting* und er betreute über viele Jahre die Vorlesung *Mobile Communications*. Sein Forschungsschwerpunkt lag auf dem Gebiet der gemeinsamen Betrachtung von Quellen- und Kanalcodierung sowie -decodierung. Dr. Bauer ist seit Herbst 2002 bei der Vodafone D2 GmbH in Düsseldorf im Bereich *Dienste-Plattformen* tätig.

### Allgemeine Bemerkungen

In der 1906 beginnenden Liste aller Doktoranden am LNT und seiner Vorgängerinstitutionen sind Dr. Hindelang, Dr. Weiß und Dr. Bauer als Nummer 177 bis 179 geführt. Seit Prof. Hagenauer vor nunmehr zehn Jahren die Institutsleitung übernommen hat, war er der Doktorvater von 20 Doktorandinnen und Doktoranden. Die Promotionen, für die er das Koreferat übernommen hat, folgen auf der nächsten Seite.

Sein Vorgänger, Prof. Marko, hat seit seiner Emeritierung zehn Promotionen betreut. Prof. Hauske, der innerhalb der Fakultät das Fachgebiet *Grundlagen der visuellen Kommunikation* vertritt, war Erstgutachter in sieben Promotionsverfahren, so dass in den letzten zehn

Jahren 37 Promotionen erfolgreich zum Abschluss gebracht wurden, was einem Mittelwert von knapp vier Dissertationen pro Jahr entspricht.

### Doktoranden-Seminar

In der allernächsten Zukunft werden wieder etliche Promotionsverfahren abgeschlossen werden, wie ein Blick auf unser internes, in unregelmäßigen Abständen abgehaltenes Doktoranden- und Habilitandenseminar verdeutlicht.

12.04.02002 **Günther Liebl**

Resource Allocation in Buffered Networks – A Survey of Possibly Interesting Problems

04.05.2002 **Pornchai Leelapornchai**

(Gastwissenschaftler)  
Packet Erasure Channel Modeling and Simulation

17.05.2002 **Michael Mecking**

Multiple-Access with Partial Transmitter Channel State Information.

24.05.2002 **João Barros:**

The Slepian Wolf Problem: Theory, Codes and Applications

13.06.2002 **Dr. Norbert Görtz**

Source-Adaptive Shifting of Modulation Signal Sets

12.07.2002 **Zaher Dawy**

Wireless Ad Hoc Networks: Power Consumption & Routing Algorithms

19.07.2002 **Andrew Schaefer**

EXIT Charts by Analysis: Basic Results and State of the Art

19.07.2002 **Yan-Xiu Zheng**

Inter-Block Permutation Turbo Codes

20.12.2002 **João Barros**

Reachback Communication in Wireless Sensor Networks

31.01.2003 **Andrew Schaefer**

Recent Results in Analog and Iterative Decoding

03.02.2003 **Michael Mecking**

Typical Sequences, Coding Theorems, and Dirty Paper.

- 06.02.2001 Dr.-Ing. **Stefan Heinen:**  
 Quellenoptimierter Fehlerschutz für digitale Übertragungskanäle  
 1. Bericht: Prof. Dr.-Ing. Peter Vary (RWTH Aachen)  
 2. Bericht: Prof. Dr.-Ing. *Joachim Hagenauer* (u. A.)
- 03.06.2001 Dr.-Ing. **Walter Schnug:**  
 On Generalized Woven Codes  
 1. Bericht: Prof. Dr.-Ing. Martin Bossert (Universität Ulm)  
 2. Bericht: Prof. Dr.-Ing. *Joachim Hagenauer*
- 26.06.2001 Dr.-Ing. **Martin von Berg:**  
 Bestimmung des Auflösungsvermögens von passiven Wegsensoren bei dynamischer Anregung  
 1. Bericht: Prof. Dr. rer.nat. Elmar Schrüfer (Technische Universität München)  
 2. Bericht: Prof. Dr.-Ing. *Gert Hauske*
- 17.07.2001 **Phillipa Anne Martin Ph.D.:**  
 Adaptive Iterative Decoding: Block Turbo Codes and Multilevel Codes  
 1. Bericht: Prof. Dr. D. B. Taylor (University of Canterbury, New Zealand)  
 2. Bericht: Prof. Dr.-Ing. *Joachim Hagenauer*
- 11.03.2002 Dr.-Ing. **Josef Chalupper:**  
 Perzeptive Folgen von Innenohrschwerhörigkeit: Modellierung, Simulation und Rehabilitation  
 1. Bericht: Apl. Prof. Dr.-Ing. Hugo Fastl (Technische Universität München)  
 2. Bericht: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. *E. h. Hans Marko*
- 07.10.2002 **Matthias Brehler Ph.D.:**  
 Single- and Multiuser Space-Time Communications  
 1. Bericht: Prof. Dr. Mahesh Varanasi (University of Colorado, Boulder, USA)  
 2. Bericht: Prof. Dr.-Ing. *Joachim Hagenauer*
- 30.10.2002 **Xiao-Yu Hu Ph.D.:**  
 Low-Delay Low-Complexity Error-Correcting Codes on Sparse Graphs  
 1. Bericht: Prof. Dr. Martin Vetterli (Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, Schweiz)  
 2. Bericht: Prof. Dr.-Ing. *Joachim Hagenauer* (u. A.)
- 10.01.2003 **Vincent Gaudet Ph.D.:**  
 Architecture and Implementation of Mixed-Signal Iterative Decoders  
 1. Bericht: Prof. Glenn Gulak (University of Toronto, Kanada)  
 2. Bericht: Prof. Dr.-Ing. *Joachim Hagenauer* (u. A.)
- 24.01.2003 Dr.-Ing. **Alexander Lampe:**  
 Multiuser Detection and Channel Estimation for DS-CDMA Systems  
 1. Bericht: Prof. Dr.-Ing. Johannes Huber (Universität Erlangen-Nürnberg)  
 2. Bericht: Prof. Dr.-Ing. *Joachim Hagenauer*
- 11.02.2003 Dr.-Ing. **Slawomir Stanczak:**  
 Ressource Allocation, Sequence Design and Channel Estimation for Code-Division- Multiple-Access  
 1. Bericht: Prof. Dr.-Ing. Dr. rer. nat. Holger Boche (Technische Universität Berlin)  
 2. Bericht: Prof. Dr.-Ing. *Joachim Hagenauer*

*Weitere Dissertationen:*

Nebenstehend sind die zehn Promotionsverfahren aufgeführt, bei denen die Professoren des Lehrstuhls für Nachrichtentechnik – jeweils kursiv hervorgehoben – das Koreferat übernommen haben.



## Überblick über die Forschungsarbeiten des Lehrstuhls für Nachrichtentechnik

Joachim Hagenauer

Auf den folgenden Seiten werden in alphabetischer Reihenfolge alle wissenschaftlichen Mitarbeiter zu Wort kommen, um über ihre Forschungsaktivitäten zu berichten. Das ergibt ein buntes Bild und eine beachtliche Breite. Es soll aber nicht vergessen werden, dass die Arbeiten in enger Kooperation ablaufen und sich teilweise überlappen. Nur so kann eine fruchtbare Forschung entstehen. Gleichzeitig ist darauf zu achten, dass jeder sein Sondergebiet bearbeitet, um die individuelle Leistung auch im Hinblick auf die Dissertation zu betonen.

Von ausländischen Kollegen, die zu Besuch sind, höre ich immer wieder, dass deutsche Assistenten an selbstständiges Arbeiten gewohnt sind. Jede Wissenschaftlerin und jeder Wissenschaftler gehört ja einer Arbeitsgruppe an oder leitet sie verantwortlich; zu dieser Gruppe gehören jeweils auch noch Diplomanden, Gäste und Hilfsassistenten. Solange unsere Mittel reichen, haben wir gerne nach der Diplomarbeit die jungen Diplomingenieure noch ein paar Monate eingestellt, um die Forschung weiter zu treiben. Das führte dann oft noch zu Veröffentlichungen und Konferenzbesuchen.

Die *Grundlagen der Informationstheorie* werden von einer Gruppe um Michael Mecking, Zaher Dawy und João Barros behandelt. Dabei geht es nicht mehr nur um Punkt-zu-Punkt-Verbindungen, sondern um die Netze mit Mehrfachzugriff, Ad-hoc-Konstellationen und selbstorganisierende Sensornetze. Aus der Informationstheorie ergeben sich sogleich praktische Konsequenzen für den Entwurf von zellularen Mobilfunknetzen bei begrenzter Kanalkenntnis und bei Netzen mit Relaiskomponenten, was den alten Grundsatz bestätigt, dass nichts praktischer ist als eine gute Theorie.

Die Quellencodierung behandeln wir meistens im Zusammenhang mit Kanalcodierung und Übertragung. Norbert Görtz stellt ein *Verfahren*

zur *quellenadaptiven Modulation* vor, aber auch das Turbo-Prinzip wird weiterhin für die gemeinsame Quellen- und Kanaldecodierung angewandt. Damit verbunden sind die Arbeiten von Markus Kaindl, der sich von der Sprachcodierung (AMR-Codec) hin zum mobilen Internet entwickelt hat und dafür mit dem *Packet-Loss Punctured Transmission System* eine Lösung vorstellt, die wir auch patentiert haben.

Multihop-Übertragung, Sensornetze sowie zellulare relaisgestützte Mobilfunknetze sind Schwerpunkte einer Gruppe mit Johannes Zangl, Ioannis Oikonomidis und Zaher Dawy. Diese verfolgt das Ziel, die *elektromagnetische Emission in Mobilfunknetzen* zu vermindern und Ortungsfunktionen in das Kommunikationssystem zu integrieren. Im Rahmen des BMBF-Projekts *Miniwatt* wurden wichtige Beiträge zu diesem Thema geleistet.

Die *Entzerrung von Interferenzkanälen* ist das Thema einer Gruppe mit Michael Tüchler, Christian Kuhn und Joachim Hagenauer, die mit Hilfe der Turbo-Entzerrung die codierte Übertragung bei schlechten Kanälen mit erträglichem Aufwand durchführt, wobei neuartige adaptive lineare Filter, MLSE- und sequenzielle Entzerrer eingesetzt werden.

Ähnliche Methoden setzt Frank Schreckenbach bei der *Bit-Interleaved Coded Modulation* ein. Das Turbo-Prinzip bewährt sich auch hier und es werden Methoden der Quellencodierung (N. Görtz) eingebracht, so dass sich die interdisziplinäre Zusammenarbeit lohnt.

Ein derzeit immer noch heißes Thema, an dem wir schon seit ca. 5 Jahren arbeiten, ist der MIMO-Mehrantennen Kanal, an dem sich derzeit Melanie Witzke mit *Widely Linear-Detektoren* und Stephan Bäro und Joachim Hagenauer mit sequenziellen Algorithmen versuchen.

Ein umfangreiches BMBF-Projekt, das bei Industriepartnern und Vorführungen großen Eindruck ge-



macht hat, ist die mobile echtzeitfähige Multimedia-Testanlage mit aufwändigem Simulator, die von Thomas Stockhammer, Günther Liebl, Hrovje Jenkač und Peter Strasser aufgebaut wurde. Damit werden Verfahren zum *MPEG4-Videostandard*, an dem die Gruppe großen Anteil hat, an EDGE-, GPRS- und UMTS-Strecken erprobt und weiterentwickelt. Eine große Zahl von Veröffentlichungen und Standardisierungsbeiträgen zeigt die Produktivität dieser Gruppe.

Der am LNT und in Zürich erfundene *analoge Decoder* breitet sich über die Welt aus. Inzwischen wurde das 1997 von J. Hagenauer eingereichte Patent erteilt. Gemeinsam mit Lucent wurde ein 10 Gbit/s-Chip in SiGe-Technologie entwickelt, der überall großen Eindruck gemacht hat. Anwendungen in der optischen Übertragung zeichnen sich ab. Dieses Gebiet wird von Elke Offer mit digitalen Decodern, die Soft-Werte verwenden, weiter verfolgt. Matthias Mörz und Andrew Schaefer entwickeln Theorie und Implementierung weiter. Besonders ein neuartiger *Sliding-Window-Decoder* und LDPC-Faltungscodes sind für viele Anwendungen Erfolg versprechend.

Gert Hauske stellt Arbeiten zu *nichtlinearen visuellen Systemen* vor, Günter Söder und Klaus Eichin beschreiben das Lerntutorial *LNTwww*, das auch in die Virtuelle Hochschule Bayern (vhb) einfließen soll.

Systems for mobile data transmission with multiple transmit and/or receive antennas can achieve large capacity gains. In order to come close to the achievable capacity, several multi-antenna systems have been considered, such as Space-Time-Codes and BLAST. We have shown that bit-interleaved coded modulation with iterative detection can approach this capacity. In order to reduce complexity, a list-sequential sphere detector is used.

Mobile Datenübertragung leidet unter Schwunderscheinungen: Mehrere reflektierte oder gestreute Versionen desselben Datensignals können sich am Empfänger so überlagern, dass das Nutzsignal ausgelöscht wird. Arbeiten der 90er Jahre haben gezeigt, dass sich durch den Einsatz von mehreren Sende- und/oder Empfangsantennen die Übertragungskapazität bei mobiler Datenübertragung vervielfachen lässt.

Die Präsenz mehrerer unabhängiger Empfangsantennen wird schon seit langem zur Verbesserung des Empfangssignals ausgenutzt: Durch *Maximum-Ratio Combining* kann ein Diversity-Gewinn erzielt werden,

## Mehrantennensysteme mit iterativer APP-Detektion

Stephan Bärö und Joachim Hagenauer

wenn man die Wahrscheinlichkeit für starke Auslöschung bei mehreren Empfangssignalen verringert.

Geht man zusätzlich von mehreren Antennen am Sender aus, so erhält man den Multi-Input-Multi-Output (MIMO)-Kanal. Mit geeigneten Space-Time-Mappings bzw. Space-Time-Blockcodes lässt sich die verfügbare Diversity bereits am Sender ausnutzen. Andere Methoden, z. B. das BLAST-Verfahren, betrachten die verschiedenen Sendeantennen wie Nutzer, die es nacheinander zu detektieren gilt.

Am Lehrstuhl für Nachrichtentechnik wurden sowohl die Space-Time-Codes als auch BLAST ausführlich betrachtet, und es wurden Vorschläge [1, 2] zur Verbesserung dieser Verfahren entwickelt. In aktuellen Arbeiten wurden diese Methoden weiterentwickelt zu einem verketteten System aus Kanalcodierung und Abbildung auf den Signalraum (Mapping), so dass ein iterativer Algorithmus am Empfänger die Informationen detektieren kann.

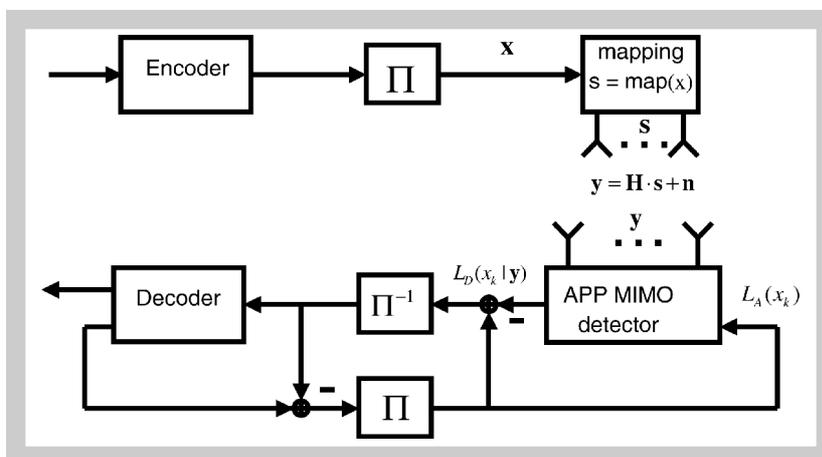
Das betrachtete System ist unten dargestellt. Im Sender fügt der Encoder den Informationsbits gezielt Redundanz hinzu. Die codierten Bits werden verschachtelt und auf die Signalraumpunkte mehrerer Sendeantennen abgebildet (mehrdimensionale Signalraumkonstellation). Die Übertragung über den Mehrantennenkanal kann dann über eine Matrixgleichung dargestellt werden.

Besondere Bedeutung kommt dem Detektor innerhalb des iterativen Empfängers zu, der Aposteriori-Wahrscheinlichkeiten (APP) aus den empfangenen Signalen berechnen soll, wobei zusätzlich die A-priori-Information des äußeren Decoders berücksichtigt wird.

Zur optimalen Berechnung der APP muss man alle möglichen Sendesignale berücksichtigen. Daraus ergeben sich z. B. bei vier Antennen und 16-QAM-Modulation insgesamt 65536 Möglichkeiten pro Kanalbenutzung. Um die Komplexität der Berechnung zu reduzieren, wird ein Ansatz aus der sequentiellen Decodierung verwendet. Es werden alle Möglichkeiten in einem Entscheidungsbaum strukturiert und Verfahren wie z. B. der Stack-Algorithmus werden genutzt, um die dominanten Terme der APP-Berechnung in einer Liste zusammenzufassen.

Wir konnten zeigen, dass sich mit diesem „List-sequential“ Algorithmus [3] die Leistungsfähigkeit der MIMO-Detektion bei vergleichbarer Komplexität erhöhen lässt.

Darüberhinaus wird die Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems von der Abstimmung zwischen der verwendeten Kanalcodierung und dem mehrdimensionalen Mapping beeinflusst. Mittels Bitfehlersimulationen und sog. EXIT-Charts wird die Funktion des iterativen Systems überprüft und optimiert.



Modell eines Mehrantennen-Übertragungssystems mit iterativer Detektion

### Literatur:

- [1] Bärö, S.; Bauch, G.; Hansmann, A.: Improved Codes for Space-Time Trellis Coded Modulation. In: *IEEE Communication Letters*, Vol. 4, Jan. 2000, p. 20–22.
- [2] Bärö, S.; Bauch, G.; Pavlic, A.; Semmler, A.; Improving BLAST Performance Using Space-Time Block Codes and Turbo Decoding. In: *Proc. IEEE Globecom 2000*, Nov. 2000.
- [3] Bärö, S.; Witzke, M.; Hagenauer, J.; Iterative Detection of MIMO Transmission Using a List-Sequential Sphere Detector. In: *Proc. ICC 2003*, Mai 2003.

# Drahtlose Sensornetzwerke: Theoretische Grenzen, Quellen- und Kanalcodierung

João Francisco Barros



We consider the problem of reach-back communication in wireless sensor networks: multiple sensors are deployed on a field, and they collect local measurements of some random process, which then need to be encoded and reproduced at a remote location.

We formulate this problem in terms of classical network information theory concepts, a formulation which leads us to consider the transmission of correlated sources over independent channels [1]. In this case, the exact conditions on the sources and the channels under which reliable communication is possible generalize in a very meaningful way Shannon's condition of  $H(U) < C$  (entropy of a source less than the capacity of the channel) and, surprisingly, give a separation theorem [2] for this problem, as well.

If these conditions are not met, the best we can hope for is to minimize some measure of distortion at the receiver, leading us to a rate-distortion version of the problem (joint work with Sergio Servetto at Cornell University).

Knowledge of the theoretical limits of the reachback channel may help us find efficient source and channel codes for wireless sensor networks.

Als drahtlose Sensornetzwerke werden selbstorganisierende Kommunikationsnetze von kleinen und aufwandsarmen Geräten bezeichnet, die die Fähigkeit besitzen, Messungen durchzuführen, Daten zu verarbeiten und Nachrichten zu senden und zu empfangen. In vielfältigen Anwendungen ist es vorgesehen, dass diese Sensoren über eine Region von Interesse verteilt werden, um Daten über einen Prozess (z. B. Umweltverschmutzung, Temperaturschwankungen oder Radioaktivität) zu sammeln (siehe Abbildung). Diese korrelierte Information muss zu einem bestimmten Zeitpunkt über

den sog. „Reachback“-Kanal an eine zentrale Stelle zur weiteren Verarbeitung und Auswertung weitergeleitet werden.

In diesem Kontext sind zwei grundlegende Herausforderungen an die Forschung für uns von besonderem Interesse, einerseits die informationstheoretische Betrachtung des „Reachback“-Kanals, andererseits die Entwicklung von geeigneten Quellen- und Kanalcodierungsstrategien für die Datenübertragung in Sensornetzwerken.

Im Rahmen eines gemeinsamen Projekts mit Sergio Servetto von der Cornell University, USA, wurde die Kapazität des „Reachback“-Kanals ohne Interferenz analysiert [1]. Als Basismodell dient ein Kommunikationssystem mit mehreren korrelierten i.i.d.-Quellen  $U_1, U_2, \dots, U_M$ , deren Information getrennt codiert und über statistisch unabhängige Kanäle mit Kapazitäten  $C_1, C_2, \dots, C_M$  an einen gemeinsamen Empfänger geschickt wird [1].

Der Decoder kennt die Verbundwahrscheinlichkeit  $p(U_1, U_2, \dots, U_M)$  und kann die Korrelation der gesendeten Daten ausnutzen, um die bestmögliche Rekonstruktion zu erzeugen.

Mit Hilfe der Informationstheorie [2] kann man zeigen [1], dass eine perfekte Rekonstruktion der Quelldaten am Empfänger nur möglich ist,

wenn für alle  $S \subseteq \{1, 2, \dots, M\}$  gilt:

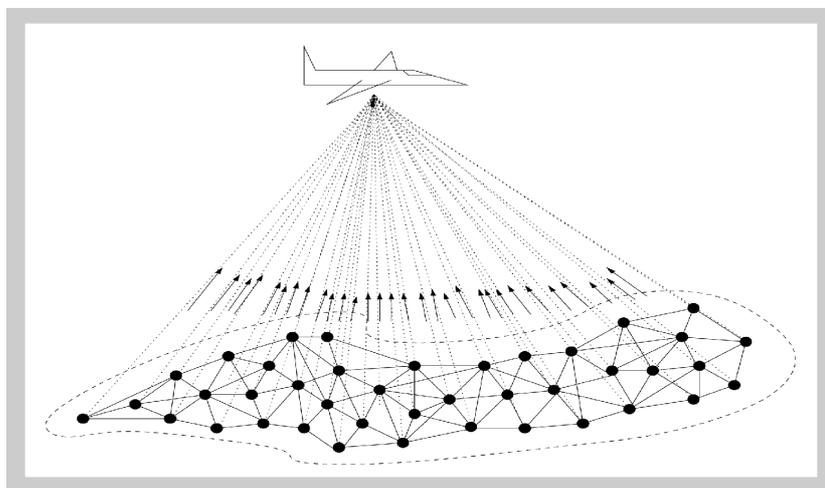
$$H(X(S)|X(S^c)) \leq \sum_{i \in S} C_i.$$

Diese Gleichung zeigt, wie die Kapazitäten der einzelnen Kanäle und die Kompressionsraten (bzw. die bedingten Entropien der Quellen) aneinander angepasst sein müssen. Überraschenderweise treffen wir hier auf eine Verallgemeinerung des bekannten Shannonschen Separationsprinzips  $H(U) < C$  für Punkt-zu-Punkt-Kommunikation.

Eine Erweiterung dieses Problems aus Sicht der *Rate-Distortion Theory*, sowie die Anwendung des Turbo-Prinzips zur Decodierung korrelierter Sensordaten ist Gegenstand unserer aktuellen Arbeit.

Literatur:

- [1] Barros, J.; Servetto, S. D.: On the Capacity of the Reachback Channel in Wireless Sensor Networks. In: *Proc. of the IEEE Workshop on Multimedia Signal Processing*, Virgin Islands, Dec. 2002.
- [2] Cover, T. M.; Thomas, J.: *Elements on Information Theory*. John Wiley and Sons, Inc., 1991.



Das „Reachback“-Kanalmodell in drahtlosen Sensornetzwerken

WCDMA wurde wegen verbesserter Dienstflexibilität und Leistungsfähigkeit als Zugriffsverfahren für das bevorstehende UMTS-System ausgewählt. Dabei sind alle Benutzer in allen Zellen gleichzeitig im gleichen Frequenzband aktiv. Aus diesem Grund werden die Benutzerkapazität und die Flächendeckung der zellularen CDMA-Netze durch Intrazellstörung und Interzellstörung durch andere Benutzer begrenzt, die in der gleichen Zelle und in den benachbarten Zellen aktiv sind. Folglich ist es erforderlich, die Leistung dieser CDMA-Netze zu erhöhen, um die erwartete Benutzernachfrage mit minimalen Infrastrukturkosten zu erfüllen.

A major design issue for wireless cellular networks is the number of cells required to cover a given area of interest with given user load requirements. Reducing the number of cells leads to a significant reduction in the network infrastructure cost. The coverage of CDMA cellular networks is uplink limited by intracell and intercell interference. The intracell interference stems from the non-

## User Capacity and Coverage Enhancement for Wireless Cellular Networks

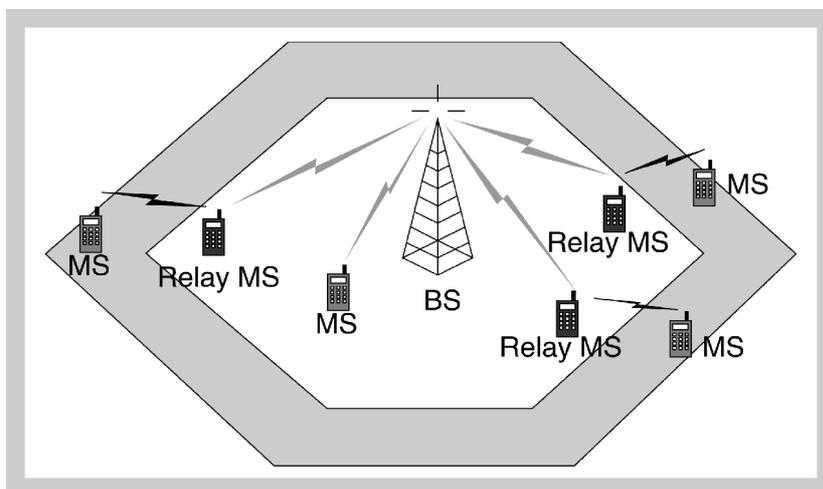
Zaher Dawy

orthogonality of the spreading codes and the use of the single user detection (SUD) receiver. The intercell interference stems from neighbouring cells due to a reuse factor of one. Therefore, there is a need to enhance the uplink user capacity and coverage of CDMA cellular networks to meet the user demands with minimal infrastructure costs.

Network information theory is the branch of information theory that deals with multiple user networks. The uplink of cellular networks can be modelled as a Gaussian multiple-access channel (GMAC) where intercell interference is treated as noise. Receivers which perform serial interference cancellation (SIC) are a possible solution for minimizing the sum transmit power in a cell for a GMAC with attenuations. Motivated by the information theoretical gains and the low complexity of SIC, we investigate the user capacity and coverage enhancement that can be achieved by deploying SIC instead of SUD at the base station (BS). Gains are achieved due to a decrease in the intracell interference and depend on the receiver design. Proposed designs mainly depend on the used feedback decision functions and the number of cancellation stages [1]. For typical scenarios, a gain of more than 100% in system coverage and user capacity is achieved. How-

ever, even with SIC the uplink is still intercell interference limited from other cells. Note that intercell interference in typical cellular networks ranges from 50% to more than 100% of the intracell interference at the BS. Therefore, there is a need to find enhancement techniques that can combat intercell interference.

One of the new elements introduced by multiple user networks is the ability of users to cooperate with each other to enhance the system performance. One way of cooperation is to let some users act as relays to other users. This is applied to enable wireless communications in ad hoc networks where the system is highly dynamic and without a fixed backbone. Multi-hop transmission in ad hoc networks can be modelled by the general Gaussian relay channel in information theory. Results show that a reduction up to 20 dB in sum transmit power is achieved with only 4 relay nodes between a source and a destination using practical sub-optimal accessing schemes [2]. Motivated by the information theoretical gains, we investigate the user capacity and coverage enhancement that can be achieved by allowing multi-hop transmission in cellular networks as depicted in the figure. The achieved gains depend on the relay nodes complexity, the routing protocol, and the accessing scheme. By proper design, significant gains are obtained by simple two hop routing mainly due to the reduction of the intercell interference.



Multi-hop based cellular network

### Literature:

- [1] Dawy, Z.; Davidovic, S.; Mecking, M.; Seeger, A.: Feedback Decision Functions for WCDMA SIC Receivers with Pilot-Aided Channel Estimation. In: *Proc. ISSSTA 2002*, Czech Republic, Sept. 2002.
- [2] Dawy, Z.; Leelapornchai, P.: Optimal Number of Relay Nodes in Wireless Ad Hoc Networks with Non-Cooperative Accessing Schemes. In: *Proc. ISITA 2002*, China, Oct. 2002.

# LNTwww – ein Lerntutorial für die Nachrichtentechnik im World Wide Web

Klaus Eichin und Günter Söder

For E-Learning purposes the tutorial *LNTwww* uses the Internet and the various possibilities of multimedia as an interactive platform. The goal of *LNTwww* will be the discussion of the most important subjects of communications engineering and information technology.

Wir berichten von unseren Aktivitäten im Aufbau eines interaktiven webbasierten Tutorials, das im Endausbau 9 Lehrbücher der Informations- und Kommunikationstechnik – didaktisch und multimedial aufbereitet – umfassen soll. Zielgruppe sind Studierende und Ingenieure (industrielle Weiterbildung).

*LNTwww* kann je nach Vorwissen unterschiedlich genutzt werden: Für Anfänger ist eine *sequenzielle Vorgehensweise* ähnlich einer Standardlehrveranstaltung zu empfehlen. Fortgeschrittene können ihr Wissen anhand von Aufgaben überprüfen (*Tutorial*) und festgestellte Defizite individuell, gezielt beheben.

Die *theoretischen Grundlagen* werden wie in einem herkömmlichen Lehrbuch durch Texte, Grafiken und analytische Herleitungen erläutert. Aufgrund der Lernumgebung „Bildschirm“ ist eine ausgeprägte Strukturierung des Lehrstoffs erforderlich. Durch eine konsistente Nomenklatur und die Nutzung von *Links* – ein Merkmal des WWW – sollen die Zusammenhänge zwischen den Fachgebieten aufgezeigt werden. Links bergen aber die Gefahr in sich, dass sich der Student in seiner Lernumgebung „verirrt“. Daher sollte für jeden Benutzer stets ein zielgerichteter Weg erkennbar sein; dennoch sollte ihm die Wahl der Folgeschritte überlassen bleiben.

*LNTwww* verwendet *multimediale Präsentationen* wie Videos (z. B. aus dem Mobilfunklabor), Animationen (z. B. mit *Flash* zur Verdeutlichung komplexer Sachverhalte) sowie Audios (z. B. zur Demonstration von Verzerrungen/Störungen bei Audiosignalen). Unsere Intention ist es,

diese Medien nur zu nutzen, wenn sie signifikant zum Verständnis der Lehrinhalte beitragen. Unser Ziel ist es explizit nicht, neue Anwendungen für neue Medien zu suchen. Nicht alles, was multimedial-technisch machbar ist, führt auch zu einer besseren Darstellung der Lehrinhalte.

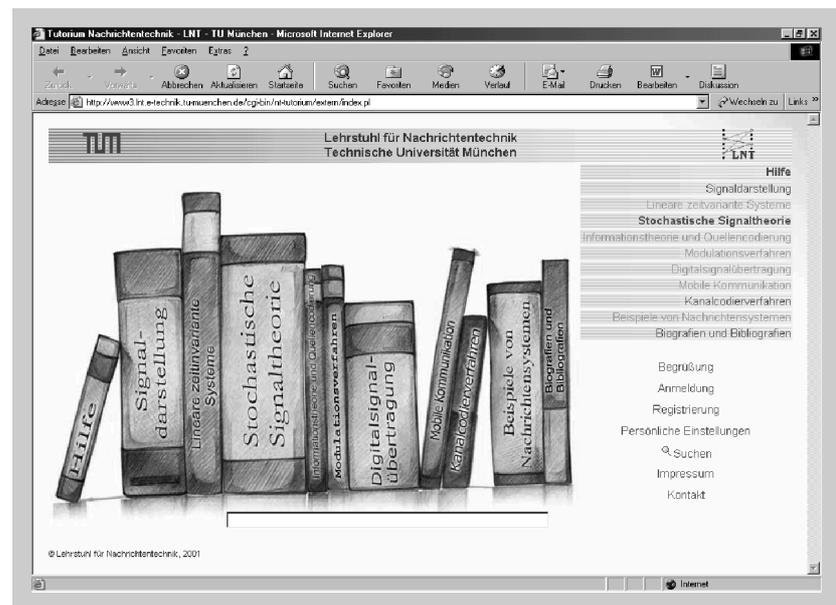
Wichtig für den Lernerfolg ist ein abwechslungsreicher Ablauf mit Interaktionsmöglichkeiten. So werden auch kleinere *Simulationen* mit den Elementen *Parametereingabe*, *Simulationstool*, *Grafikausgabe* angeboten. Zu beachten ist aber, dass eine Online-Simulation schwerfälliger als eine lokal ablaufende ist.

Ein Merkmal von *LNTwww* sind Übungsaufgaben, deren Schwierigkeit und Umfang lernadaptiv an den Wissensstand angepasst sind. Jede Aufgabe besteht aus der Aufgabenbeschreibung, einem Fragebogen mit Teilaufgaben (Multiple Choice oder Zahlenwertabfrage), den der Benutzer korrigiert zurück erhält, sowie ausführlichen Musterlösungen. Das Programm schlägt anhand der Vorgaben des Autors und der Antwortauswertung (richtig/ falsch, Art des Fehlers) eine Nachfolgaufgabe vor; die Entscheidung über den Folgeschritt trifft jedoch der Studierende.



*LNTwww* ist als Autorensystem realisiert und basiert auf dem Webserverkonzept *Apache*, dem relationalen Datenbanksystem *MySQL* und der Programmiersprache *Perl*. Jeder Baustein (Text, Formel, Grafik, Simulation, Audio, Video, Aufgabe) wird als eigener Satz in spezifischem Format in die Datenbank eingetragen. Die Ausgabeseiten werden beim Aufruf dynamisch generiert, wobei das Erscheinungsbild für alle Bücher einheitlich ist und Eigenheiten der Browser berücksichtigt werden.

Das Autorensystem wurde 2001/2002 von unserem Diplomanden Martin Winkler konzipiert und weitgehend fertiggestellt. Es wurde mit der Erstellung der Bücher *Stochastische Signaltheorie* und *Signaldarstellung* begonnen. Nachdem diese zu 70% bzw. 30% fertiggestellt sind und von Ihnen auf unserer WWW-Seite betrachtet und evaluiert werden können, haben wir von den insgesamt geplanten 33 Semesterwochenstunden schon (erst?) fünf realisiert.



Startseite von LNTwww mit 9 Lehrbüchern, Biografien/Bibliografie und Hilfe

## Adaptive Modulation für wertkontinuierliche Quellen

Norbert Görtz

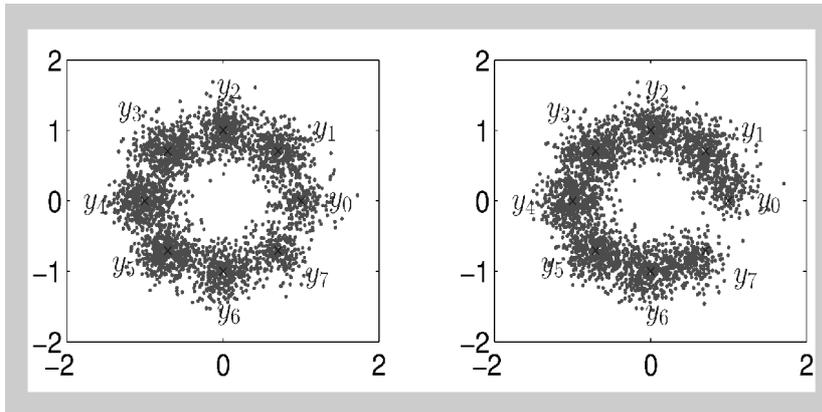
conventional scheme, each transmitted signal point is shifted away from the reference point addressed by the quantizer index in order to reduce the source signal distortion at the receiver output. Each shift is

übertragen und dort durch Rauschen überlagert wird. Im Empfänger wird im einfachsten Fall der Signalraum-punkt gesucht, welcher dem ver-rauschten Empfangswert am näch-ten liegt. Der Index dieses nächsten Nachbarn wird verwendet, um den zugehörigen Quantisierer-Tabellen-eintrag auszulesen, welcher dann zur Rekonstruktion des wertkonti-nuierlichen Eingangssignals dient. Ein solches System kann durch die quellenadaptive Modulation (*Source-Adaptive Modulation, SAM*) ver-bessert werden: Nur der Sender wird gegenüber dem konventionellen Sys-tem verändert, indem jeder gesendete Signalraum-punkt für den aktuellen unquantisierten Eingangswert so ge-wählt wird, dass die mittlere System-verzerrung minimal wird. In der obern Abbildung sind links simulierte Empfangswerte für eine mögliche Zuordnung (Mapping) konventionel-ler 8-PSK-Signalraum-punkte zu den Reproduktionswerten  $y_j$  eines skalar-ten Quantisierers dargestellt. In der rechten Hälfte ist der Einfluss der quellenadaptiven Modulation deut-lich zu erkennen: Signalraum-punkte, bei deren Vertauschung ein großer Fehler im decodierten Quellensignal ent-stünde, werden vor der Übertra-gung durch die adaptive Modulation „auseinandergezogen“.

In der unteren Abbildung ist der Quellen-SNR-Wert für das Decoder-Ausgangssignal über der Kanalqua-lität dargestellt; vorausgesetzt sind M-PSK als digitales Modulations-verfahren sowie ein skalarer Op-timalquantisierer bzw. ein optimierter Vektorquantisierer. Das neue Verfah-ren ermöglicht, bei sehr geringem Zusatzaufwand, eine Verringerung der Sendeleistung um bis zu 3dB.

Literatur:

- [1] Görtz, N.: Source-Adaptive Shifting of Modulation Signal Points for Improved Transmission of Waveform Signals over Noisy Channels. In: *Proceedings ICASSP 2002*, Vol. III, Orlando, Florida, USA, May 2002, pp. 2517–2520.

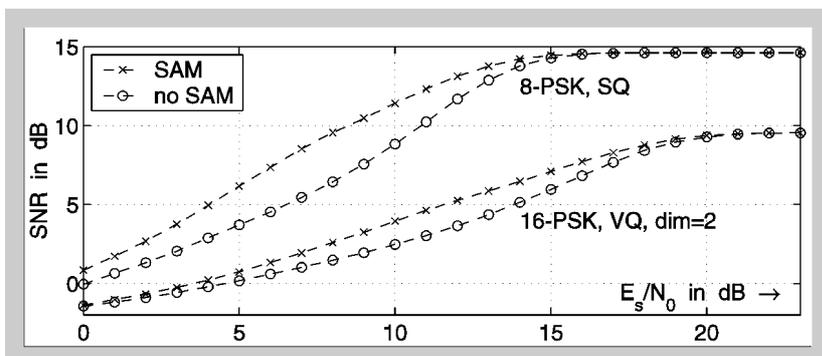


Empfangswerte bei PSK ohne (links) und mit (rechts) quellenadaptiver Modulation; AWGN-Kanal mit  $E_s/N_0=11\text{dB}$

In a simple conventional system for the transmission of continuous-amplitude source signals, the input may be quantized, and the quantizer index is mapped to a point from a digital modulation signal constellation which is transmitted. At the decoder, a noisy version of the transmitted signal is received. In the simplest case the signal point lying closest to the received signal is selected and the associated index is decoded, which is then used to pick the reproduction vector from the quantizer table. Such a system can be improved by Source-Adaptive Modulation (SAM): in contrast to a

individually adapted to the current unquantized input source signal. A conventional (hard or soft decision) receiver can be used, i.e., the new algorithm requires a modified transmitter only. The simulation results show strong gains over a conventional transmission scheme.

Gegeben sei ein konventionelles Übertragungssystem für wertkontinuierliche Quellen, bei dem das Eingangssignal zunächst quantisiert wird. Durch den Quantisiererindex werde einer der Signalraum-punkte eines digitalen Modulationsverfahrens ausgewählt, der über den Kanal



Übertragungsqualität mit und ohne quellenadaptive PSK-Modulation bei unkorrelierten Gauß-Quellen; skalare Optimalquantisierung und Vektorquantisierung der Quelle

## Informationsverarbeitung in nichtlinearen neuronalen Systemen

Gert Hauske



In this approach the information processing capabilities of nonlinear systems are investigated. The main object is the processing of high-order statistics in such systems with an application to highly specific cortical cells like *Hypercomplex Cells*. Applying an appropriate high-order filtering, redundancy in terms of elongated lines and edges can be eliminated leading to a very efficient curvature based representation.

Informationsreduktion ist für die Funktion biologischer und technischer Systeme von größter Bedeutung. Die Elimination statistischer Redundanz durch geeignete verallgemeinerte Transformationen ist erschöpfend untersucht worden und findet weit verbreitete Anwendung bei JPEG/MPEG-Codierverfahren. In der Biologie leistet die Verarbeitung in den sog. simplen Zellen des visuellen Cortex' die entsprechende redundanzeliminiierende Transformation. Bei biologischen Systemen können diese Transformationen als Resultat einer Anpassung an die in der natürlichen Umgebung enthaltenen statistischen Eigenschaften zweiter Ordnung interpretiert werden. Für diese Anpassung der neuronalen Verarbeitung an die Statistik der Sensordaten existieren gut verstandene theoretische Grundlagen.

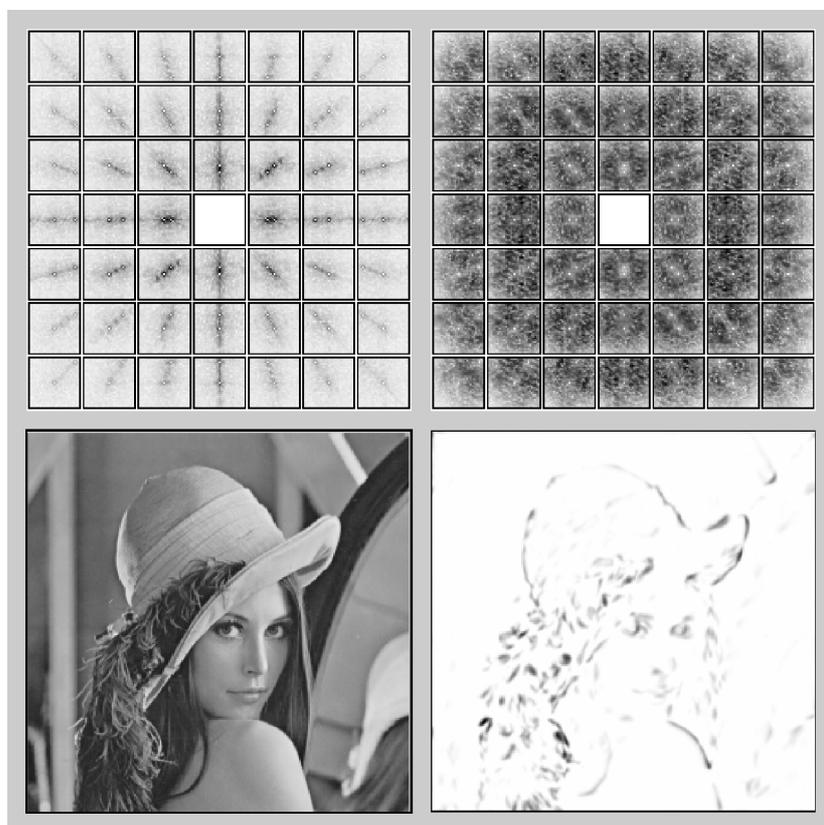
Eine weitergehende Frage betrifft den Zusammenhang zwischen statistischen Bindungen höherer Ordnung und nichtlinearen Transformationen. Derartige Systeme lassen sich mit Hilfe einer Wiener-Volterra-Entwicklung beschreiben und es konnte gezeigt werden, dass statistische Bindungen höherer Ordnung – wie z.B. im Bispektrum in den sternförmigen Strukturen vorhanden – durch nichtlineare Systeme mit geeigneter Übertragungscharakteristik eliminiert werden können (vgl. Dissertation Krieger, 1999). Dieses sog. *High-order Whitening* führt auf ein Krümmungen (z. B. in Form von Ecken) detektierendes Filter,

dessen informationskomprimierende Eigenschaften in der Abbildung deutlich werden.

Aufbauend auf diesen Untersuchungen ist das gegenwärtige Ziel, eine umfassende nichtlineare Systemtheorie zu entwickeln, die es erlaubt, die Informationsverarbeitung einer breiteren Klasse von nichtlinearen biologischen Systemen zu beschreiben. Diese Arbeiten werden im Rahmen des Graduiertenkollegs „Sensorische Interaktion in biologischen und technischen Systemen“ (GrK 267) von der DFG gefördert. Ausgegangen wird von einer biologisch realistischen Netzwerkarchitektur unter Einbeziehung elementarer und plausibler neuronaler Nichtlinearitäten. Konkret werden dazu mehrstufige Verschaltungen von linearen Neuronen mit einer Ausgangsnichtlinearität (Einweggleichrichtung, ON/OFF-Prinzip) untersucht. Auf jeder Stufe werden statistische Optimierungs- und Lern-

verfahren (z. B. eine *Prinzipalkomponentenanalyse*) angewandt.

Erste Ergebnisse zeigen, dass mit diesem Ansatz bereits bekannte Zellen wie z. B. die Hyperkomplex-Zellen, aber auch eine große Anzahl neuartiger nichtlinearer neuronaler Interaktionen vorhergesagt werden können. In Zusammenarbeit mit experimentell arbeitenden Neurophysiologen sollen diese Ergebnisse am realen biologischen System empirisch überprüft werden. Es ergibt sich damit die Möglichkeit, neurophysiologische Daten im Kontext einer umfassenden Modellvorstellung zu interpretieren. Fernziel ist dabei, die für das biologische System wichtigen Mechanismen zur Informationsreduktion zu entschlüsseln.



Bispektrum (oben) und „Lena“ (unten) vor und nach nichtlinearer Filterung

Since advanced mobile systems allow IP-based transmission, multimedia transmission to and from mobile terminals is of great research interest. In contrast to wired transmission, in wireless communication packet loss occurs mainly on the air interface due to bad link conditions. Probabilistic statements are required to model the resulting variable bitrate behavior. Delayed playout strategies are applied to ensure continuous media presentation at the receiver.

Video-Streaming über das Internet erfreut sich steigender Beliebtheit, mit mehreren Hundert neuen Teilnehmern täglich. Moderne Mobilfunksysteme – wie 2G+ oder 3G – ermöglichen über das Internet längst mobile Übertragung und den Empfang von IP-basierten Multimedia-daten an nahezu jedem Ort und zu jeder Zeit mit ausreichenden Datenraten. Gewöhnlich stehen die Multi-

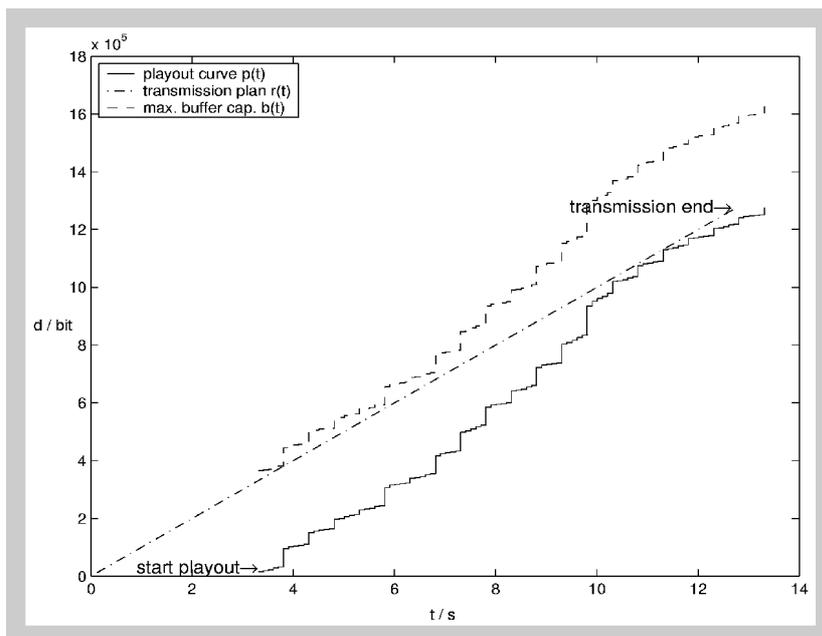
## Video-Streaming über Kanäle mit variabler Bitrate

Hrvoje Jenkač

mediadaten auf einem Streaming-server zum Abruf bereit.

Die Übertragungseigenschaften zu drahtlosen und drahtgebundenen Teilnehmern unterscheiden sich jedoch essentiell. Treten bei der drahtgebundenen Übertragung Paketverluste vorwiegend aufgrund von *Congestion* in Routern auf, so resultieren die Paketverluste bei drahtloser Übertragung hauptsächlich aus schlechten Übertragungseigenschaften auf der Mobilfunkstrecke, verursacht durch Mehrwegeausbreitung, Abschattung und Fading. Da letztendlich bei einer Streaminganforderung am Sender nicht unterschieden werden kann, ob in Folge zu einem drahtgebundenen oder drahtlosen Teilnehmer übertragen wird, müssen am jeweiligen Empfänger Maßnahmen getroffen werden, um ein korrektes und fehlerfreies Abspielen der zeitkritischen Multimediasequenz sowohl auf einem drahtlosen wie auch auf einem drahtgebundenen Benutzerterminal zu garantieren. Der Schwerpunkt unserer Betrachtungen liegt hierbei bei der Erforschung und Optimierung von Verfahren für die drahtlose Video-kommunikation.

Um die Übertragungseffizienz zu steigern, werden Videosequenzen generell stark komprimiert. Folglich ergeben sich nicht unerhebliche Schwankungen der Quellenbitrate über der Zeit und es kann bei der Übertragung zu Unter- und Überläufen beim Empfangspuffer kommen. Bei bekanntem Kanalverhalten können diese Probleme durch geeignetes Verzögern des Abspielzeitpunkts am Empfänger umgangen werden [1]. Die Abbildung illustriert dieses Szenario. Für Umgebungen mit variabler Bitrate, hervorgerufen durch zufällige Paketverluste aufgrund variierender Übertragungseigenschaften, sind keine deterministischen Aussagen mehr möglich. In [2] wird eine adaptive Abspieltechnik vorgeschlagen, welche Pufferprobleme durch verlangsamtes bzw. schnelleres Abspielen der Videosequenz am Empfänger verringert. Unsere Arbeiten [3] beruhen auf einer statistischen Beschreibung der Paketverlustumgebung und der daraus resultierenden Variabilität der Bitrate. Kombiniert mit den Ansätzen aus [1] kann die korrekte Darstellung einer Videosequenz am Empfänger mit einer bestimmten Zuverlässigkeit angegeben und garantiert werden.



Durch geeignet verzögertes Abspielen kann eine kontinuierliche Darstellung der Videosequenz gewährleistet werden

### Literatur:

- [1] 3GPP TSG-SA: UMTS Video Streaming – Use Case Example for PPS Video Buffering Model. In: *TDOC S4 (02)0409, Input to TR 26.937 (“RTP Usage Model”)*, Source Ericson, Tampere, Finland, July 2002.
- [2] Steinbach, E. G.; Färber, N.; Girod, B.: Adaptive Play-Out for Low Latency Video Streaming. In: *Proc. International Conference on Image Processing (ICIP-01)*, Thessaloniki, Greece, Oct. 2001.
- [3] Jenkač, H.; Stockhammer, T.; Kuhn, G.: On Video Streaming over Variable Bit-Rate and Wireless Channels. Submitted to appear in: *Proc. Packet Video Workshop*, Nantes, France, April 2003.

# Übertragung von Multimedia-Daten im mobilen Internet mittels durch Paketverlust punktierter Kanalcodes

Markus Kaindl



A very flexible transmission system for multimedia over mobile Internet is presented. For a mobile Internet scenario a combination of a lossy packet-switched network and a mobile network is assumed. Conventional solutions are based on a separation of both networks. The new system is able to manage both packet-losses and bit errors in a single decoding step without any transcoding. Furthermore the system can be adapted easily to the current channel states of both networks in a very flexible way with a minimum of signalisation overhead.

Der Begriff *mobiles Internet* steht für die Kombination eines Netzwerks mit Paketverlusten und einem Mobilfunknetz. Die Basisstation agiert dabei als Schnittstelle zwischen beiden Netzwerken. Im Allgemeinen wird die Basisstation so einfach wie möglich gehalten, so dass diese lediglich als Router im Netzwerk operiert. Die Übertragung über das Paketverlustnetzwerk kann zum Verlust von ganzen Datenpaketen führen, jedoch sind die empfangenen Datenpakete mit hoher Sicherheit fehlerfrei.

Die Gründe für Paketverluste sind vielseitig: Überlastete Router müssen oftmals eintreffende Datenpakete kurzzeitig puffern oder komplett verwerfen, was zu einer Erhöhung der Laufzeit oder einem Verlust der Datenpakete im Netzwerk führt. Meist gelangen Datenpakete über unterschiedliche Wege im Netzwerk ans Ziel, was ebenfalls zu unterschiedlichen Laufzeiten der einzelnen Datenpakete führt. Bestehen Beschränkungen hinsichtlich der maximal zulässigen Verzögerung des Datenstromes, kann der Empfänger gezwungen sein, verzögerte Datenpakete als verloren zu deklarieren. Bei der Übertragung über das Mobilfunknetz gehen zwar im Allgemeinen keine Datenpakete verloren, jedoch kann innerhalb der Datenpakete eine gewisse Restbitfehlerwahrscheinlichkeit verbleiben. Der

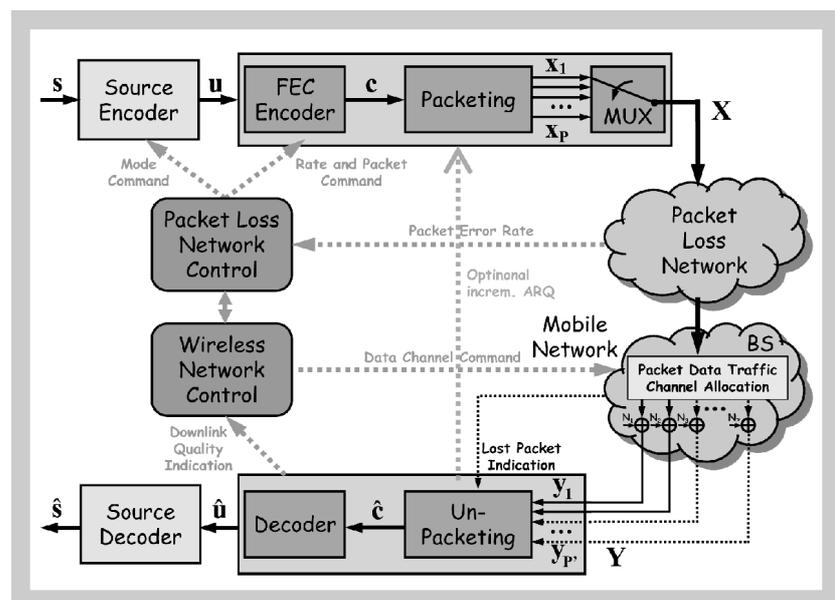
Empfänger ist somit mit einem Datenstrom konfrontiert, bei dem zum einen ganze Datenpakete fehlen und zum anderen in den empfangenen Datenpaketen Bitfehler enthalten sein können.

Die Abbildung zeigt das neue Übertragungssystem. Die grundlegende Idee besteht darin, dass ein Paketverlust vom Empfänger als Punktierung des Kanalcodes aufgefasst wird (*Packet-Loss Punctured Transmission System*, kurz PaLoP-System). Somit ist die Paketierung der kanalcodierten Daten  $c$  in die  $P$  Pakete  $X_i$  von entscheidender Wichtigkeit für die Leistungsfähigkeit des Systems. Das heißt: Der Paketierungsalgorithmus muss so gewählt werden, dass ein potenzieller Paketverlust zu einer optimalen Punktierung des Kanalcodes führt. Dazu muss der Empfänger lediglich Kenntnis darüber erlangen, ob ein bestimmtes Datenpaket verloren gegangen ist oder nicht. Dies kann durch einen Kontrollkanal, durch eine Inband-Signalisierung oder durch Zeitüberschreitung am Empfänger sehr einfach erreicht werden. Das PaLoP-System kann somit in einem Decodiervorgang beides, Paketverluste und Bitfehler in einer

sehr flexiblen Art und Weise bewältigen: Für eine fehlerfreie Decodierung spielt es keine Rolle, ob ein bestimmtes Datenpaket auch empfangen wurde, es werden lediglich eine bestimmte, von der Paketverlust- und der Bitfehlerwahrscheinlichkeit abhängige Anzahl an beliebigen Datenpaketen benötigt. Um die Leistungsfähigkeit des Systems zu optimieren bzw. um die Ressourcen, die für eine bestimmte Dienstgüte benötigt werden, zu minimieren, können Netzwerksteuerungen eingesetzt werden, die das System an die aktuellen Kanalzustände anpassen. Damit können die Anzahl und die Größe der gesendeten Datenpakete sowie die Anzahl und der Fehlerchutz der Verkehrskanäle des Mobilfunknetzes variiert werden.

Literatur:

- [1] Kaindl, M.; Görtz, N.: AMR Voice Transmission over Mobile Internet. In: *Proc. of ICASSP 2002*, May 2002, Vol. II, pp. 2049–2052.



Das PaLoP-Übertragungssystem

For transmission over intersymbol interference channels, receivers based on iterative equalization and decoding are known to achieve very good performance close to theoretical limits. Optimal equalizers with respect to the bit error rate apply the maximum a-posteriori probability principle. Unfortunately, such equalizers suffer from high computational complexity for large signal alphabets and long channel impulse responses. In this context we investigate the performance of sequential soft-in/soft-out algorithms operating on a tree with reduced complexity. An application for sequential equalization could be found in receivers for shortwave communication systems.

Bei der codierten Übertragung über intersymbolinterferenzbehaftete Kanäle mit hohem Kanalgedächtnis ist man derzeit noch weit von den theoretischen Grenzen der Leistungsfähigkeit entfernt. Setzt man hier einen Empfänger mit iterativer Entzerrung und Decodierung (die sog. *Turbo-Entzerrung*, einer problem-spezifischen Anwendung des Turbo-Prinzips) ein, so lassen sich nahezu optimale Ergebnisse erzielen. Die dazu notwendigen Algorithmen für Entzerrung und Decodierung sind trellisbasiert und beruhen jeweils auf der Anwendung des Maximum-

## Sequentielle Algorithmen bei iterativer Entzerrung und Decodierung

Christian Kuhn und Joachim Hagenauer

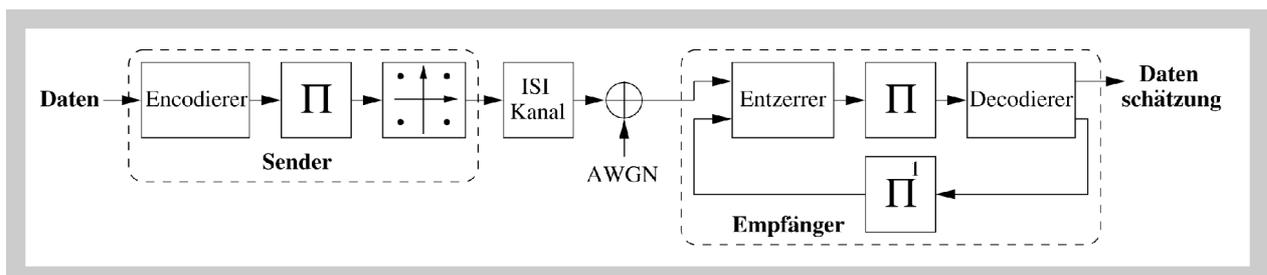
A-posteriori-Probability (MAP) Kriteriums. Für Übertragungskanäle mit hohem Kanalgedächtnis – speziell auch in Verbindung mit großen Signalalphabeten höherstufiger Modulationsverfahren – ist eine MAP-Entzerrung nicht mehr durchführbar, da die Komplexität des entsprechenden Algorithmus exponentiell von den genannten Größen abhängt. Es besteht also hier die Notwendigkeit komplexitätsreduzierte, suboptimale Entzerreralgorithmen für die Anwendung in der iterativen Empfängerstruktur zu finden.

Die am Lehrstuhl für Nachrichtentechnik durchgeführten Untersuchungen haben gezeigt, dass sich hierfür lineare Entzerrer, deren Koeffizienten mit dem Minimum-Mean-Squared-Error (MMSE) Kriterium ermittelt werden, hervorragend eignen. Um den Rechenaufwand noch weiter zu reduzieren, sollen – ausgehend von den ursprünglich zur Decodierung von Faltungscodes eingesetzten sequentiellen Algorithmen – Verfahren zur Entzerrung abgeleitet werden. Der Entzerrer arbeitet hierbei am entsprechenden Baumdiagramm und sucht darin mittels sukzessiver Pfaderweiterungen sowie Berechnung einer zugehörigen kumulativen Metrik eine Untermenge aller Pfade, welche die wahrscheinlichsten Sendesequenzen repräsentieren. Die Pfadmetrik muss für den Einsatz der iterativen Entzerrung und Decodierung die eingangsseitig vorliegenden Softwerte, also die Empfangssymbole mit den zugehörigen A-priori-Informationen, geeignet berücksichtigen.

Dies stellt ein Kernproblem bei der Ableitung des sequentiellen Entzerrers dar, da auch hier entsprechende Approximationen durchgeführt werden müssen. Ausgehend von der Pfaduntermenge des Entzerrerraums mit den korrespondierenden Metriken sind ferner Verfahren zu entwickeln, die es ermöglichen, aus den gesammelten Informationen Softwerte für den Entzerrerausgang zu bestimmen. Zielsetzung ist es, einen sequentiellen Entzerrer abzuleiten, dessen Komplexität nur linear vom Kanalgedächtnis abhängt.

Ein Anwendungsgebiet für einen derartigen Empfänger ist die Kurzwellenübertragung. Sie stellt eine effiziente Möglichkeit für eine weltweite Langstreckenkommunikation dar. Im Frequenzbereich von 3 bis 30 MHz findet eine Ausbreitung des Sendesignals zwischen der Ionosphäre und der Erdoberfläche statt. Bedingt durch die Abstrahlungscharakteristik der Sendeantenne ist so eine Mehrwegeausbreitung mit zum Teil hohen Laufzeitunterschieden zwischen den einzelnen Ausbreitungspfaden, bezogen auf die Symboldauer, verbunden.

Betrachtet man bestehende Kurzwellenübertragungssysteme mit realistischen Ausbreitungsbedingungen, so können hier durchaus Kanalimpulsantworten der 16-fachen Länge einer Symboldauer auftreten. Eine iterative Entzerrung und Decodierung unter dem Einsatz eines sequentiellen Entzerrers könnte dabei einen wesentlichen Beitrag zur Komplexitätsreduktion im Empfänger liefern.



Übertragungssystem mit iterativer Empfängerstruktur bei Kanälen mit starker Intersymbolinterferenz

# Paketdatenübertragung im Mobilfunk

Günther Liebl



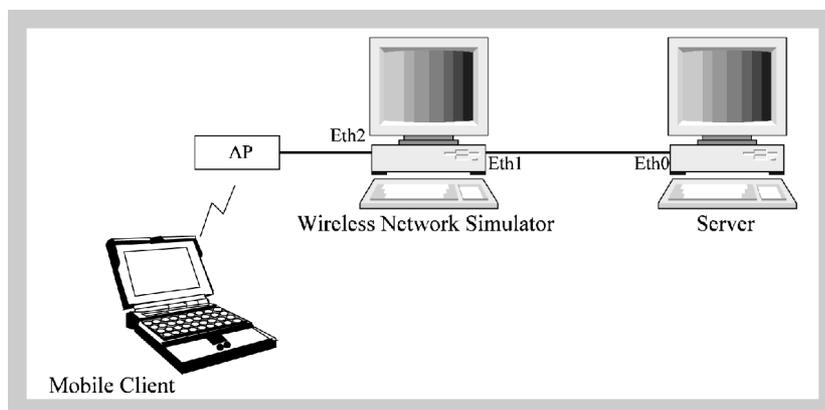
Future cellular networks have been designed to provide wireless access to many services available on the Internet. Hence, in order to achieve sufficient quality per user while maximizing the overall system capacity, an optimal set of values for both application- and link-specific parameters has to be chosen. Since a theoretical analysis of the impact of wireless links on the behaviour of common transport protocols is either not feasible or limited to simple scenarios only, we have developed a real-time simulation environment. It is based on a split-simulation approach, where the results gained from extensive and time-consuming offline simulations of the air interface are integrated into a network simulator via stochastic packet loss models. The latter contains all the required protocol entities and can be inserted at any point in a regular IP-based network to modify the traffic flow in both directions to reflect the influence of a wireless access link.

Um das breite Angebot an existierenden Multimediadiensten im Internet auch mobilen Nutzern zugänglich zu machen, wurde bei der Entwicklung neuer Mobilfunkstandards wie GSM-GPRS, EDGE oder UMTS besonderer Wert auf paketorientierte Übertragungsverfahren auf der Luftschnittstelle gelegt. Diese ermöglichen eine flexible Nutzung der verfügbaren Bandbreite bei Datenverkehr mit stark schwankenden

Qualitätsanforderungen, so dass theoretisch jegliche Art von IP-basierten Diensten transportiert werden kann. In der Praxis treten jedoch erhebliche Probleme auf, wenn es um das optimale Zusammenspiel von applikations- und netzwerkspezifischen Parametern geht. Dies liegt u. a. an den unterschiedlichen Übertragungseigenschaften von Festnetzen (für die IP ursprünglich entworfen wurde) und Mobilfunkstrecken.

Besonders bei Diensten mit Echtzeitanforderungen (z. B. Audio- oder Videostreaming) bzw. begrenzten Reaktionszeiten (z. B. Websurfen) ist es aber wichtig, durch Auswahl geeigneter Übertragungsmodi die bestmögliche Qualität pro Benutzer bei gleichzeitig optimaler Systemauslastung erzielen zu können. Leider ist aufgrund der interaktiven Natur gängiger Transportprotokolle im Internet sowie der hohen Dynamik der Mobilfunkstrecke eine theoretische Analyse nur teilweise möglich und auf wenige einfache Szenarien beschränkt. Abhilfe bietet hier eine Simulationsumgebung, die so flexibel sein muss, dass eine Vielzahl von Applikationen auf einfache Weise mit einem (virtuellen) Mobilfunksystem vom eingangs erwähnten Typ getestet werden kann. Wesentlich dabei ist, dass die Echtzeitanforderung eingehalten wird, während gleichzeitig das verwendete Simulationsmodell möglichst wirklichkeitstreu ist. Dieser Gegensatz zwischen Simulationsgeschwindigkeit

und Detailgetreue lässt sich durch Verwendung eines zweistufigen Simulationsverfahrens lösen [1]: Im ersten Schritt wird die eigentliche Mobilfunkstrecke, d. h. Sende- und Empfangseinheit sowie der Kanal selbst mittels nicht-echtzeitfähiger Simulationsmodelle analysiert. Die dabei gewonnenen Datensätze, die jeweils für einen bestimmten Arbeitspunkt des Systems gelten, werden dann mittels bereits früher am LNT entwickelter Verfahren zur stochastischen Modellierung des Paketverlustverhaltens auf der Mobilfunkstrecke verwendet. Im zweiten Schritt werden diese Modelle in einen Netzwerk-Simulator integriert, der in Echtzeit läuft und an jedem beliebigen Punkt eines IP-basierten Netzes eingebunden werden kann, um den Verkehrsfluss in beiden Richtungen ähnlich einer wirklichen Mobilfunkstrecke zu beeinflussen (siehe Bild). Der Simulator beinhaltet neben allen protokollspezifischen Elementen der Strecke einen Paketverlustgenerator, dessen Verhalten dynamisch während des Simulationslaufs angepasst werden kann, um verschiedene Arbeitspunkte des Systems ansteuern zu können. Außerdem wurde eine einfache Schnittstelle geschaffen, um verschiedene Algorithmen zur effizienten Ressourcenzuteilung auf der Luftschnittstelle testen zu können, die ebenfalls im Rahmen dieses Arbeitsgebiets entwickelt wurden.



Simulationsumgebung zur Paketdatenübertragung im Mobilfunk

### Literatur:

[1] Liebl, G.; Stockhammer, T.; Strasser, P.; Liebermann, D.: A Real-Time Simulation Environment for IP-Traffic over Cellular Links. In: *Proc. 6<sup>th</sup> World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics (SCI 2002)*, Vol. IV, Orlando, FL, USA, July 2002, pp. 42–47.

Dynamic resource allocation based on the current channel state is a promising strategy to increase the capacity of wireless links. The optimum power allocation and accessing schemes have been found for fading multiple-access channels with partial (not exact) channel state information available to the transmitters. If, e.g., a strongest-channel feedback merely reveals to the transmitters who currently has the best transmit conditions, the optimum accessing scheme to achieve maximum sum rate is TDMA with a channel driven scheduling which favours the user with the currently strongest channel. This simple scheme, which requires only a modest feedback capacity, attains remarkable gains over the case of no side information and achieves a performance very close to the optimum with perfect side information (see Figure for a comparison of the sum rate for different number of users  $K$ ).

## Mehrfachzugriff mit partieller Kanalkennntnis

Michael Mecking

Eine dynamische Allokation der Systemressourcen basierend auf dem momentanen Kanalzustand ist eine vielversprechende Strategie, um die Kapazität drahtloser Übertragungsstrecken zu erhöhen. Zur Verfügung stehende Feedback-Kanäle erlauben jedoch nur die Signalisierung mit sehr geringer Rate, so dass exakte Kanalzustandsinformation nicht übertragbar ist und stattdessen die Sender nur über eine partielle Kanalkennntnis verfügen. Die erreichbaren Raten sowie die optimale Leistungsallokation und Zugriffsstrategie der Nutzer wurde für einen Multiple-Access-Kanal mit Fading gefunden.

Im Falle idealer Kanalkennntnis ist die beste Strategie, um einen maximalen Durchsatz zu erreichen, dass nur der Nutzer mit dem momentan besten Kanal sendet und seine Leistung gemäß dem bekannten Water-Filling-Prinzip anpasst. Das beste Zugriffsverfahren ist demnach TDMA mit kanalgesteuertem Zugriff. Diese Art von Feedback benötigt jedoch sehr hohe Raten auf dem Feedback-Kanal, die in der Praxis nicht realisierbar scheinen.

Die benötigte Feedback-Rate kann auf ein Bit pro Nutzer gesenkt wer-

den, wenn nur noch mitgeteilt wird, ob die Fading-Amplitude eine gewisse Schwelle überschreitet oder nicht. Die beste Strategie mit dieser Kanalkennntnis ist, dass alle Nutzer mit überschrittenem Schwellenwert gemeinsam senden, das heißt, das optimale Zugriffsverfahren verliert den TDMA-Charakter.

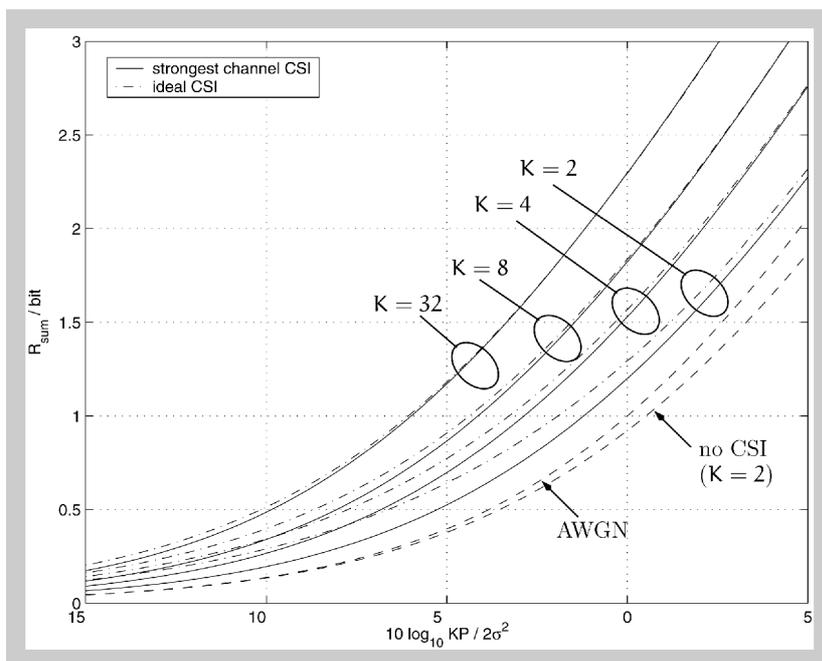
Überraschenderweise sinkt die Summenrate der Nutzer durch die nur grobe Kanalkennntnis und den entsprechend geringen Feedback-Signalisierungsraten nur sehr wenig.

Ist gar nur die Identität des Nutzers mit dem momentan bestem Kanal bekannt, lässt sich die Feedback-Rate noch weiter senken. Die beste Strategie ist in diesem Fall, dass nur der Sender mit dem stärksten Kanal sendet, d. h., das Zugriffsverfahren ist wieder TDMA. Die Benutzer können dann jedoch nicht wie bei idealer Kanalkennntnis die Leistung weiter an die Kanal Güte anpassen.

Die erzielbare Summenrate der Nutzer bei Rayleigh-Fadingkanal ist in der Abbildung für verschiedene Nutzeranzahlen  $K$  dargestellt. Auch hier gilt, dass man durch die lediglich partielle Kenntnis des Kanals nur sehr wenig an Summenrate verliert. Bei hohen Signal-zu-Rauschverhältnissen oder bei großen Werten von  $K$  sind die Einbußen vernachlässigbar. Die Gewinne gegenüber dem AWGN-Kanal sind beträchtlich und lassen sich durch eine weitere Erhöhung von  $K$  noch beliebig steigern.

### Literatur:

- [1] Mecking, M.: Resource Allocation for Fading Multiple-Access Channels with Partial Channel State Information. In: *Proc. IEEE International Conference on Communications (ICC)*, New York, USA, April 2002.
- [2] Mecking, M.: Achievable Rates for Fading Multiple-Access Channels with Partial Channel State Information. In: *Proc. IEEE International Symposium on Information Theory (ISIT)*, Lausanne, Switzerland, June 2002, p. 192.



Summenrate als Funktion von Kanalzustandsinformation und Nutzerzahl  $K$

## Analoge Decodierung

Matthias Mörz und Joachim Hagenauer



The ever increasing speed of data transmission in communication systems makes it more and more difficult to implement state-of-the-art coding schemes (e.g., turbo codes) in digital hardware. A possible solution to this problem is the use of analog decoders, which work with analog signals in continuous time and efficiently implement decoding algorithms using simple analog networks. In comparison with other work, our first chip implementation [1] is still the best in terms of decoding speed and power consumption. We were able to increase the performance even further through a new analog decoder implementation shown in the right figure. This new SiGe chip has been implemented together with Bell-Labs, Lucent Technologies, in Holmdel, NJ, USA.

Furthermore, we focused on efficient implementations of analog decoders for codes with large block sizes. A technique commonly used in digital designs [2] has been adopted to analog decoding in order to decrease the complexity of the analog network. Instead, we use an analog ring network with considerably less complexity for practical coding schemes. Here, the decoder output is calculated sequentially based on smaller sub-blocks of the overall code. This complexity reduction widens the field of potential applications for analog decoding.

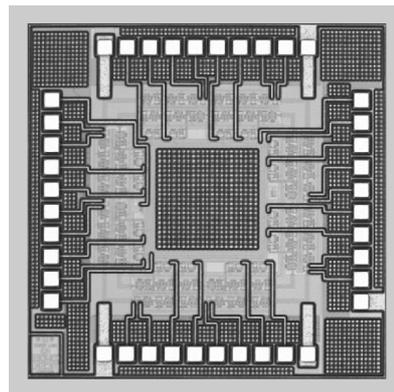
Aufgrund von ständig steigenden Datenraten in den heutigen Kommunikationssystemen wird es immer schwieriger, gängige Fehlerschutzverfahren (insbesondere Turbo-Codes und deren Decodierung) in digitaler Hardware umzusetzen. Ein möglicher Lösungsansatz ist die analoge Decodierung, bei der wert- und zeitdiskrete digitale Decoder durch wert- und zeitkontinuierliche analoge Chips ersetzt werden, die in Bezug auf Verarbeitungsgeschwindigkeit und Effizienz beachtliche Vorteile bieten. Im internationalen Vergleich belegt unsere erste Chipimplementierung

bezüglich Leistungsaufnahme und Decodiergeschwindigkeit nach wie vor den Spitzenplatz [1]. Im Berichtszeitraum wurde mit einem neuen Chip gezeigt, dass sich die Decodiergeschwindigkeit noch einmal deutlich steigern lässt. Das Bild rechts zeigt diesen analogen Chip, der in Zusammenarbeit mit Bell-Labs, Lucent Technologies in Holmdel, NJ, USA, in SiGe entstanden ist.

Darüber hinaus konzentrierten sich unsere Arbeiten auf eine effiziente Umsetzung von Decodieralgorithmen für Codes mit großer Blocklänge. Ein aus der Digitalelektronik bereits bekanntes Prinzip [2] wurde für die analoge Decodierung adaptiert, wodurch sich die Komplexität der analogen Schaltungen dramatisch reduzieren lässt. Die Lösung stellt hier ein analoges Ring-Netzwerk wie im Bild unten dar, bei dem ein Codeblock mit  $N$  Kanalwerten  $L_c \cdot y_i$  nun sequentiell (hier im Uhrzeigersinn) auf ein kleineres Netzwerk der Größe  $2 \cdot w + 1$  geladen wird. Sobald das Ring-Netzwerk vollständig geladen ist, können die ersten Bitpositionen decodiert werden (Ausgang  $L(u_t)$  im Bild). Die weiteren Kanalwerte überschreiben jeweils die um  $2 \cdot w$  zurückliegenden Speicherinhalte.

Für viele Anwendungen ergibt sich somit eine beachtliche Komplexitätsreduzierung, die für die

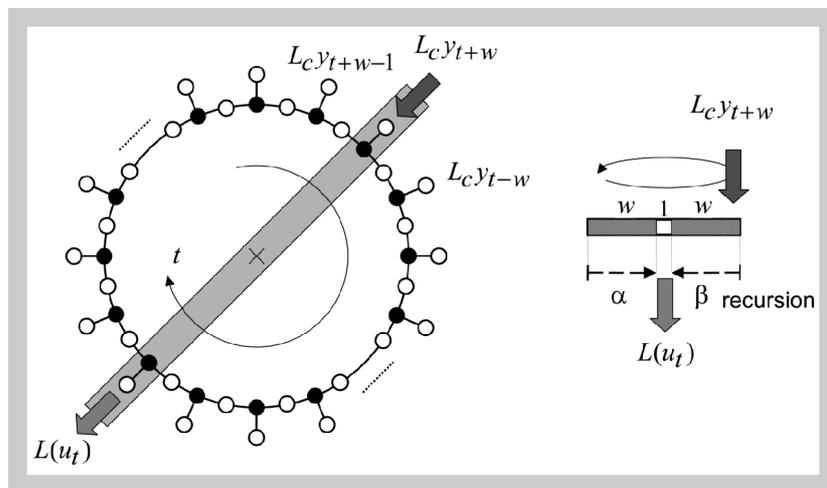
analoge Decodierung völlig neue Anwendungsgebiete erschließt.



Neue Chipimplementierung

Literatur:

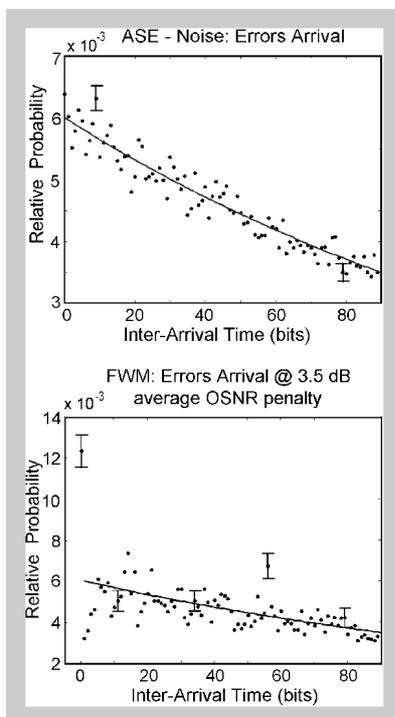
- [1] Mörz, M.; Gabara, T.; Yan, R.; Hagenauer, J.: An Analog 0.25 $\mu$ m BiCMOS Tailbiting MAP Decoder. In: *Proc. IEEE Int. Solid-State Circuits Conference*, Feb. 2000, pp. 356–357.
- [2] Viterbi, A. J.: An Intuitive Justification and a Simplified Implementation of the MAP Decoder for Convolutional Codes. In: *IEEE Journal on Selected Areas in Communication*, Vol. 16, No. 2, Feb. 1998, pp. 260–264.



Analoges Ring-Netzwerk

Optical transmission systems are nowadays of crucial importance. The Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) technology allows a long distance optical transmission with very high data rates. The system limitations are two-folded. Firstly the system is limited due to the amplified spontaneous emission (ASE) noise introduced by each optical amplifier (EDFA). In addition, nonlinear effects limit the output power of the EDFAs. In this context, forward error correction (FEC) is a key feature to reduce the cost of optical transmission systems.

Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) Systeme gehören heutzutage zu den neuen Technolo-



Messwerte (Punkte) der Fehlerabstände bei ASE-Rauschen (oben) und Vierwellenmischung (unten). Der AWGN-Kanal ist zum Vergleich als durchgezogene Kurve dargestellt.

## Kanalcodierung für optische Glasfaserübertragung

Elke Offer

gien, denen große Aufmerksamkeit geschenkt wird. Derzeit ist es mit DWDM-Systemen möglich, zwischen 32 und 160 Kanäle mit je einer Bitrate von 10 Gbit/s über eine große Distanz zu übertragen. Beim DWDM-System können mehrere Nutzer ihre Information gleichzeitig über einen Glasfaser schicken. Dabei wird ein Frequenzmultiplexverfahren im optischen Bereich durchgeführt, das sogenannte Wellenlängenmultiplex.

Um die Signaldämpfung und -verzerrungen des Signals auszugleichen, müssen in die Übertragungstrecke periodisch Regeneratoren hinzugefügt werden. Diese bestehen aus Demultiplexern, optisch/elektrischen Wandlern, elektrischen Verstärkern, elektrisch/optischen Wandlern und Multiplexern, was solche Regeneratoren aufwändig und kostspielig macht.

Die Erfindung von Erbiumdotierten (EDFA) Glasfaserverstärker ist eine der wichtigsten Durchbrüche für die Weiterentwicklung der optischen Übertragungstechnik. Im Gegensatz zu elektrischen Regeneratoren verstärkt die EDFA das gesamte optische Signal auf der Faser. Der Einsatz von EDFAs ermöglicht heute einen Abstand von ca. 1000 km zwischen den elektrischen Regeneratoren, welche immer noch erforderlich sind, da sich die Verzerrungen trotz der EDFAs über längere Strecken akkumulieren. Das Ziel ist es nun, den Abstand zwischen zwei Regeneratoren so groß wie möglich zu machen, um Kosten zu sparen.

Neben den linearen Störungen wie Dämpfung, Rauschen und Dispersion sind es auch die nichtlinearen Störungen, welche das Design von DWDM-Systemen erheblich beeinflussen. In unseren Untersuchungen beschränken wir uns auf die Selbst-Phasenmodulation (SPM) sowie die Vierwellenmischung (FWM). Beide zählen zu den kritischsten nichtlinearen Effekten für WDM-Systeme.

Es gibt nun verschiedene Möglichkeiten, die Systembegrenzungen zu überwinden. Dabei erweist sich der Einsatz von Kanalcodierung als

sehr kostengünstig und effizient. Für das Design von Fehlerkorrekturverfahren für die optische Kommunikation stellen sich die folgenden offenen Fragen:

- (1) Wie sieht ein diskretes Kanalmodell unter Berücksichtigung der Nichtlinearitäten aus?
- (2) Welche Wirkung hat die Kanalcodierung auf Systeme, die durch Nichtlinearitäten begrenzt sind?
- (3) Entwurf neuer Kanalcodierungsmethoden (Soft-Decision) für die hochratige Datenkommunikation.

In Zusammenarbeit mit der Siemens AG, München wurden Messungen an gespeicherten Datensequenzen, durchgeführt, die zuvor über eine durch SPM bzw. FWM begrenzte optische Übertragungstrecke gesendet wurden [1], [2].

Diese weltweit erstmalig durchgeführten Messungen ergaben nur ein leicht erhöhtes Auftreten von Zweibit-Fehlermustern, jedoch sonst keinen weiteren Hinweis auf das Vorhandensein sogenannter Bündelfehler (siehe Abbildung).

Die Wirkung von Kanalcodierung auf die Toleranz gegenüber Nichtlinearitäten wurde ebenfalls untersucht und anhand von neu erstellten Modellen verifiziert.

Neue Kanalcodierungsverfahren, die auf dem Einsatz iterativer Decodierungstechniken beruhen, zeigen einen Codiergewinn von ca. 10 dB bei einer Bitfehlerrate von  $10^{-12}$ . Die Gesamtrate des Codes liegt bei 0.83 und damit – bei einer angestrebten Informationsdatenrate von 10 Gbit/s – im realisierbaren Rahmen.

Literatur:

- [1] de Arruda Mello, D. A.; Reichert, J.; Offer, E.: Error Arrival Statistics for FEC Design in Four-Wave Mixing Limited Systems. In: *Optical Fiber Communication Conf. (OFC 2003)*, Atlanta, Feb. 2003.
- [2] de Arruda Mello, D. A.: Impact of Nonlinear Fiber Effects on FEC Design for Optical Transmission Systems. Master Thesis, TUM, Institute for Commun. Eng. (LNT), Oct. 2002.

## Multi-Hop-CDMA-Systeme

Ioannis Oikonomidis

Ad hoc networks where the nodes communicate with each other through multi-hops are gaining importance in the field of wireless communication networks. Introducing relay stations between any transmitter-receiver pair has shown a possible decrease in the total emitted power and therefore gains in increasing the battery life and reducing the environment radiation. Our aim is to examine the performance of such a Multi-hop system which employs CDMA methods.

Bei der Suche nach effizienten Methoden zur Informationsübertragung sind Ad-Hoc-Netze – darunter versteht man Netze ohne Zellenstruktur – Kandidaten für die 4. Generation von Mobilkommunikationssystemen. Solche Netze beinhalten keine zentralen Basisstationen, vielmehr organisieren sich die Knoten in einem solchen System selbst. Die Übertragung erfolgt in Multi-Hops von einem Knoten zum nächsten.

### 1. Multi-Hop-Übertragung

Informationstheoretische Untersuchungen zeigen, dass eine Fragmentierung der Übertragung über mehrere Hops zu einer Reduzierung der gesamten emittierten Leistung führen kann. Das im Rahmen dieses Forschungsprojekts untersuchte Multi-Hop-System besteht aus insgesamt  $N$  Knoten, die auf einer Linie äquidistant positioniert sind. Das untersuchte Kommunikationsverfahren ist so zu verstehen, dass jeder Knoten einen empfangenen Block decodiert, anschließend neu codiert und erneut sendet. Folglich ergibt sich die Bitfehlerwahrscheinlichkeit für die Übertragung vom ersten zum letzten Knoten aus den Bitfehlerwahrscheinlichkeiten für die Übertragung zwischen den Nachbarknoten. In der Simulation eines derartigen Systems wird jedes Informationsbit zuerst mit einem Faltungscodex codiert und mit dem Spreizcode des nächsten Nachbarn gespreizt.

Um ein realistisches Szenario zu gewährleisten, wurden die Spreizsequenzen (Gold-Codes) zeitlich gegeneinander verschoben, um die Orthogonalitätseigenschaft der Sequenzen zu brechen. Es wird davon ausgegangen, dass alle Knoten mit identischer Energie  $E_i = E_0/(N-1)$  senden, wobei bei unseren Untersuchungen auch eine optimale Allokation der Leistung betrachtet wird. Im Empfänger wird das Signal mit dem Gold-Code multipliziert und mit Hilfe eines Viterbi-Decoders decodiert.

Ein mögliches Einsatzgebiet für Multi-Hop-Übertragung findet sich im Bereich der Mobilkommunikation. Es wird ein Hybrid-Netzwerk betrachtet, in dem Nutzer, die sich weit entfernt von der Basisstation befinden, ihre Kommunikation über Doublehop mit Hilfe einer Relaisstation durchführen. Speziell im UMTS-System können durch dieses Verfahren Gewinne im Bezug auf die benötigte Sendeleistung und Netzabdeckung erzielt werden.

### 2. Multi-Hop-Diversität

Ein Problem der Multi-Hop-Systeme besteht in der großen Interferenz und den Schwundeffekten des Mobilfunkkanals. Eine Lösung bieten ARQ-Verfahren, das heißt, ein Datenpaket wird so oft gesendet, bis es vom Empfänger erfolgreich detektiert werden kann. Neben einem einfachen ARQ-Verfahren mit uncodierten Datenpaketen wurde ferner die Übertragung von codierten Datenpaketen (ratenkompatible punktierte Faltungscodes) untersucht. Eine weitere Möglichkeit zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit eines Multi-Hop-Systems ergibt sich durch die Ausnutzung von Diversität am Empfänger.

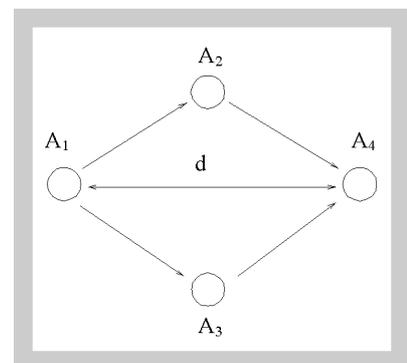
Die Abbildung zeigt beispielhaft die Übertragung von Knoten  $A_1$  zum Knoten  $A_4$  unter Verwendung von zwei Relaisstationen  $A_2$  und  $A_3$ . Im ersten Schritt wird ein Datenpaket vom Sender ( $A_1$ ) zu den Relaisstationen geschickt. Danach wird

das empfangene Paket von jeder Relaisstation zum Empfänger  $A_4$  übertragen. Der Empfänger kann die beiden Signale, die von unabhängigen Schwundeffekten gestört sind, kombinieren und so die Verlässlichkeit des decodierten Datenpaketes erhöhen.

Dieses Verfahren kann auch durch Kombination mit ARQ- und RCPC-Verfahren erweitert werden. Das präsentierte Modell kann z. B. benutzt werden, um das Verhältnis von Netzen mit mehreren Knoten (Steigerung der Interferenz) zu analysieren. Ziel unserer Arbeit ist es, diese Verfahren eingehend zu untersuchen sowie andere Algorithmen zu entwickeln, die für Ad-Hoc-Systeme eine Steigerung der Leistungsfähigkeit versprechen.

Literatur :

- [1] Gupta, P.; Kumar, P. R.: The Capacity of Wireless Networks. In: *IEEE Transactions on Information Theory*, Vol. IT-46, No. 2, March 2000, pp. 388–404.
- [2] Laneman, J. N.; Wornell, G. W.: Exploiting Distributed Spatial Diversity in Wireless Networks. In: *Proc. Allerton Conf. Commun., Contr., and Computing*, Urbana-Champaign, IL, USA, Oct. 2000.



Diversitätsmodell der Multi-Hop-Übertragung

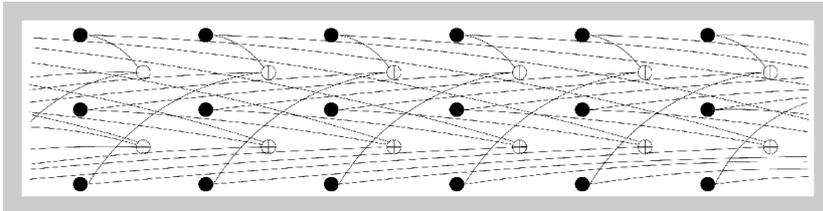


## Iterative Analoge Decodierung

Andrew Schaefer

the analog idea was further applied to the decoding of LDPC convolutional codes [2].

LDPC convolutional codes do not represent the best convolutional codes of a particular memory size.



Faktorgraph eines LDPC-Faltungscodes

Analog decoding describes the idea of decoding channel codes using analog transistor circuits. Such a low-level hardware design allows significant improvements in decoder speed, chip size and power consumption in comparison with corresponding digital decoders. The analog decoder implements precisely the same algorithm as a digital decoder, with the only difference being that the implementation is in continuous time rather than discrete time. Thus, for example, in an analog turbo decoder there are no longer iterations but a continuous information exchange and we can speak of 'soft-time'.

A visualisation method for a simple concatenated code was investigated to help provide an intuitive understanding of iterative decoding and also of the concept of exchange of information in soft-time [1].

In a joint project with the University of Notre Dame, Indiana, USA,

However, their sparse factor-graphs allow Belief Propagation decoding such that extremely high memory codes can still be decoded.

Es wurde eine Visualisierungsmethode für einen einfachen Turbo-Decoder – basierend auf dem (3, 2) Parity-Check-Code – untersucht. Anders als bei *Density Evolution* und *EXIT Charts*, die auf makroskopische Betrachtungen aufbauen, basiert diese Methode auf einer mikroskopischen Betrachtungsweise.

Für jeden Komponenten-Decoder können „Decodierflächen“ erzeugt werden, die von den Zuverlässigkeiten der Parity-Bits bestimmt sind. In der unteren Abbildung sind Flächen für den horizontalen und den vertikalen Komponentendecoder eines einfachen Turbo-Decoders dargestellt.

Das Decodierverfahren ist jetzt so visualisierbar: Die vom Kanal empfangenen Werte definieren die

Decoderflächen und auch die Startposition, die den Schätzwerten der empfangenen Bits entspricht. Wenn wir einen Komponentencode decodieren, bewegt sich der Schätzwert auf der Decodierfläche bergabwärts. Wenden wir einen anderen Komponentencode an, werden die Decodierflächen ausgetauscht.

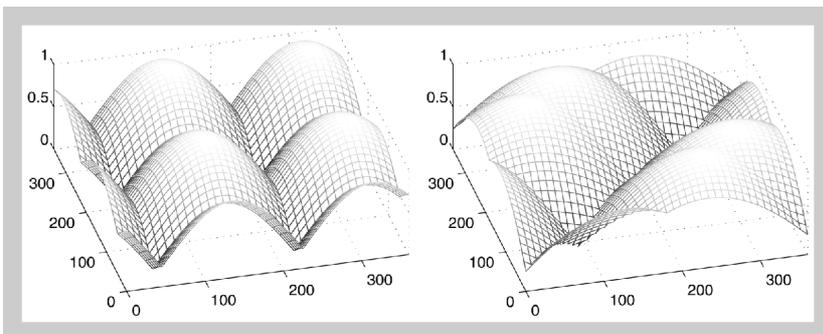
In einem analogen Algorithmus (ohne Iterationen und in Soft-Time), werden die Flächen nicht mehr ausgetauscht, sondern beide Flächen beeinflussen das Decodierergebnis gleichzeitig.

In einer Zusammenarbeit mit der University of Notre Dame, Indiana, USA, wurden des Weiteren analoge Decoder für LDPC-Faltungscodes untersucht. Diese sind eine Klasse von Faltungscodes mit Sparse-Faktor-Graphen, die ein effizientes Decodieren nach dem *Belief-Propagation-Algorithmus* ermöglichen. Ziel unserer Forschungsarbeiten war es dabei, die Machbarkeit einer analogen Implementierung zu untersuchen.

Es wurde – basierend auf [3] – eine sog. *Rotating-Ring-Architektur* untersucht. Dabei muss nur ein Bruchteil des Faktorgraphen implementiert werden, da nur begrenzt viele Empfangswerte für die aktuelle Entscheidung relevant sind. Schreibe- und Lesepositionen rotieren um den Ring in Takt mit der Bitrate. Dieser Rotating Ring ist in der oberen Abbildung dargestellt.

Literatur:

- [1] Schaefer, A.: Turbo Decoding Visualisation for a Simple Product Code. In: *Proc. IEEE Int. Symp. on Information Theory*, Lausanne, Switzerland, July 2002, p. 140.
- [2] Schaefer, A.; Sridharan, A.: Analog Rotating Ring Decoder of a LDPC Convolutional Code. In: *Proc. Joint Workshop on Comm. and Coding*, Barolo, Italy, Nov. 2002, p. 10.
- [3] Mörz, M.: Analog Sliding Window Decoding. In: *Proc. Joint Workshop on Comm. and Coding*, Barolo, Italy, Nov. 2002, p. 9.



Decodierflächen der horizontalen und vertikalen Komponenten-Decoder eines einfachen Turbo-Decoders (bei gleichwertigen und positiv empfangenen Parity-Bits)

## „Bit-Interleaved Coded Modulation“ (BICM) mit iterativer Decodierung

Frank Schreckenbach



Due to their outstanding performance, iterative principles have attracted a great interest. We investigate bit-interleaved coded modulation with different iterative decoding schemes for bandwidth efficient transmission.

Three relevant systems are considered, with iterations at the receiver, either between two decoders (turbo code), between demapper and decoder, or using an additional precoder.

Mehrere Verfahren wurden in den letzten Jahren vorgeschlagen, um die Kanalcodierung und eine höherstufige Modulation für die bandbreiteneffiziente Datenübertragung zu kombinieren.

Wir betrachten hier das einfach zu realisierende und sehr flexible *bit-interleaved coded modulation* (BICM) System [1]. Dabei werden die Informationsbits am Sender codiert, anschließend durch einen Interleaver verwürfelt und letztendlich – wie in der Abbildung dargestellt – auf ein Symbol einer höherstufigen Modulation abgebildet. Je nach Qualität des Übertragungskanals müssen die Coderate und das Modulationsverfahren angepasst werden. Der Interleaver beseitigt die Korrelation zwischen aufeinander folgenden Fadingkoeffizienten, außerdem Korrelationen zwischen aufeinander folgenden Codebits und zwischen den Bits, die einem gemeinsamen Modulationssymbol zugeordnet sind, was essentiell für die iterative Decodierung sein wird.

Im neuen Mobilfunkstandard UMTS wird die Kombination eines parallel verketteten Turbo-Codes mit höherstufiger Modulation verwendet. Durch die iterative Decodierung der beiden verketteten Codes kann am Empfänger eine gewaltige Leistungssteigerung erzielt werden.

Eine Alternative zu Turbo-Codes mit geringer Komplexität ist die Idee, am Empfänger zwischen dem Decoder und dem Demodulator iterativ neu gewonnene Information

auszutauschen [2, 3]. Wie bei einem Faltungscodierung werden die Daten durch den Modulator korreliert. Diese Redundanz ermöglicht es, dass die vom Decoder zurückgeführte Information die Zuverlässigkeit der Schätzungen vom Demodulator erhöht.

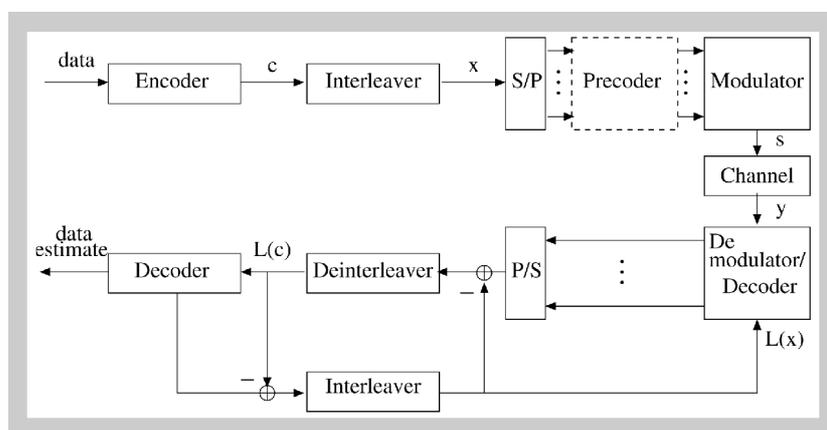
Der entscheidende Systemparameter ist die Abbildung der einzelnen Bits auf die Signalraumpunkte, das heißt, welche Bitfolge welchem Symbol entspricht. Die verwendete Abbildung entscheidet über die Leistung nach dem ersten Demodulator- und Decoderdurchlauf sowie über den erzielbaren Gewinn der Iterationen. Abbildungen können entweder über die Distanzeigenschaften (d. h. Euklidische Distanzen zwischen Symbolen, die sich in einer gewissen Anzahl von Bits unterscheiden) oder über die Transinformation zwischen den gesendeten Codebits und den L-Werten nach dem Demodulator im EXIT Chart [4] charakterisiert werden.

Unabhängig von der Abbildung ist die Tatsache, dass selbst bei ideal zurückgeführter Information eine gewisse Restfehlerwahrscheinlichkeit vorhanden bleibt. Wird zusätzlich ein rekursiver Präcodierer mit Rate 1 vor dem Modulator hinzugefügt, so kann bei hohem SNR die Fehlerwahrscheinlichkeit mit steigender Blocklänge beliebig klein gemacht werden [5]. Verschiedene Designmöglichkei-

ten bieten sich an, falls der Präcodierer wie in der Abbildung auf allen Bits operiert, die einem Symbol zugeordnet sind.

Literatur:

- [1] Caire, G.; Taricco, G.; Biglieri, E.: Bit-Interleaved Coded Modulation. In: *IEEE Transactions on Information Theory*, Vol. 44, May 1998, pp. 927–946.
- [2] Ten Brink, S.; Speidel, J.; Yan, R.: Iterative Demapping and Decoding for Multilevel Modulation. In: *Proc. IEEE Globcom Conf.*, Nov. 1998, pp. 579–584.
- [3] Li, X.; Chindapol, A.; Ritcey, J. A.: Bit-Interleaved Coded Modulation with Iterative Decoding and 8 PSK Signalling. In: *IEEE Transactions on Communications*, Vol. 50, No. 8, Aug. 2002, pp. 1250–1257.
- [4] Ten Brink, S.: Convergence Behavior of Iteratively Decoded Parallel Concatenated Codes. In: *IEEE Transactions on Communications*, Vol. 49, No. 10, Oct. 2001, pp. 1727–1737.
- [5] Tüchler, M.: Design of Serially Concatenated Systems Depending on the Block Length. Eingereicht: *IEEE Transactions on Communications*, Aug. 2002.



Systemmodell: BICM mit iterativer Demodulation und Decodierung

## Video-Übertragung in drahtloser Umgebung

Thomas Stockhammer

Wireless and IP-based video transmission is investigated. We concentrate on basic research aspects (see [1], [2], [3]) contributions to emerging standards, especially MPEG-4 AVC/ H.264, and implementation aspects for real-time conversational and streaming applications.

Die mobile Video- und Audioübertragung gewann in den letzten Jahren mehr und mehr an Bedeutung. Anders als bei einer Sprachübertragung, die meist in leitungsgebundenen Punkt-zu-Punkt-Übertragungsverfahren durchgeführt wird, läuft AV-Übertragung fast ausschließlich Ende-zu-Ende über paketbasierte Netzwerke, vor allem über das Internet. Dadurch sind viele aus der gemeinsamen Quellen- und Kanalcodierung für Sprachübertragung bekannte Ansätze nicht unverändert umsetzbar auf die Echtzeit-Übertragung von audio-visuellen Daten.

Diesen neuen Anforderungen wurde durch eine Vielzahl von Arbeiten auf drei verschiedenen Schwerpunkten Rechnung getragen, die parallel und ineinander übergreifend in den letzten Jahren verfolgt wurden und auch weiterhin verfolgt werden. Einerseits werden in Grundlagenforschungsthemen fundamental neue

Ansätze evaluiert. Außerdem werden Erkenntnisse dieser Grundlagenforschung in die Standardisierung eingeführt und Pionierarbeiten in Standardisierungsgremien geleistet, die eine stärkere Netzwerkadaptivität von Multimedia-Codierverfahren in den Vordergrund stellen.

Schließlich wurde die Erstellung einer mobilen echtzeitfähigen Multimedia-Test- und Demonstrationsumgebung in Angriff genommen. Während dem letzten Aspekt ein separater Artikel im Kapitel 7 gewidmet ist und auf Standardisierungsaspekte innerhalb des INVINET-Projektberichts eingegangen wird, betrachten wir im Folgenden grundlegende Arbeiten auf dem Gebiet der mobilen Videoübertragung.

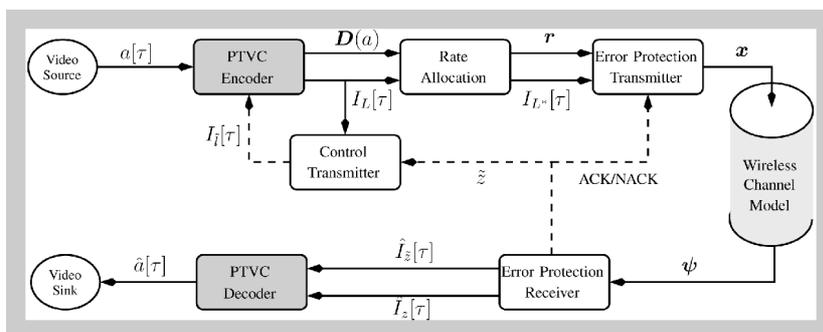
Der größte Teil unserer Arbeiten basieren auf dem neuen Videocodierungsstandard MPEG-4 AVC bzw. H.264, der im März 2003 den Status des Internationalen Standards (IS) erreichen wird. Da dieser Standard eine signifikante Steigerung der Kompressionseffizienz im Vergleich zu bisherigen Verfahren verspricht, ist er vor allem für mobile Anwendungen mit ihren im Allgemeinen beschränkten Datenraten sehr attraktiv. In verschiedenen Arbeiten wurde untersucht, wie entweder durch standardkonforme Encodierung oder kleinere Modifikationen im Zusammenspiel mit Netzwerkmechanismen oder Fehlerschutzverfahren eine Adaptation dieses Videocodierverfahrens für drahtlose Übertragung erreicht werden kann.

Im Folgenden sind einige ausgewählte Ansätze mit entsprechenden Referenzen kurz aufgezählt:

- Die grundsätzliche Eignung des Standards für die Übertragung in drahtlosen Netzwerken wurde in [1] untersucht.
- Standardkonforme Erweiterungen, die vor allem in internetbasierter Umgebung greifen und Netzwerkinformation in die Codierungsstrategie miteinbeziehen, wurden in [2] vorgestellt und verglichen. Signifikante Qualitätssteigerungen durch die geeignete Auswahl von Verfahren konnten nachgewiesen werden.
- In [3] wurde H.264 modifiziert, so dass die Textur progressiv codiert ist (PTVC) und gemäß dem Bild in ein mobiles Übertragungssystem integriert werden konnte. Es wurden angepasste Vorwärtsfehlerschutz- sowie Rückübertragungsmechanismen entwickelt, untersucht und miteinander verglichen, und optimierte Ratenallokationsalgorithmen hergeleitet. Der Schwerpunkt zukünftiger Arbeiten wird von Echtzeit-Kommunikation- zu Streaming-Anwendungen verschoben.

Literatur:

- [1] Stockhammer, T.; Hannuksela, M.; Wiegand, T.: JVT/H.26L in 3G Wireless Environments. Eingeladenes Paper für: *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology (CSVT)*, Special Issue on H.26L/JVT, May 2003.
- [2] Stockhammer, T.; Wenger, S.: Standard-Compliant Enhancement of JVT Coded Video for Transmission over Fixed and Wireless IP. In: *Proc. International Workshop on Digital Communications (IWDC)*, Capri, Italy, Sept. 2002.
- [3] Stockhammer, T.; Jenkač, H.; Weiß, C.: Error Protection and Feedback Strategies for Wireless Progressive Video Transmission. In: *IEEE Trans. on CSVT, Special Issue on Wireless Video*, Vol. 12, No. 6, June 2002, pp. 465–482.



Progressive Videocodierung und angepasster Fehlerschutz mit Rückkanal zur Übertragung über drahtlose Kanäle

# Iterative Decodierung von seriell verketteten Systemen

Michael Tüchler



A serially concatenated communication system consists of two entities, which one after the other encode data to be transmitted over a channel. One of these entities can be the channel itself and thus, important entity parameters might be unknown and possibly time-varying. For example, coded data transmission over an intersymbol interference (ISI) channel is a serially concatenated system.

We propose low-complexity algorithms for close-to-optimal decoding of such systems based on iterative decoding using separate decoders for each encoding entity and a separate estimator to obtain estimates of the initially unknown entity parameters.

Based on existing techniques for analyzing the convergence of iterative decoding algorithms, we show how to find optimal system configurations. This includes the use of recursive precoders in the transmitter. We derive novel a-posteriori probability decoding algorithms for imprecise knowledge of the entity parameters.

Seit der erstmaligen Anwendung der iterativen Decodierung von parallel verketteten Faltungscodes (Berrou, 1993) ist intensiv an der Verwendung dieses Turboprinzips für ähnliche Probleme der Kanalcodierung und Nachrichtenübertragung geforscht worden. Treibende Kraft war hierbei die sehr hohe Leistungsfähigkeit dieses Verfahrens. Es wird z. B. bei der Decodierung von verketteten Codes verschiedenster Gattungen, bei trelliscodierter Modulation und bei codierter Übertragung über einen Kanal mit Intersymbol-

interferenzen (ISI) erfolgreich angewandt. Grundvoraussetzung ist das Vorhandensein von zwei oder mehr Komponenten (Code, Kanal), welche die zu sendenden Daten korreliert sowie mit beigefügter Redundanz ausgeben und mit Interleavern voneinander getrennt sind. Dieses Konzept kann nun zu einer beliebigen seriellen Verkettung zweier Senderkomponenten generalisiert werden, wobei der Kanal selbst eine dieser Komponenten sein kann.

Ein Beispiel für eine solche Verkettung ist die codierte Übertragung über einen ISI-Kanal wie in der Abbildung gezeigt. An diesem Beispiel wird auch ersichtlich, dass wichtige Parameter einer Systemkomponente – z. B. die Impulsantwort des ISI-Kanals – zu Beginn der Übertragung nicht bekannt sein können und sich möglicherweise während der Übertragung ändern.

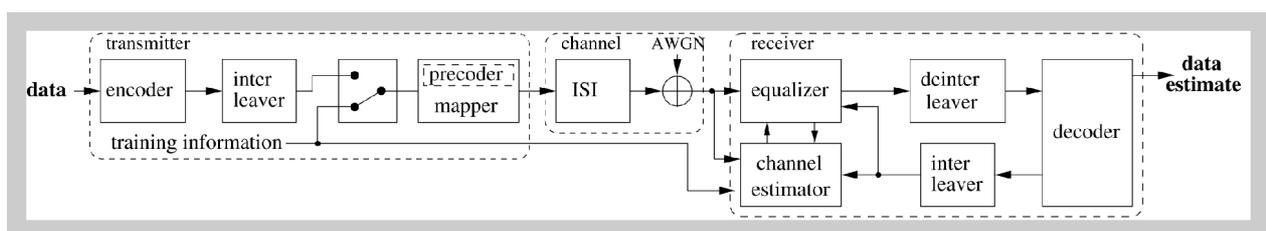
Es stellt sich nun die Frage, wie dieses verkettete System mit wenig Aufwand möglichst optimal decodiert werden kann. Unter Ausnutzung des Turboprinzips können wir einen Empfänger aufbauen, welcher für beide Senderkomponenten separate Decoder verwendet. Diese tauschen iterativ „Soft“-Informationen, d. h. mit einem Zuverlässigkeitsmaß versehene Eingangs- und Ausgangsinformationen aus. In unserem Beispiel sind diese beiden „Decoder“ der Entzerrer und der Decoder des fehlerkorrigierenden Codes. Von herkömmlichen Systemen mit bekannten Parametern wissen wir, dass nach geeigneter Codewahl die informationstheoretische Grenze der Übertragung, die Shannonkapazität, sehr nahe erreicht werden kann. Für

diese Codeoptimierung haben wir Algorithmen entwickelt, die optimale Codekonfigurationen für allgemeine seriell verkettete Systeme berechnen [1]. Es stellt sich heraus, dass dabei eine rekursive Vordcodierung in der zweiten Sendekomponente, z. B. bei einem ISI-Kanal, notwendig ist.

Eine völlig neue Problemstellung ergibt sich, wenn die Parameter des ISI-Kanals nicht bekannt sind und sich ändern. Für diesen Fall muss das Turbo-Prinzip neu hergeleitet werden. Den markantesten Unterschied stellt eine zusätzliche Empfängerkomponente (Kanalschätzer) dar, die in den iterativen Empfängeralgorithmus eingebunden werden muss. Dies wird durch eine SISO-Auslegung des Schätzers erreicht, d. h. er kann Teilinformationen über die gesendeten Daten neben den bekannten Trainingssymbolen verarbeiten (Soft-In) und Parameterschätzwerte inklusive deren Zuverlässigkeit (Soft-Out) produzieren [2].

Literatur:

- [1] Tüchler, M.: Design of Serially Concatenated Systems Depending on the Block Length. Eingereicht bei: *IEEE Trans. on Communications*, Aug. 2002.
- [2] Otnes, R.; Tüchler, M.: On Iterative Equalization, Estimation and Decoding. In: *Proceedings IEEE Intern. Conference on Communications 2003*, May 2003.



Prinzipskizze eines seriell verketteten Systems mit iterativer Decodierung im Empfänger

## Iterative lineare Detektion von MIMO-Signalen

Melanie Witzke

We investigate an iterative receiver structure performing joint symbol detection and decoding to suppress the strong interference in multiple-input multiple-output (MIMO) systems. A linear minimum mean squared error (MMSE) detector is compared with simplified approaches. Existing schemes for related scenarios are modified and extended to fit a generalized MIMO transmitter structure such that the developed detectors are applicable to many known MIMO systems. Simulation results show that the iterative receiver achieves large gains over conventional solutions.

Bei den ersten hochratigen MIMO-Systemen, wie z. B. V-BLAST und D-BLAST, wurde zur Detektion eine serielle Interferenzunterdrückung verwendet. Obwohl dieses Verfahren von geringer Komplexität ist, hat

die niedrige Leistungsfähigkeit dazu geführt, dass derzeit der Entwicklung verbesserter Detektoren ein großes Interesse gilt. Als besonders vielversprechend erscheint die Anwendung einer iterativen Empfängerstruktur. Innerhalb einer solchen Struktur ist es optimal, einen APP-Detektor einzusetzen (APP: a posteriori probability). Da dieser in der Praxis zu komplex ist, konzentrieren wir uns auf die Entwicklung linearer Detektoren [1], wie sie erstmals in [2] vorgestellt wurden.

Der von uns betrachtete MIMO-Sender besteht aus mehreren Schichten (Layern). In jedem Layer werden unabhängige Daten codiert, mit Interleavern verwürfelt und dann zu komplexen Symbolen moduliert. Die Abbildung der komplexen Symbole auf die Sendeantennen wird mittels Generatormatrizen linear beschrieben. Diese Darstellungsweise ermöglicht es, den Detektor unabhängig von einem speziellen MIMO-System zu beschreiben.

Der Empfänger besitzt den klassischen Aufbau von „Turbo“-Systemen. Die Daten der einzelnen Layer werden zunächst detektiert und nach

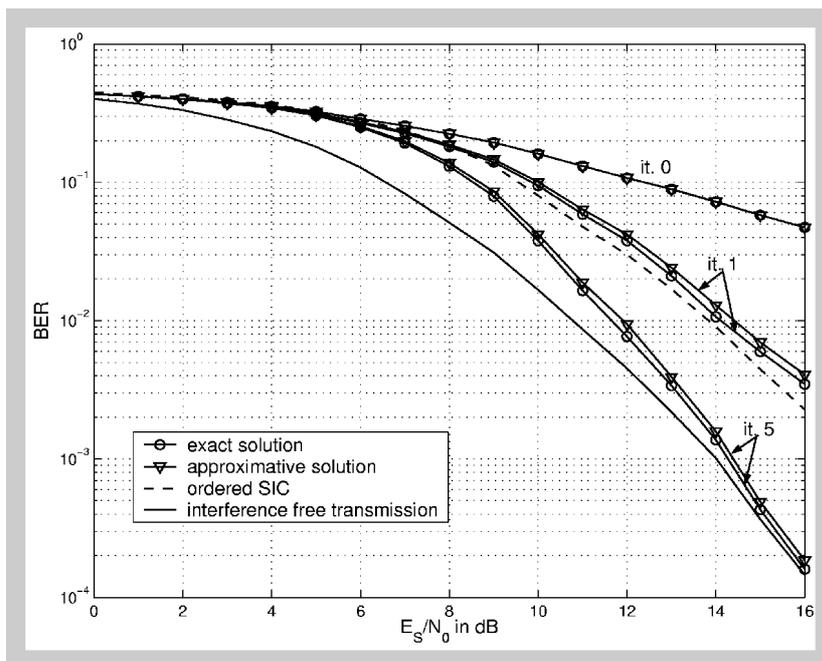
dem Deinterleaving decodiert. Die APP-Decoder liefern sog. Soft-Information über die Informationsbits, die nach der letzten Iteration zur Entscheidung verwendet werden, und zusätzlich Soft-Information über die Codebits, die dem Detektor als so genannte A-priori-Information zugeführt werden.

Das Kernstück dieses iterativen Empfängers sind die linearen Detektoren in den einzelnen Layern. Sie bestehen aus drei Komponenten, der Interferenzunterdrückung, der MMSE-Filterung und – basierend auf den MMSE-Schätzwerten – der Berechnung der Soft-Information. Das MMSE-Filter besitzt dabei eine Struktur, die sich optimal an die Restinterferenz seines Eingangssignals anpasst, was zu einer hohen Leistungsfähigkeit führt. Diese hat jedoch auch ihren Preis, da das Filter für jedes Symbol neu berechnet werden muss, weshalb unser Interesse hauptsächlich der Untersuchung von Näherungen für dieses Filter gilt.

Die Abbildung zeigt die Bitfehler-raten von iterativen Empfängern am Beispiel von V-BLAST. Wir sehen, dass der iterative Detektor nach nur 5 Iterationen gegen die Kurve für interferenzfreie Übertragung konvergiert und so einen signifikanten Gewinn gegenüber serieller Interferenzunterdrückung erzielt. Weiterhin büßt eine Näherung des Filters mit deutlich geringerer Komplexität kaum an Leistung ein.

### Literatur:

- [1] Witzke, M.; Bäro, S.; Schreckenbach, F.; Hagenauer, J.: Iterative Detection of MIMO Signals With Linear Detectors. In: *Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers (ACSSC)*, Pacific Grove, CA, USA, Nov. 2002.
- [2] Wang, X.; Poor, H. V.: Iterative (Turbo) Soft Interference Cancellation and Decoding for Coded CDMA. In: *IEEE Transactions on Communications*, Vol. 47, No. 7, July 1999, pp. 1046–1061.



Bitfehler-rate bei V-BLAST mit iterativer Detektion, 16-QAM, jeweils 4 Sende- und Empfangsantennen, Faltungscodierung mit Rate  $R = 1/2$  und Memory  $M = 4$

# Interferenzschätzung und Codierungsstrategien in drahtlosen verteilten Sensor-/Ad-Hoc-Netzen

Johannes Zangl



The growing progress in integrated circuit fabrication and signal processing allows the design of very small and cheap devices, so called sensornodes that can be used for wireless distributed measurement purposes. Due to the missing coordination among the nodes, new transmission strategies have to be developed and analyzed that allow a reliable communication between network elements. In detail, this research area covers the topic of interference estimation in such a class of networks, dependent on system parameters like the node's density, channel model, and channel accessing scheme. Furthermore, the influence of channel coding schemes on the interference, as well as on the error rate and the expected throughput, is discussed.

Durch den stetigen Fortschritt auf dem Gebiet der Halbleiterintegration können Messsensoren sowie Signalverarbeitungs- und HF-Komponenten auf engstem Raum zu einem sog. „Sensornode“ zusammengefasst werden. Eine große Anzahl derartiger Knoten, zufällig verteilt in der Ebene, bildet ein drahtloses Ad-Hoc-Netzwerk, das z. B. vorteilhaft zur Messung von Umweltdaten eingesetzt werden kann. Die gesammelten Umweltdaten werden dabei durch das Netzwerk im Multi-Hop-Verfahren drahtlos bis zum Zielknoten übertragen.

Da in einem derartigen Sensornetz eine übergeordnete Instanz zur Koordination der Netzwerkelemente gänzlich fehlt, müssen sich die Knoten selbst organisieren bzw. sie müssen Verfahren für eine ordnungsgemäße gegenseitige Kommunikation finden. Ein Hauptproblem besteht dabei in der erzeugten Interferenz, die durch das mehr oder weniger unkoordinierte Aussenden von Datenpaketen seitens der Netzwerkelemente hervorgerufen wird. Im vorliegenden Arbeitsgebiet werden deshalb u. a. Verfahren unter-

sucht und entwickelt, welche es erlauben, die im System zu erwartende Interferenz in Abhängigkeit von Systemgrößen wie Knotendichte, Knotenaktivität sowie Kanalmodell und Kanalzugriffsschema zu ermitteln.

Ferner werden Verfahren der Kanalcodierung zum Zwecke der Vorwärtsfehlerkorrektur in der oben besprochenen Netzwerkkategorie untersucht. Es ist dabei zu berücksichtigen, dass jegliche Art von zusätzlicher Redundanz die Dauer des Kanalzugriffs pro Knoten und Zeiteinheit erhöht und damit auch zu steigender Interferenz führt. Es ist deshalb zu untersuchen, ob dieser – der Vorwärtsfehlerkorrektur gegenläufige – Aspekt zu einer tatsächlichen Verbesserung der Übertragungsqualität hinsichtlich Bit- und Rahmenfehler率 führt. Eine viel versprechende Strategie ist dabei der Einsatz von punktierten Faltungscodes mit adaptiver Redundanz, d. h. es wird nur dann zusätzliche Information übertragen, wenn dies zum Zwecke der Fehlerkorrektur auch notwendig ist.

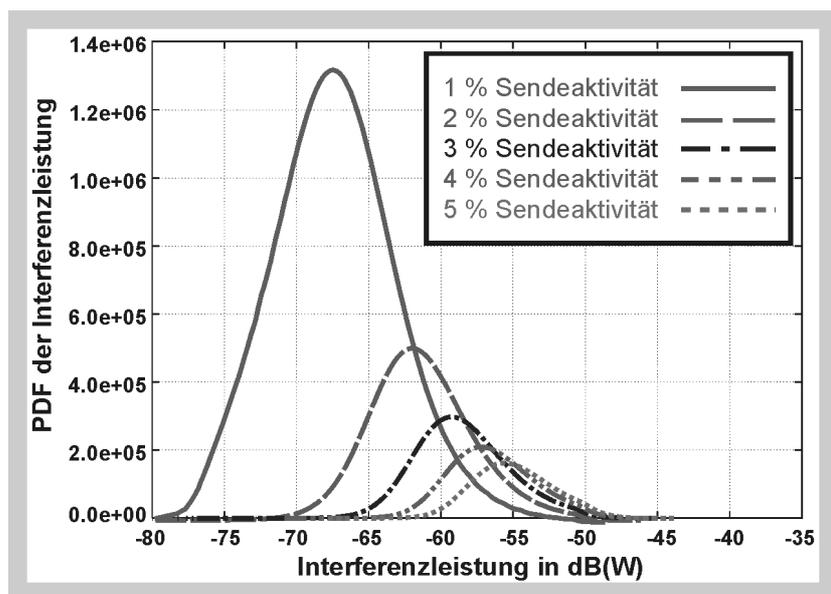
Neben den Fehlerraten sind ferner der zu erwartende Durchsatz pro

Knoten bzw. der zu erwartende Fortschritt von Interesse, der pro Übertragungsschritt (Hop) im Mittel erreicht werden kann.

Ein weiterer Teilaspekt dieses Forschungsgebiets ist die Analyse von Kanalzugriffsverfahren (Medium Access Control, MAC) hinsichtlich ihres Einflusses auf die zu erwartende Interferenz, die Fehlerraten und den Durchsatz. Neben dem gänzlich unkoordinierten MAC-Verfahren ALOHA bieten sich insbesondere die Verfahren CSMA und RTS-CTS als Kanalzugriffsverfahren für die Anwendung in drahtlosen Sensor-/Ad-Hoc-Netzen an.

Literatur:

- [1] Zangl, J.: Interference Estimation in Randomly Distributed Systems with Medium Access Control. In: *Proc. Joint Workshop on Communications and Coding (JWCC) 2002, Barolo, Italy, Nov. 2002*, p. 34.



Gegenüberstellung der PDF der Interferenzleistung in einem verteilten Netz für Freiraumausbreitung ( $\gamma = 2$ ) und unterschiedliche Sendeaktivitäten. Flächenknotendichte: 1000 Knoten/km<sup>2</sup>. Die PDF ist über einer nichtlinearen Skala aufgetragen.



## Interoperabilität von Video in verteilten Netzwerken (INVINET)

Thomas Stockhammer und Günther Liebl

# 7

## Extern

## geförderte Projekte

*Zeitraum:* 01.01.1999 – 30.06.2002

Gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

*Projektpartner:* Siemens AG, Abteilung CT/IC2

In this joint research project with Siemens, fundamental technologies for digital video transmission over heterogeneous networks were investigated. This includes algorithms for increasing the coding efficiency and network adaptation of future video codecs, which are part of the upcoming ITU-T H.264 standard. Furthermore, a real-time demonstration environment for IP-based multimedia transmission over cellular links was developed.

Finally, a scheme for unequal error protection for packet-based multimedia transmission was proposed for standardization at Internet Engineering Taskforce (IETF).

Im Projekt INVINET wurden in Zusammenarbeit mit der Siemens AG München, der Firma Bosch und dem Heinrich-Hertz-Institut (HHI) Basistechnologien für die digitale Videoübertragung auf heterogenen Netzwerken entwickelt. Neben neuen Algorithmen zu einer effizienten Video-Codierung lag ein Hauptaugenmerk auf dem Einbezug der assoziierten Transport- und Signali-

sierungsprotokolle in den Systementwurf, um die Interoperabilität auf Fest- und Mobilnetzen und damit den Einsatz vornehmlich in mobilen Endgeräten zu gewährleisten.

Das auf dreieinhalb Jahren ausgelegte Projekt war in insgesamt drei Arbeitsgruppen (AGs) aufgeteilt, wobei der LNT durch je einen Mitarbeiter in zwei Gruppen maßgeblich beteiligt war.

Ziel der AG1 war es, an der Standardisierung eines neuen Videocodierverfahrens mitzuwirken. Dieses von der ITU im Jahre 1998 unter der Bezeichnung H.26L initiierte Standardisierungsprojekt wird mittlerweile gemeinsam von der ITU-T und ISO-MPEG im *Joint Video Team* (JVT) unter dem Namen MPEG-4 AVC/H.264 entwickelt. Im Rahmen von INVINET wurden mehrere Vorschläge zu den beiden Schwerpunkten – Erhöhung der Codiereffizienz und Adaption an heterogene Netzwerke – eingereicht und in den Standard aufgenommen. Innerhalb der Standardisierung trugen Mitarbeiter des LNT signifikant zu der Anpassung und Ausrichtung des Standards an mobile und internetbasierte Übertragung bei. Eine Vielzahl von Standardisierungsbeiträgen und Vorträge auf international renommierten Konferenzen spiegeln die Arbeit wider. Die Testmodell-Software wurde erweitert, so dass eine standardkonforme Encodierung – optimiert für Paketverlustkanäle –

durchgeführt werden kann. Die Ergebnisse zeigen signifikante Verbesserungen im Vergleich zu bisherigen Verfahren. Zusätzlich wurden Testbedingungen sowie eine Test-Software für die Übertragung von H.264 Video über Mobilfunkkanäle generiert und die gute Verwendbarkeit für Mobilfunksysteme wie UMTS gezeigt. Eine Integration des neuen Standards wurde durch die Spezifizierung des *Network Abstraction Layers* (NAL) und Berücksichtigung von paketbasierter Übertragung signifikant erleichtert. Die Spezifikation eines RTP/IP-Paketierungsformats wurde in Angriff genommen.

Die Arbeiten der AG2 lagen vorwiegend auf dem Gebiet der Modellierung und Simulation von paketorientierter Übertragung im zellularen Mobilfunk. Im Berichtszeitraum war der LNT dabei hauptverantwortlich für den Aufbau eines Echtzeit-Demonstrators für IP-basierte Multimediasdienste, dessen Kern der im Rahmen der Arbeiten zu *Paketdatenübertragung im Mobilfunk* am LNT entstandene Netzwerk-Simulator WiNe2 bildete (siehe Kap. 6).

Schließlich wurde das im ersten Projektabschnitt entwickelte Verfahren für ungleichmäßigen Fehlerschutz bei paketbasierter Multimediaübertragung weiter verfeinert und bei der *Internet Engineering Taskforce* (IETF) zur Standardisierung eingereicht.

Zeitraum: 01.07.1999 – 30.06.2002  
(Bericht ab 01.04.2001)

Gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Verbundprojekt *COMCAR*

Projektpartner: Ericsson Eurolab Deutschland GmbH

The principal object of this project was the investigation of transmission systems for the multiple-input multiple-output (MIMO) channel.

Capacity analysis shows that high gains can be achieved over standard systems if multiple antennas are used. Therefore, MIMO systems seem to be a promising method to increase bandwidth efficiency in mobile communications.

Our initial emphasis was on transmission systems increasing diversity. Unfortunately these systems turned out to be ineffective in terms of capacity if more than one receive antenna is used. We then shifted towards schemes aiming at high data rates. These schemes differ in the way the data is mapped upon the transmit antennas. Although the performance depends on the type of MIMO mapping, more significant performance increases could be achieved by implementing an iterative receiver.

The optimal detector within such a structure is an a posteriori probability detector. Since this detector causes a prohibitively high complexity we proposed two low complexity solutions, an adaptive MMSE detector and a list sequential detector.

Multimedia-Anwendungen in Funkkommunikationssystemen erfordern hohe Datenraten. Aufgrund der zunehmenden Frequenzknappheit geht

## Space-Time Codierte Modulation und Interferenzunterdrückung mit Antennenarrays

Melanie Witzke, Stephan Bäro und Joachim Hagenauer

damit die Forderung nach bandbreiteneffizienteren Verfahren einher. Kanäle mit mehreren Sende- und Empfangsantennen bieten diesbezüglich ein vielversprechendes Potenzial, weshalb der Schwerpunkt unseres Projektes in der Untersuchung dieser Kanäle sowie von geeigneten Sender- und Empfängerstrukturen bestand.

Als quantitatives Maß zur Beurteilung der Qualität des MIMO-Kanals haben wir uns zunächst mit der zugehörigen Kanalkapazität beschäftigt. Es wurden unterschiedliche Szenarien betrachtet – mit und ohne Kanalkennntnis am Sender. Darüber hinaus erwies sich die Kapazität eines bestimmten Übertragungssystems als gutes Vergleichsmaß verschiedener Sendeverfahren.

Der Schwerpunkt des Projektes lag in der Untersuchung unterschiedlicher MIMO-Senderstrukturen. Die MIMO-Verfahren lassen sich in die beiden Klassen der Diversity- und der datenratenerhöhenden Verfahren gliedern. Die bekanntesten Vertreter aus ersteren sind die *Space-Time-Trelliscodes* (STC) und die *Space-Time-Blockcodes* (STBC). Sie nutzen die komplette Diversity des Kanals. Gemessen an der Kanalkapazität sind diese Verfahren jedoch für mehr als eine Empfangsantenne ineffizient, weshalb wir uns stärker mit den datenratenerhöhenden Ansätzen beschäftigt haben. Hier galt unser Hauptinteresse den BLAST- (*Bell-Labs Layered Space-Time Codes*), sowohl in ihrer vertikalen (V-) als auch der diagonalen (D-) Ausführung. Wir haben gezeigt, dass die Leistungsfähigkeit von V-BLAST mit serieller Detektion durch Fehlerfortpflanzung stark eingeschränkt wird. Eine Verbesserung konnten wir durch den Einsatz von MMSE-Filtern und der Kombination von V-BLAST mit STBC erzielen.

Ein Nachteil von V-BLAST besteht darin, dass unter Verwendung mehrerer Kanalcodes nur ein Teil der vorhandenen Diversity ausgeschöpft

werden kann. Die *Multi-Stratum Space-Time Codes* (MSSTC), die im Rahmen dieses Projektes entwickelt wurden, beheben gerade dieses Problem. Durch Überlagerung von V-BLAST und STBC erreichen sie eine große Datenrate bei voller Diversity. Da mit MSSTC alle Daten mit gleicher Leistung übertragen werden, ist im Gegensatz zu BLAST die Detektionsreihenfolge der Datenströme bei serieller Detektion fest. Dies haben wir ausgenutzt, indem wir die Raten der Kanalcodes auf den jeweiligen Layern ihrem konkreten SINR angepasst haben. Obwohl hiermit eine deutliche Leistungssteigerung erzielt wurde, ließ sich trotzdem die Kanalkapazität nicht annähernd erreichen. Aus diesem Grund haben wir uns im letzten Abschnitt des Forschungsprojektes mit leistungsstärkeren Detektoren beschäftigt.

Als besonders vielversprechend erschien uns hierzu eine iterative Empfängerstruktur. Interpretiert man den MIMO-Kanal als inneren Encoder, so bildet die Kanalcodierung zusammen mit dem Kanal ein seriell verkettetes System, welches iterativ decodiert werden kann. Den optimalen Detektor in einem solchen System stellt der A posteriori Probability (APP)-Detektor dar. Da dieser aufgrund der hohen Komplexität nicht praktikabel ist, haben wir als Näherungen einen adaptiven MMSE-Detektor sowie den LISS (*LISt-Sequential*)-Detektor vorgeschlagen. Details zu beiden Detektoren finden sich unter der Rubrik *Arbeitsgebiete* im Kapitel 6 dieses Berichtes.

Die Untersuchungen im Rahmen dieses Projektes haben bestätigt, dass durch MIMO-Systeme die spektrale Effizienz deutlich gesteigert werden kann. Als begrenzendes Element hat sich die starke Interferenz herausgestellt. Durch Kombination von geeigneten Senderstrukturen mit einem iterativen Empfänger konnten jedoch sehr gute Ergebnisse erzielt werden.

## Analog Decoding for High Speed Communication Systems

Matthias Mörz, Andrew Schaefer und Joachim Hagenauer

*Zeitraum:* 01.01.2000 – 30.09.2003  
(Bericht: 01.04.2001 – 31.03.2003)

Gefördert durch Bell Labs, Lucent Technologies, NJ, USA

*Projektpartner:* Dr. Ran-Hong Yan

The Analog Decoding project has now been running successfully in cooperation with Bell Labs since 1998. Despite current economic uncertainty, this project has still been continued. A major result of this project was the successful production of a new analog decoding chip in Silicon Germanium (SiGe) for a memory 1 tailbiting convolutional code (see Chapter 6).

Further work was done in the circuit design of analog decoders for high rate convolutional codes where by the dual code trellis is used due to its complexity advantages. In addition, circuit design of an analog

component decoder for a memory 2 tailbiting convolutional code was investigated, which will be used for the implementation of an analog turbo decoder for parallel concatenated convolutional codes. Industry standard CADENCE design tools were used for the simulations.

Bereits seit 1998 gibt es im Bereich der analogen Decodierung eine enge Zusammenarbeit mit den Bell Labs. Trotz einer unsicheren wirtschaftlichen Lage konnten die gemeinsamen Forschungsarbeiten im Berichtszeitraum fortgesetzt werden.

Ein wesentliches Ergebnis dieser Zusammenarbeit stellt die erfolgreiche Implementierung eines neuen analogen Decodierchips in Silicon-Germanium-Technologie (SiGe) für einen Tailbiting-Faltungscodes mit Gedächtnis 1 dar. Näheres hierzu finden Sie im Beitrag von M. Mörz in Kapitel 6.



Weitere Schwerpunkte lagen im Design eines analogen Decoders für hochrate Faltungscodes basierend auf dem weniger komplexen Trellis des dualen Codes und der Untersuchung eines analogen „Sliding-Window“-Decoders (siehe Kap. 6).

Des Weiteren wurde im Berichtszeitraum auch der Schaltungsentwurf eines Komponentendecoders für einen Tailbiting-Faltungscodes mit dem Gedächtnis 2 untersucht, der für die Implementierung eines analogen Turbo-Decoders für parallel verkettete Faltungscodes verwendet werden soll. Hierbei kamen die aus der Industrie bekannten CADENCE-Design-Tools zum Einsatz.

## Interference Cancellation for the Uplink of WCDMA Cellular Systems

Zaher Dawy and Michael Mecking

*Zeitraum:* 01.04.2000 – 31.03.2003  
(Bericht ab 01.04.2001)

Gefördert durch die Siemens AG München, ICM N PG SP RC BS

*Projektpartner:* Dr. Seeger

WCDMA has been selected for the FDD mode of UMTS due to its service flexibility and improved performance over second generation systems. The uplink in WCDMA cellular systems is subject to multiple-access interference (MAI) due to asynchronous transmission and multipath fading. In a conventional WCDMA system, each user is detected at the base station treating all other users as noise which leads to a limited performance. Serial interference cancellation (SIC) is a very promising multiuser detection technique (MUD) for enhancing the

uplink performance of WCDMA cellular systems by combating the MAI. The major advantage of SIC is its relatively low complexity compared to other MUD techniques. In this project two methodologies for the design and implementation of SIC receivers were proposed and investigated. The first methodology is based on only one cancellation stage and an advanced power setting strategy to guarantee the required quality of service to all users. The second methodology is based on multiple cancellation stages with the conventional equal power setting strategy. Results show that SIC with less than 3 cancellation stages and proper design has the potential to achieve more than 100% gain in user capacity and system coverage compared to conventional structures. These gains are achieved with relatively low complexity.

In Systemen der dritten Mobilfunkgeneration wird als Zugriffsverfahren auf der Uplinkstrecke WCDMA verwendet. Der Uplink ist durch starke Interferenzen zwischen den Signalen der Nutzer, hervorgerufen durch asynchrone Übertragung und Mehrwegeausbreitung, gekennzeichnet. Bei konventionellem Empfänger werden die Signale der anderen Nutzer als zusätzlicher Beitrag zum Systemrauschen interpretiert. Serielle Interferenzunterdrückung (Serial Interference Cancellation, SIC) ist ein vielversprechender Ansatz, um die Systemleistung durch komplexere Empfängerarchitekturen zu erhöhen. Im Rahmen dieses Projekts wurden verschiedene Prinzipien des SIC untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass mittels SIC die Systemkapazität bereits bei einer geringfügigen Komplexitätssteigerung im Empfänger mehr als verdoppelt werden kann.

*Zeitraum:* 01.07.2000 – 30.06.2004  
(Bericht: 01.04.2001 – 31.03.2003)

Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft im Schwerpunktprogramm *Adaptivität in heterogenen Kommunikationsnetzen mit drahtlosem Zugang* (AKOM).

*Partner:* Prof. Eberspächer, C. Bettstetter, TUM, Lehrstuhl für Kommunikationsnetze

This project aims at analysing and designing of self-organizing, distributed networks. Key questions deal with methods for reducing the expected interference by using practical medium access schemes as well

## Multiplex-, Modulations- und Codierungsverfahren sowie Media Access Control für Adhoc-Netze

Johannes Zangl und Joachim Hagenauer

as appropriate channel coding schemes.

Gegenstand dieses in Kooperation mit dem Lehrstuhl für Kommunikationsnetze (Prof. Eberspächer) durchgeführten Projekts ist die Analyse und das Design von drahtlosen und selbstorganisierenden Netzwerken ohne vorhandene Infrastruktur, deren Netzwerkelemente mittels Multihop-Übertragung kommunizieren. Derartige Netze versprechen einerseits in zukünftigen Mobilkommunikationssystemen eine zunehmende Bedeutung zu erlangen (Stichwort: Emissionsreduktion von elektromagnetischen Wellen durch Multihop-Übertragung), andererseits eröffnet diese Klasse von Netzen neue Anwendungsgebiete auf dem Gebiet der verteilten Sensornetze.

Konkret werden in diesem Teilvorhaben Fragenstellungen hinsichtlich der zu erwartenden Interferenz

in verteilten, vorerst unkoordinierten Systemen behandelt und inwieweit durch geschickte Auswahl von Verfahren zur Medienkontrolle die Interferenz verringert werden kann. Ziel ist es, die Fehlerraten in einem Multihop-System so weit wie möglich zu verringern, um damit den erreichbaren Durchsatz zu erhöhen.

Eng mit diesem Ziel verbunden ist die Anwendung geeigneter Kanalcodes zum Zwecke der Vorwärtsfehlerkorrektur in Adhoc-Netzen. Ein Problem, das sich hierbei ergibt, besteht in der erhöhten Sendeleistung der Netzwerkelemente, die von der zusätzlich zu übertragende Redundanz herrührt und wiederum einen negativen Einfluss auf die Interferenz hat. Ein Lösungsansatz ist deshalb der Einsatz von Codierung mit adaptiver Redundanz, um nur dann den Kanal zusätzlich zu belegen, wenn dies notwendig ist.

## High-rate Tail-biting Codes for the Magnetic Recording Channel

Michael Tüchler und Christian Weiß

*Zeitraum:* 01.08.2000 – 31.12.2001  
(Bericht ab 01.04.2001)

Gefördert durch IBM Zurich Research Laboratories, Zürich, Schweiz

The objective of this joint research project is to improve channel coding designs for magnetic storage systems with emphasis on iterative detection and decoding using high-rate convolutional codes.

Mit der Forderung nach immer größeren Kapazitäten und höheren Zugriffsraten haben sich in den letzten Jahren neue Herausforderungen beim Entwurf von Speichersystemen ergeben, z.B. auf dem Gebiet der Lesesignalverarbeitung.

Ziel dieses Forschungsvorhabens war es, Kanalcodierungssysteme zu entwickeln, die an die speziellen Anforderungen magnetischer Speicher-

systeme wie hohe Schreibdichte und Datenrate sowie geringer Leistungsbedarf angepasst sind. Für die Reproduktion der aufgezeichneten Daten muss ein solches System für eine extrem niedrige Fehlerrate ausgelegt sein, wobei allerdings nur wenig zusätzliche Redundanz zur Codierung in den Datenstrom eingefügt werden darf.

Zur Lösung der Aufgabenstellung wurden Faltungscodes in serieller Verkettung mit dem Aufzeichnungskanal verwendet. Der Detektions- und Decodieralgorithmus wurde iterativ ausgelegt. Diese Variante hat sich als sehr leistungsfähig herausgestellt, vor allem in Bezug auf geringe Fehlerraten nahe der Shannongrenze.

Neben generellen Betrachtungen zur Komplexitätsreduzierung lag das Hauptaugenmerk auf der Analyse der Leistungsfähigkeit. Hier musste leider festgestellt werden, dass mit

dem aktuellen Verfahren der iterativen Decodierung die geforderten extrem niedrigen Fehlerraten nicht analytisch zugesichert werden können. Im Gegenteil, die hohen Gewinne beim Signal-Rausch-Abstand – verglichen mit heute implementierten Systemen – schmelzen im Bereich der extrem kleinen Fehlerraten zusammen, und das bei einem erheblichen Anstieg der Komplexität.

Als Ausweg wurden vereinfachte Lösungen erarbeitet, welche vorrangig den hochratigen Faltungscodes und den Interleaver im System optimieren und iterative Verfahren vermeiden bzw. nur wenige Iterationen ausführen. Das Ergebnis dieser Arbeit sind Listen mit neuen optimalen Faltungscodes für sehr hohe Raten. Daneben wurden auch robuste Systeme entwickelt, welche signifikante Gewinne bei einer zusicherbaren und analysierbaren Fehlerrate erzielen.

## IP-Übertragung von Multimedia-Daten

Norbert Görtz, Pornchai Leelapornchai und Markus Kaindl

*Zeitraum:* 01.10.2000 – 30.09.2001

Gefördert durch die Siemens AG,  
Bereich ICM Mobile Phones

*Projektpartner:* Dr. Varga

The goal of the project was to find new coding schemes for the transmission of multimedia data over packet-erasure channels: Multiple Descriptions (MD) were considered. As a result of the project, a new algorithm for the optimization of the index-assignments for MD *vector* quantizers was found; significant gains over conventional schemes using scalar quantizers are achieved.

Das Ziel des Projektes war die Entwicklung neuer Codierverfahren für die paketbasierte Übertragung von Multimedia-Daten über Kanäle mit Paketverlusten. Als Lösungsansatz wurden *Multiple Descriptions* (MD) gewählt, ein Verfahren, bei dem ein

Quantisierer-Index eines Quellenencoders durch ein geeignetes Index-Mapping durch *mehrere* Beschreibungen dargestellt und erst dann über einen Kanal mit Paketverlusten übertragen wird. Der Vorteil ist, dass mit jeder empfangenen Beschreibung bereits eine Decodierung mit Grundqualität möglich ist; mit jeder weiteren im Empfänger verfügbaren Beschreibung erhöht sich die Qualität. Aus der Literatur waren Verfahren zur optimalen Wahl der Index-Mappings nur für skalare Quantisierer bekannt; praktische Quellencodierverfahren wie z. B. Sprachcodecs verwenden aber oft Vektorquantisierer. Im Projekt wurde für diesen Fall ein neues Verfahren zur Optimierung der Index-Mappings gefunden, das auf dem Prinzip von *Binary Switching* beruht: Zunächst werden die Indizes der Codevektoren in eine Matrix geschrieben, deren Dimension gleich der Anzahl der Beschreibungen ist; außerdem muss die Zahl der

Matrix-Zellen größer als die Zahl der Codevektoren sein. Danach bestimmt man bei einer gegebenen Paketverlustwahrscheinlichkeit die mittlere Verzerrung im Decoderausgangssignal und versucht, diese durch Vertauschen der Codevektor-Platzierungen innerhalb der Index-Assignment-Matrix zu minimieren; Tauschpartner sind andere Codevektoren oder bisher nicht verwendete Matrix-Zellen. Dieses Prinzip erlaubt die Optimierung mit realisierbarem Aufwand, im Gegensatz zu einer Absuche aller möglichen Index-Mappings. Die optimierten MD-Vektorquantisierer sind wesentlich leistungsfähiger als Systeme mit skalaren Quantisierern.

## Alternative Funksysteme zur Verminderung der Strahlungsleistungsdichte im digitalen Rundfunk, Mobilfunk und bei drahtlosen LANs

Ioannis Oikonomidis

*Zeitraum:* 01.01.2002 – 31.12.2002

Gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

*Projektpartner:*

Prof. Boche, HHI Berlin

Prof. Wolisz, TU Berlin

Prof. Wiesbeck, Univ. Karlsruhe

In this one-year project, the Federal Ministry of Education and Research wishes to clarify how alternative radio transmitting systems may contribute to reducing the radiation emitted in the environment.

The first phase of the project examines various aspects of the Communications Engineering field (i. e. spread spectrum techniques, space-time coding, alternative frequency bands). The Institute for Communi-

cations Engineering (LNT) takes part in this project as coordinator of the WP4: *Self-organising Networks, Algorithms and Protocols*.

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung möchte mit diesem Vorhaben klären, welchen Beitrag alternative Funksysteme zur Senkung der Strahlenbelastung im Mobilfunk, digitalen Rundfunk und bei Wireless LANs liefern können.

Der Lehrstuhl für Nachrichtentechnik ist in diesem Projekt als verantwortliche Institution des *Arbeitspakets 4: Selbstorganisierende Netze, Algorithmen und Protokolle* beteiligt. In diesem Paket werden auf unterschiedlichen Ebenen Algorithmen und prozessuale Verfahren als mögliche Quellen für Maßnahmen zur Reduzierung der Sendeleistung untersucht (z. B. Ressourcen-Allokation,

MAC-Protokolle und Kanaleigenschaften).

Die Arbeit an unserem Lehrstuhl konzentriert sich auf die möglichen Gewinne durch die Benutzung von Multihops. In zellularen Netzen ist es möglich, die Sendeleistung durch die Einführung von so genannten Relay-Stationen zu reduzieren. Nutzern, die sich weit entfernt von der Basisstation befinden, können über eine Relaisstation mit der Basisstation kommunizieren und so ihre erforderliche Sendeleistung senken.

Unser Ziel ist es, die erforderlichen Ressourcen zu untersuchen und mögliche Gewinne zu quantifizieren. Dazu gehören die Bestimmung einer optimaler Positionierung der Relaisstationen sowie spezielle Verfahren, die zu einer Erhöhung der Leistungsfähigkeit eines solchen Doublehop-System führen können.



Zeitraum: 01.03.2002 – 31.08.2002

Gefördert die Siemens AG München, Abteilung ICM MP

Projektpartner: C. Lucas, Dr. Varga

The subjective impression of visible errors was tested for very low rate video. The results can be described by two distinct classes of impairments, namely, static and dynamic errors. An interesting phenomenon in this case is that static errors contribute much more to total video quality than dynamic errors.

Die zunehmende Beliebtheit des Versandes von Kurzmitteilungen (*Short Message Service* – SMS) hat zu einer Weiterentwicklung im Rahmen des sogenannten *Multimedia Message Service* (MMS) geführt. Hierbei sollen umfangreichere Multimediadaten wie Musikstücke, Fotos und insbesondere auch kurze Videos per Mobiltelefon versandt werden. Die ersten MMS-tauglichen Mobiltelefone zum Verschicken von einzelnen Bildern sind bereits erhältlich.

Da Bandbreite eine begrenzte und teure Ressource bleiben wird, müssen Videos mit einer möglichst geringen Datenrate übertragen werden. Als Folge der Datenkompression sind in den Bildsequenzen deutlich sichtbare Störungen zu sehen. Wir haben uns in diesem Zusammenhang mit der Frage beschäftigt, inwieweit diese Beeinträchtigungen dem Beobachter auffallen und welche Arten von Fehlern bei welchen Sequenzen als besonders störend gelten. Hierzu wurde eine Versuchsreihe konzipiert, in der 10 Testpersonen mehrere qualitätsbezogene Kriterien für unterschiedliche Arten

## Subjektive Bewertung der Bildqualität von Videosequenzen

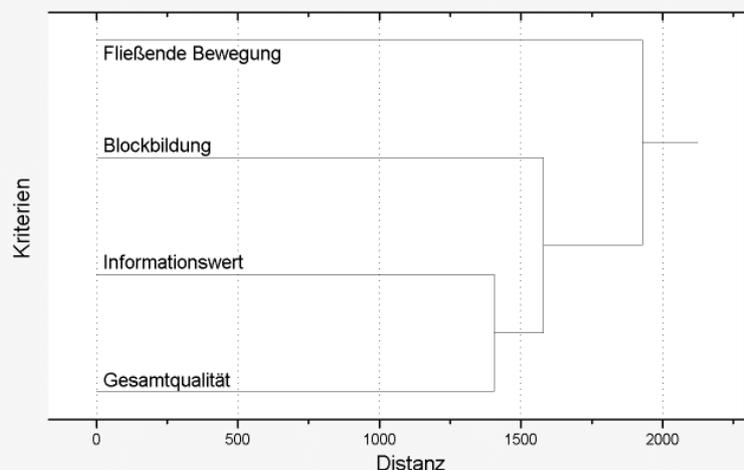
Gert Hauske und Rolf Hofmaier

von Videosequenzen schätzten (Diplomarbeit von R. Hofmaier). Die möglichst praxisnah gewählten Videosequenzen enthielten Kameraschwenke (städtischer Platz, nächtliche Straße, Fußballfeld), eine eher statische Schaufensterauslage, eine Selbstaufnahme einer gehenden Person und einen Kinotrailer. Die Länge der Sequenzen betrug 10 sec.

Die Bildgröße der Sequenzen entspricht dem QCIF-Format (176x144 Pixel), für die Codierung wurde ein H.263-Coder verwendet. Fehlerverschleierung wurde nicht angewandt. Als Referenz dienten Sequenzen von 128 kbit/s bei 15 Frames per Second (fps), die mit Sequenzen von 64 kbit/s bei 15 fps, 64 kbit/s bei 7 fps, 50 kbit/s bei 7 fps, 50 kbit/s bei 5 fps und 30 kbit/s bei 5 fps verglichen wurden. Die Darstellung erfolgte auf einem PC-Monitor (Gamma=2), wobei ein virtuelles Mobiltelefon als Rahmen diente. Es wurden sowohl die *Gesamtqualität* bewertet als auch die Kriterien *Blockbildung*, *Fließende Bewegung* und der *Informationswert*.

Die Ergebnisse einer Faktorenanalyse zeigen zwei Hauptarten von Störungen, die sich vom Typ her als dynamisch („Ruckeln“, verursacht durch Auslassen von Einzelbildern

bei Bildraten kleiner als 15 fps) und als statisch („Unschärfe“ und „Blockbildung“) interpretieren lassen. Dies ist auch das Ergebnis einer Clusteranalyse, bei der die fließende Bewegung als dynamisches Kriterium deutlich von den statischen Kriterien *Blockbildung*, *Informationswert* und *Gesamtqualität* abgehoben ist (siehe Abbildung). Im Vergleich der beiden Störungen ergibt sich interessanterweise, dass statische Fehler wie Unschärfe und Blockeffekte subjektiv als weitaus störender empfunden werden als die Reduzierung der Kontinuität des Bildflusses durch eine zu niedrige Bildfrequenz. Die Testpersonen konnten auf den Eindruck eines gleichmäßig fließenden Videobildes verzichten, wenn zum Ausgleich die statischen Einzelbilder von besserer Qualität waren. Ist umgekehrt die statische Qualität der Bilder beeinträchtigt, so vermag eine hohe Bildfrequenz die subjektiv schlecht beurteilte Gesamtqualität nicht auszugleichen. Zur Abhängigkeit vom Bildinhalt ist festzustellen, dass die Videosequenzen trotz unterschiedlicher Inhalte sehr einheitlich bewertet wurden. Eine Ausnahme bildete die eher statische Sequenz „Schaufenster“, die im Vergleich zu den anderen Beispielen deutlich bessere Noten erhielt.



Clusterdiagramm der vier verwendeten Kriterien

## Channel coding for 4G wireless communication systems

Frank Schreckenbach, Christian Weiß, Joachim Hagenauer

*Zeitraum:* 01.03.2002 – 29.02.2004  
(Bericht bis 31.03.2003)

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 is 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.

In den letzten Jahren wurden verschiedene Verfahren für die bandbreiteneffiziente Datenübertragung vorgeschlagen, die Kanalcodierung und höherstufige Modulation auf unterschiedliche Weise kombinieren. Dabei hat sich herausgestellt, dass iterative Detektionstechniken eine viel versprechende Leistungssteigerung ermöglichen.

Im Rahmen dieses Forschungsprojekts werden verschiedene Verfahren mit iterativer Detektion verglichen und deren Verwendbarkeit für Mehrträgersysteme wie OFDM untersucht. Dabei soll ein leistungsfähiges System vorgeschlagen werden, das bei möglichst geringer Komplexität nahe an der Shannonschen Kapazitätsgrenze arbeitet. Um dies auch 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.

Abhängig von den Kanaleigenschaften, der Datenblocklänge, der erwünschten Zuverlässigkeit sowie der Komplexität sind für die Übertragung mit hoher Datenrate unterschiedliche Systeme optimal. Grundsätzlich kann zwischen Verfahren, die auf Bitebene bzw. auf Symbol-ebene arbeiten, unterschieden werden. Neuartige Methoden tragen dazu bei, die Iterationsstrategien, die einzelnen Systemkomponenten sowie deren Zusammenspiel im ausgewählten System zu optimieren.



## Enhanced Forward Error Correction (FEC) for Optical Transmission Systems

Elke Offer

*Zeitraum:* 01.04.2002 – 31.12.2002

Gefördert durch die Siemens AG München, Abt. ICN ON PNE AT

*Projektpartner:* Dr. Lankl

The topic of this joint project was the development of new coding schemes for dense wavelength division multiplexing (DWDM) optical transmission systems. The DWDM technology allows a long distance optical transmission with very high data rates.

The system limitations are two-fold. On the one hand, the system is limited due to the amplified spontaneous emission noise introduced by each optical amplifier (EDFA). On the other hand, non-linear effects limit the output power of the EDFAs. In this context, forward error correction (FEC) is a key feature to re-

duce the cost of optical transmission systems.

Der Fokus dieses Industrieprojektes lag auf der Neuentwicklung von Kanalcodierungsmethoden für optische Transportnetze, welche im Wellenlängenmultiplexverfahren (WDM) betrieben werden. Pro Wellenlänge, von denen bis zu 160 auf einer Glasfaser benutzt werden können, wird dabei eine Datenrate von 10 Gbit/s übertragen. Der Einsatz von Kanalcodierungsverfahren kann den für eine bestimmte Bitfehlerrate erforderlichen optischen Signal-zu-Rauschabstand deutlich verkleinern. Damit kann die ohne Einsatz elektrischer Regeneration überbrückbare Strecke deutlich vergrößert werden, was die Kosten eines DWDM-Systems erheblich senkt.

Insbesondere waren Verfahren interessant, die deutlich bessere Ei-

genschaften liefern als der derzeitige Standard, der einen einfachen (255, 239) Reed-Solomon-Code vorsieht. Die Ausnutzung von Soft-Decision-Information sollte dabei berücksichtigt werden.

Entwickelt wurde ein neues verkettetes Codierschema mit dazugehöriger iterativer Decodierung, das einen Codiergewinn von ca. 10 dB bei einer BER von  $10^{-12}$  verspricht. Die Gesamtrate des Codes liegt bei 0.83 und damit – bei der angestrebten Informationsübertragungsrate von 10 Gbit/s – im realisierbaren Rahmen. Neben der Simulation der Decodieralgorithmen beinhaltet dieses Forschungsprojekt auch eine erste Aufwandsabschätzung einer möglichen Hardware- Realisierung. Dabei wurde besonders auf die Umsetzbarkeit des neuen Verfahrens mit der derzeit vorhandenen Technologie großer Wert gelegt.

*Zeitraum:* 1.6.2002 – 31.12.2002

Gefördert durch die Siemens AG,  
Abt. ICM MP P08 RD MCH83

The motivation and primary goal of M-ViSiON the investigation and demonstration of MPEG-4 based video streaming on IP/RTP over UMTS networks in different use cases and network conditions. Different video coding and transmission strategies have been assessed and compared. In general the suitability of UMTS to transport video streaming services has been shown. However, existing weaknesses and optimization potentials have been revealed and provide

## MPEG-4 Video Streaming in IP/RTP over UMTS Networks (M-ViSiON)

**Hrvoje Jenkač und Thomas Stockhammer**

the fundamentals for future research.

Im Rahmen dieses Projektes wurde eine Studie zu IP-basiertes MPEG-4-VideoStreaming hin zu UMTS-Teilnehmern angefertigt. Aufgrund der sehr kurzen Projektdauer lag der Schwerpunkt weniger auf der Entwicklung von neuen Algorithmen als vielmehr auf der Implementierung und Evaluierung bereits bestehender Verfahren sowie dem Vergleich verschiedener Übertragungsstrategien. Hauptziel dieser Studien war die Definition geeigneter Luftschnittstellenparameter für unterschiedliche Codierungs- und Transportstrategien.

Im Rahmen dieser Studie wurde der Schwerpunkt ausschließlich auf die Mobilstrecke gelegt, die Anbindung des Streaming-Servers an die Basisstation wurde als ideal angenommen. Zur Durchführung der be-

nötigten Simulationen wurde eine Echtzeit-Versuchsstrecke aufgebaut. Hierzu wurde der *Darwin* Streaming-Server von Apple aufgesetzt, der vorcodierte MPEG-4-Sequenzen mittels RTP/RTSP einem Streaming-Client zur Verfügung stellt.

Die Eigenschaften des UMTS-Mobilfunkkanals und des Gesamtsystems inklusive Rückübertragungsmechanismen wurden mit dem am Lehrstuhl vorhandenen Netzwerksimulator *WiNe2* nachgebildet. Durch die Auswertung der Ergebnisse konnten eine Reihe von unterschiedlichen UMTS-Parametersätzen definiert werden, die eine ausreichende Dienstgüte für den entsprechenden Codier- und Übertragungsmodus zur Verfügung stellen. Als abschließendes Fazit lässt sich feststellen, dass die Eignung von UMTS zur Übertragung von Video-Streaming-Anwendungen gezeigt werden konnte.

## Verfahren zur effizienten Unterstützung von IP-basierten Diensten in GERAN

**Markus Kaindl, Günther Liebl, Thomas Stockhammer, Peter Strasser**

*Zeitraum:* 01.10.2002 – 30.09.2003  
(Bericht bis 31.03.2003)

Gefördert durch die Siemens AG,  
Abt. ICM MP P HW3 MCH 1

*Projektpartner:* Dr. Xu

The principal object of this research project is the design of methods for efficient support of packet switched services in the GSM/EDGE Radio Access Network (GERAN) with main focus on IP based transmission of speech and multimedia data.

Bei der derzeitigen Standardisierung von GERAN (GSM/EDGE Radio Access Network) werden Aktivitäten vorangetrieben, um mit einer von höheren Schichten konfigurierbaren physikalischen Schicht die zukünftigen Dienste – insbesondere paketvermittelte Übertragung von Sprach-

und Multimedia Daten – in GERAN effizient zu unterstützen.

Ziel des Forschungsauftrages ist daher die Konzeption und Entwicklung von Verfahren zur effizienten Unterstützung von paketbasierten Diensten für das GSM/EDGE Radio Access Network (GERAN). Im Vordergrund steht dabei die IP-basierte Sprach- und Multimedia-Datenübertragung.

Als Grundlage dient der am LNT entwickelte Netzwerksimulator, der an die EGPRS-Übertragungstechnik angepasst werden muss. Darauf aufbauend wird in einer Studie IP/RTP-basierte Sprachübertragung mit dem Adaptive Multi-Rate (AMR) Codec – auf RFC 3267 basierend – sowie eine robuste Header-Compression (RoHC) basierend auf RFC 3095 implementiert und in den Netzwerksimulator integriert. Die Leistungsfähigkeit und die zu erwartende

(Sprach-)Qualität dieser Verfahren werden analysiert und mit bestehenden Lösungen verglichen. Als Abschluss der Arbeiten dient die Entwicklung einer parametrierbaren und flexiblen Client/Server-Demonstrations- und Testanwendung zur IP-basierten Sprachübertragung mit dynamischem Downlink und eines Conferencing-Tools mit statischem Down- und simplifiziertem Uplink.

Der zweite Teil des Projekts stützt sich auf die Entwicklung und Untersuchung von alternativen Verfahren zur Übertragung von Multimedia-Daten in paketvermittelten Netzen, wobei der Fokus auf die Anwendbarkeit bei EGPRS im Vordergrund steht. Hierbei werden auch kombinierte Kanäle untersucht, die aus einem leitungsgebundenen Netz oder einem Mobilfunknetz bestehen, wie z. B. die IP-basierte Sprachübertragung über Internet und EGPRS.

# 8

## Veröffentlichungen Patente, Vorträge

### 8.1 Zeitschriften- und Buchbeiträge

- Bauch, G.; Al-Dhahir, N.: Reduced-Complexity Space Time Turbo-Equalization for Frequency-Selective MIMO Channels. In: *IEEE Transactions on Wireless Communications*, Vol. 1, Issue 4, Oct. 2002, pp. 819–828.
- Bauch, G., Hagenauer, J.: Smart Versus Dumb Antennas – Capacities and FEC Performance. In: *IEEE Communications Letters*, Vol. 6, No. 2, Feb. 2002, pp. 55–57.
- Bauch, G.; Hagenauer, J.; Seshadri, N.: Turbo Processing in Transmit Antenna Diversity Systems. In: *Annals of Telecommunications, Special Issue on “Turbo Codes: a Wide-Spreading Technique”*, Vol. 56, No. 7–8, Aug. 2001, pp. 455–471.
- Bauer, R.: Digital Audio Broadcasting. In: *The Wiley Encyclopedia of Telecommunication*. John Wiley & Sons, Inc., New York, USA, April 2002.
- Berkmann, J.; Weiß, C.: On Dualizing Trellis-based APP Decoding Algorithms. In: *IEEE Transactions on Communications*, Vol. 50, No. 11, Nov. 2002, pp. 1743–1757.
- Fingscheidt, T.; Hindelang, T.; Cox, R. V.; Seshadri, N.: Joint Source-Channel (De)Coding for Mobile Communications. In: *IEEE Transactions on Communications*, Vol. 50, No. 2, Feb. 2002, pp. 200–212.
- Görtz, N.: A Generalized Framework for Iterative Source-Channel Decoding. In: *Annals of Telecommunications, Special Issue on “Turbo Codes: a Wide-Spreading Technique”*, July 2001, pp. 435 – 446.
- Görtz, N.: On the Iterative Approximation of Optimal Joint Source-Channel Decoding. In: *IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Special Issue on “The Turbo Principle: From Theory to Practice II”*, Sept. 2001, pp. 1662–1670.
- Hagenauer, J.; Barros, J.; Bettstetter C.; Jauck, S.: Three Years of Experience with an International Graduate Program at TU Munich. In: *Educating the Engineer for the 21<sup>st</sup> Century*. Ed.: D. Weichert, B. Rauhut, R. Schmidt, Kluwer Academic Publishers, Nov. 2001.
- Heising, G; Marpe, D.; Schäfer, R.; Wiegand, T.; Benzler, U.; Wollborn, M.; Hundt, E.; Huth, H.-P.; Pandel, J.; Stockhammer T.; Liebl, G.: Interoperabilität für die Videokommunikation in verteilten Netzen (INVINET). In: *Nachrichtentechnische Zeitung (NTZ)*, Oct. 2002.
- Stockhammer, T.; Jenkač, H.; Weiß, C.: Error Protection and Feedback

### 8.1 Zeitschriften- und Buchbeiträge

### 8.2 Beiträge in Tagungsbänden

### 8.3 Standardisierungsbeiträge

### 8.4 Patente

### 8.5 Vorträge

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 14 Zeitschriften- und Buchbeiträge publiziert (Kap. 8.1), daneben noch 113 Aufsätze in Tagungsbänden (Kap. 8.2), 25 Standardisierungsbeiträge, die im Internet zu finden sind (Kap. 8.3) sowie 5 Patente (Kap. 8.4). Danach folgen 83 öffentliche Vorträge von Lehrstuhlangehörigen (Kap. 8.5).

Strategies for Wireless Progressive Video Transmission. In: *IEEE Trans-*

## 8.2 Beiträge in Tagungsbänden

Bäro, S.: Iterative Reception of MIMO Signals Using a List-Sequential APP Detector. In: *Proc. Joint Workshop on Communications and Coding (JWCC) 2002*, Barolo, Italy, Nov. 2002, p. 27

Bäro, S.; Witzke, M.: Iterative Detection of MIMO Signals with Linear and APP Detectors. In: *Proc. 12<sup>th</sup> Joint Conference on Communications and Coding (JCCC 2002)*, Saas Fee, Switzerland, March 2002, p. 23

Barros, J.: On a Decoding Problem of Multiple Description Sequences. In: *Proc. 12<sup>th</sup> Joint Conference on Communications and Coding (JCCC 2002)*, Saas Fee, Switzerland, March 2002, p. 8

Barros, J.: An Information Theoretic Approach to Wireless Sensor Networks. In: *Proc. of the Winter School on Coding and Information Theory*, Monte Verita, Switzerland, Feb. 2003

Barros, J.; Hagenauer, J.; Görtz, N.: Turbo Cross Decoding of Multiple Descriptions. In: *Proceedings ICC 2002*, April 2002

Barros, J.; Oikonomidis, I.: Wireless Transmission of Packet Audio Using Multiple Descriptions. In: *13<sup>th</sup> IEEE Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications*, Lisbon, Portugal, Sept. 2002

Barros, J.; Servetto, S.: Sequencing Multiple Descriptions. In: *Data Com-*

*actions on Circuits and Systems for Video Technology, Special Issue on Wireless Video*, Vol. 12, No. 6, June 2002, pp. 465–482.

Tüchler, M.; Koetter, R.; Singer, A.: Turbo Equalization: Principles and New Results. In: *IEEE Transactions on Communications*, June 2002, pp. 754–767.

Tüchler, M.; Singer, A.; Koetter, R.: Minimum Mean Squared Error

*pression Conference (DCC2002)*, Snowbird, UT, USA, April 2002

Barros, J.; Servetto, S.: On the Capacity of the Reachback Channel in Wireless Sensor Networks. In: *Proc. of the IEEE Workshop on Multimedia Signal Processing (special session on "Signal Processing for Wireless Networks")*, Virgin Islands, USA, Dec. 2002

Barros, J.; Servetto, S.: An Inner Bound for the Rate/Distortion Region of the Multiterminal Source Coding Problem. In: *Proceedings of the 37<sup>th</sup> Annual Conference on Information Sciences and Systems (CISS)*, Baltimore, MD, USA, March 2003

Bauch, G.: Introduction to Multi-Antenna Systems and Space-Time Codes. In: *Proc. of the 3<sup>rd</sup> International Workshop on Commercial Radio Sensors and Communication Techniques*, Linz, Austria, Aug. 2001, pp. 50–56

Bauch, G.; Hagenauer, J.: Analytical Evaluation of Space-Time Transmit Diversity with FEC-Coding. In: *Proc. IEEE Globecom*, San Antonio, TX, USA, Nov. 2001

Bauch, G., Hagenauer, J.: Multiple Antenna Systems: Capacities, Transmit Diversity and Turbo Processing. In: *In: Proc. 4<sup>th</sup> International ITG Conference Source and Channel Coding*, Berlin, Jan. 2002, pp. 387–398

Equalization Using A-Priori Information. In: *IEEE Trans. on Signal Processing*, Vol. 50, March 2002, pp. 673–873.

Zangl, J.; Herzog, R.: Improved Tangential Sphere Bound on the Bit Error Probability of Concatenated Codes. In: *IEEE Journal on Selected Areas in Telecommunications: The Turbo Principle – From Theory to Practice I*, Vol. 19, No. 5, May 2001, pp. 825–830.

Bauch, G., Hagenauer, J.: Smart Versus Dumb Antennas. In: *In: Proc. 4<sup>th</sup> International ITG Conference Source and Channel Coding*, Berlin, Jan. 2002, pp. 131–138

Bauer, R.: Channel Coding for Variable Length Source Codes. In: *Proc. 12<sup>th</sup> Joint Conference on Communications and Coding (JCCC 2002)*, Saas Fee, Switzerland, March 2002, p. 27

Buchner, C.; Stockhammer, T.; Marpe, D.; Blättermann, G.; Heising, G.: Progressive Texture Video Coding. In: *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, Salt Lake City, UT, USA, May 2001, p. 98

Dawy, Z.: Transmit Powers for Wireless Multihop Networks. In: *Proc. 12<sup>th</sup> Joint Conference on Communications and Coding (JCCC 2002)*, Saas Fee, Switzerland, March 2002, p. 15

Dawy, Z.: Relay Regions for the Gaussian Relay Channel. In: *Proc. Winter School on Coding and Information Theory*, Monte Verita, Switzerland, Feb. 2003

Dawy, Z.; Davidovic, S.; Mecking, M.; Seeger, A.: Feedback Decision Functions for WCDMA Serial Interference Cancellation Receivers with Pilot-Aided Channel Estimation. In: *IEEE International Symposium on Spread Spectrum Techniques and*

Applications (ISSSTA) 2002, Prague, Czech Republic, Sept. 2002

Dawy, Z.; Davidovic, S.; Seeger, A.: Residual Interference Modeling in WCDMA Serial Interference Cancellation Receivers. In: *International Symposium on Wireless Systems and Networks (ISWSN'03)*, Dhahran, Saudi Arabia, March 2003

Dawy, Z.; Leelapornchai, P.: Optimal Number of Relay Codes in Wireless Ad Hoc Networks with Non-Cooperative Accessing Schemes. In: *International Symposium on Information Theory and Its Applications 2002 (ISITA 2002)*, Xi'an, China, Oct. 2002

Eichin, K.; Söder, G.: Ein Lern-tutorial für die Nachrichtentechnik im World Wide Web. In: *31. Internationales Symposium Ingenieur des 21. Jahrhunderts*, St. Petersburg, Russland, Sept. 2002, pp. 363–368

Eichin, K.; Söder, G.: E-Learning for Communications Engineering: LNTwww – A Tutorial in the World Wide Web. In: *Proc. Joint Workshop on Communications and Coding (JWCC) 2002, Barolo, Italy*, Nov. 2002, p. 35

Erdmann, C.; Vary, P.; Fischer, K., Xu W.; Marke, M.; Fingscheidt, T.; Varga, I.; Kaindl, M.; Quinquis, C., Kövesi, B.; Massaloux, D.: A Candidate Proposal for a 3GPP Adaptive Multi-Rate Wideband Speech Codec. In: *IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing 2001 (ICASSP 2001)* Vol. II, Salt Lake City, UT, USA, May 2001, pp. 757–760

Görtz N.: Channel-Adaptive Scaled Vector Quantization (CASVQ) for Low-Cost Approximation of COVQ on Time-Varying Channels. In: *Proc. International Symposium on Information Theory (ISIT)*, June 2001, IEEE, p. 262

Görtz, N.: Source-Adaptive Shifting of Modulation Signal Points for Improved Transmission of Waveform-

Signals over Noisy Channels. In: *Proc. ICASSP 2002*, May 2002, pp. 2517–2520

Görtz N.: Source-Adaptive Shifting of Modulation Signal Sets. In: *Proc. International Symposium on Information Theory (ISIT)*, July 2002, IEEE, p. 374

Görtz, N.: Delay-Constrained Coding and Transmission of Continuous-Amplitude Sources. In: *Proc. Joint Workshop on Communications and Coding (JWCC) 2002*, Barolo, Italy, Nov. 2002, pp. 18–21

Hagenauer, J.: From Analog to Digital and Back Again. In: *Canadian Workshop on Information Theory*, Victoria, Kanada, June 2001

Hagenauer, J.: Joint Source Channel Decoding of Variable Length Codes. In: *2001 IEEE Information Theory Workshop*, Cairns, Australien, Sept. 2001

Hagenauer, J.: Log-Likelihood Ratios, Mutual Information and EXIT Charts: A Primer. In: *Proc. 12<sup>th</sup> Joint Conference on Communications and Coding (JCCC 2002)*, Saas Fee, Switzerland, March 2002

Hagenauer, J.: Mobilfunk: Physikalische und technische Grundtatsachen und Grenzen. In: *Fachtagung Mobile Kommunikation*, TU München, July 2002

Hagenauer, J.: The Turbo Principle in Mobile Communications. In: *International Symposium on Information Theory and its Applications*, Xi'an, China, Oct. 2002

Hagenauer, J.; Bauer, R.: The Turbo Principle in Joint Source Channel Decoding of Variable Length Codes. In: *Proc. IEEE Information Theory Workshop (ITW)*, Cairns, Australia, Sept. 2001, pp. 33–35

Hagenauer, J.; Mörz, M.; Schaefer, A.: Analog Decoders and Receivers for High Speed Applications. In: *Proc. 2002 International Zurich Seminar on Broadband Communi-*

*cations*, Zurich, Switzerland, Feb. 2002, pp. 3.1–3.8

Itani, M.; Dillinger, M.; Dawy, Z.; Luo, J.: Switched Multi-Beam Investigations for the Forward Link of WCDMA. In: *Proc. 2001 International Conference on Third Generation and Beyond*, San Francisco, CA, USA, June 2001, pp. 567–571

Jenkač, H.: Feedback and Error Protection Strategies for Wireless Video Transmission. In: *Proc. 12<sup>th</sup> Joint Conference on Communications and Coding (JCCC 2002)*, Saas Fee, Switzerland, March 2002, p. 10

Jenkač, H.: Buffering Aspects for Variable Bitrate Video Streaming. In: *Proc. Joint Workshop on Communications and Coding (JWCC) 2002*, Barolo, Italy, Nov. 2002, p. 23

Kaindl, M.: AMR & FEED: Channel Coding Concepts for Speech Transmission. In: *Proc. 12<sup>th</sup> Joint Conference on Communications and Coding (JCCC 2002)*, Saas Fee, Switzerland, March 2002, p. 28

Kaindl, M.; Görtz, N.: AMR Voice Transmission over Mobile Internet. In: *IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing 2002 (ICASSP 2002)*, Orlando, FL, USA, May 2002, pp. 2049–2052

Kliewer J.; Görtz N.: Soft-Input Source Decoding for Robust Transmission of Compressed Images Using Two-Dimensional Optimal Estimation. In: *Proc. ICASSP*, May 2001, IEEE, pp. 2565 – 2568

Kliewer, J.; Görtz, N.: Iterative Source-Channel Decoding for Ro-

- bust Image-Transmission. In: *Proc. ICASSP 2002*, May 2002, pp. 2173–2176
- Leelapornchai, P.; Stockhammer, T.: Progressive Image Transmission Applying Multipath Routing in Mobile Adhoc Networks. In: *IEEE International Conference on Image Processing 2002 (ICIP 2002)*, Rochester, NY, Sept. 2002, pp. 553–556
- Lenz, R.: State of the Art of Professional Digital Cameras. In: *First European Conference on Colour in Graphics, Imaging, and Vision, CGIV 2002*, April 2002, IS&T – The Society for Imaging Science and Technology, Springfield, VA, USA, pp. 429–432
- Liebl, G.; Barros, J.; Sotgiu, T.: A Coding Approach for Congested Networks. In: *Proc. Joint Workshop on Communications and Coding (JWCC) 2002*, Barolo, Italy, Nov. 2002, p. 22
- Liebl, G.; Stockhammer, T.; Nguyen, T.; Burkert, F.: Erasure-Resilient Multimedia Streaming over Packet Radio Networks. In: *Proc. 5<sup>th</sup> World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics (SCI 2001)*, Vol. XII, Orlando, FL, USA, July 2001, pp. 328–333
- Liebl, G.; Stockhammer, T.; Strasser, P.: Priority-Based Multiplexing of IP-Streams onto Shared Cellular Links. In: *Proc. IEEE Vehicular Technology Conference (VTC)*, Vol. 3, Birmingham, AL, USA, May 2002, pp. 1091–1095
- Liebl, G.; Stockhammer, T.; Strasser, P.: Dynamic Multiplexing of IP-Streams onto Shared Cellular Links. In: *12<sup>th</sup> Virginia Tech/MPRG Symposium on Wireless Personal Communications*, Blacksburg, VA, USA, June 2002
- Liebl, G.; Stockhammer, T.; Strasser, P.; Liebermann, D.: A Real-Time Simulation Environment for IP-Traffic Over Cellular Links. In: *Proc. 6<sup>th</sup> World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics (SCI 2002)*, Vol. IV, Orlando, FL, USA, July 2002, pp. 42–47
- Märkle, R.; Sundberg, C.E.W.: Turbo Codes for Hybrid in Band on Channel Digital Audio Broadcasting Systems. In: *Proc. of IEEE, Globecom*, San Antonio, TX, USA, Nov. 2001
- Mecking, M.: On Fading Channels with Noisy Channel Estimates. In: *Proc. 12<sup>th</sup> Joint Conference on Communications and Coding (JCCC 2002)*, Saas Fee, Switzerland, March 2002, p. 11
- Mecking, M.: Resource Allocation for Fading Multiple-Access Channels with Partial Channel State Information. In: *Proc. IEEE International Conference on Communications (ICC)*, New York, USA, April 2002
- Mecking, M.: Achievable Rates for Fading Multiple-Access Channels with Partial Channel State Information. In: *Proc. IEEE International Symposium on Information Theory (ISIT)*, Lausanne, Switzerland, June 2002, p. 192
- Mecking, M.: Multiple-Access with Partial Transmitter Channel State Information. In: *Proc. Joint Workshop on Communications and Coding (JWCC) 2002*, Barolo, Italy, Nov. 2002, p. 33
- Mecking, M.: PSK Modulation over Fading Channels with Noisy Estimates. In: *Winter School on Coding and Information Theory*, Monte Verita, Switzerland, Feb. 2003
- Mecking, M.: Equalization for Non-Ideal Channel Knowledge. In: *37<sup>th</sup> Annual Conference on Information Science and Systems (CISS)*, Baltimore, MD, USA, March 2003
- Mecking, M.; Dawy, Z.; Seeger, A.: Enhanced Receiver Structure for Cellular Multiple-Access with Two Service Classes. In: *4<sup>th</sup> ITG Conference on Source and Channel Coding*, Berlin, Germany, Jan. 2002, pp. 227–232
- Mecking, M.; Stockhammer, T.: Source-Controlled Resource Allocation. In: *4<sup>th</sup> ITG Conference on Source and Channel Coding*, Berlin, Germany, Jan. 2002
- Mecking, M.; Tüchler, M.: APP Equalization for Non-Ideal Channel Knowledge. In: *Proc. Winter School on Coding and Information Theory*, Monte Verita, Switzerland, Feb. 2003
- Mello, A.; Reichert, J.; Offer, E.: Error Arrival Statistics for FEC Design in Four-Wave Mixing Limited Systems. In: *Optical Fiber Communication Conference (OFC 2003)*, Atlanta, 2003, March 2003
- Mittelstaedt, M.-L., Mittelstaedt, H.: Idiopathic Navigation in Humans: Estimation of Path Length. In: *Experimental Brain Research 139*, Aug. 2001, Springer-Verlag Berlin, Germany, pp. 318–332
- Mörz, M.: Analog Sliding Window Decoding. In: *Proc. Joint Workshop on Communications and Coding (JWCC) 2002*, Barolo, Italy, Nov. 2002, p. 9
- Mörz, M.; Schaefer, A.; Offer, E.: Analog Decoding of High Rate Tailbiting Codes Using the Dual Trellis. In: *Proc. 2001 IEEE International Symposium on Information Theory*, Washington D.C., USA, June 2001, p. 331
- Mörz, M.; Schaefer, A.; Offer, E.; Hagenauer, J.: Analog Decoders for High Rate Convolutional Codes. In: *Proc. 2001 IEEE Information Theory Workshop*, Cairns, Australia, Sept. 2001, pp. 128–130

- Offer, E.: The Dual-Decoding Approach for the 'Soft-In/Soft-Out Principle'. In: *Proc. 12<sup>th</sup> Joint Conference on Communications and Coding (JCCC 2002)*, Saas Fee, Switzerland, March 2002, p. 24
- Oikonomidis, I.: Multiple Description Audio Coding. In: *Proc. 12<sup>th</sup> Joint Conference on Communications and Coding (JCCC 2002)*, Saas Fee, Switzerland, March 2002, p. 9
- Otnes, R.; Tüchler, M.: Block SISO Linear Equalizers for Turbo Equalization in Serial-Tone HF Modems. In: *Proc. Norwegian Signal Processing Symposium (NORSIG)*, Trondheim, Norway, Oct. 2001, pp. 93–98.
- Otnes, R.; Tüchler, M.: Low-Complexity Turbo Equalization for Time-Varying Channels. In: *Proc. IEEE Vehicular Technology Conference (VTC)*, Birmingham, AL, USA, May 2002
- Otnes, R.; Tüchler, M.: EXIT Chart Analysis Applied to Adaptive Turbo Equalization. In: *Proc. Nordic Signal Processing Symposium*, Oct. 2002
- Otnes, R.; Tüchler, M.: Improved Receivers for Digital High Frequency Waveforms Using Turbo Equalization. In: *Proc. Military Communications Conferences*, Oct. 2002
- Otnes, R.; Tüchler, M.: Soft Iterative Channel Estimation for Turbo Equalization: Comparison of Channel Estimation Algorithms. In: *Proc. IEEE International Conference on Communication Systems*, Singapore, Nov. 2002
- Perkert, R.; Kaindl, M.; Hindelang, T.: Iterative Source and Channel Decoding for GSM. In: *IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP 2001)*, Salt Lake City, UT, USA, May 2001, pp. 2649–2652
- Reichert, J.; Mello, A.; Fürst, C.: Impact of Signal Distortions in Systems Using FEC. In: *European Conference in Optical Communications (ECOC 2002)* Kopenhagen, Danmark, Oct. 2002
- Schaefer, A.: Turbo Decoding Visualisation for a Product Code. In: *Proc. 12<sup>th</sup> Joint Conference on Communications and Coding (JCCC 2002)*, Saas Fee, Switzerland, March 2002, p. 17
- Schaefer, A.: Turbo Decoding Visualisation for a Simple Product Code. In: *Proc. 2002 IEEE International Symposium on Information Theory*, July 2002, p. 140
- Schaefer, A.: Improved Short Block Length Iterative Decoding. In: *Winter School on Coding and Information Theory*, Monte Verita, Switzerland, Feb. 2003
- Schaefer, A.; Sridharan, A.: Analog Rotating Ring Decoder of a LDPC Convolutional Code. In: *Proc. Joint Workshop on Communications and Coding (JWCC) 2002*, Barolo, Italy, Nov. 2002, p. 10
- Schreckenbach, F.: Design of Bit-Interleaved Coded Modulation with Iterative Decoding. In: *Proc. Joint Workshop on Communications and Coding (JWCC) 2002*, Barolo, Italy, Nov. 2002, p. 29
- Seeger, A.; Lobinger, A.; Wiedmann, R.; Raaf, B.: Performance of Downlink Eigenbeamformer with Realistic Feedback Transmission. In: *VTC 2001*, Atlantic City, NJ, USA, Oct. 2001
- Seeger, A.; Lobinger, A.; Wiedmann, R.; Raaf, B.: Downlink Eigenbeamer with Combining of Eigenbeams. In: *Globecom 2001*, San Antonio, TX, USA, Nov. 2001
- Stockhammer, T.: Progressive Video Transmission for Packet-Lossy Channels Exploiting Feedback and Unequal Erasure Protection. In: *IEEE International Conference on Image Processing 2002 (ICIP 2002)*, Rochester, NY, Sept. 2002, pp. 169–172
- Stockhammer, T.; Buchner, C.: Progressive Texture Video Streaming for Lossy Packet Networks. In: *11<sup>th</sup> International Packet Video Workshop (VP 2001)* Kyongju, Korea, May 2001, pp. 463–474
- Stockhammer, T.; Buchner, C.; Marpe, D.; Blättermann G.; Heising G.: Efficient Fine Granular Scalable Video Coding. In: *IEEE International Conference on Image Processing 2001 (ICIP 2001)*, Thessaloniki, Greece, Oct. 2001, pp. 997–1000
- Stockhammer, T.; Hannuksela, M.; Wenger S.: H.26L/JVT Coding Network Abstraction Layer and IP-Based Transport. In: *IEEE International Conference on Image Processing 2002 (ICIP 2002)*, Rochester, NY, Sept. 2002, pp. 485–488
- Stockhammer, T.; Jenkač, H.; Weiß, C.: Error Control for Wireless Progressive Video Transmission. In: *IEEE International Conference on Image Processing 2002 (ICIP 2002)*, Rochester, NY, USA, Sept. 2002, pp. 545–548
- Stockhammer, T.; Kontopodis, D.; Wiegand, T.: Rate-Distortion Optimization for H.26L Video Coding in Packet Loss Environment. In: *12<sup>th</sup> International Packet Video Workshop (PV 2002)* Pittsburg, PY, May 2002, pp. 57–58
- Stockhammer, T.; Mecking M.: Minimising Distortion via Multiuser Resource Allocation. In: *Data Compression Conference (DCC)* Snowbird, UT, USA, April 2002, p. 464
- Stockhammer, T.; Oelbaum, T.; Wiegand, T.: H.26L/JVT Coded Video Transmission in 3G Wireless Environments. In: *International Conference on Third Generation Wireless*

and Beyond (3GWireless), San Francisco, CA, May 2002

Stockhammer, T.; Weiß, C.: Channel and Complexity Scalable Image Transmission. In: *IEEE International Conference on Image Processing*, Thessaloniki, Greece, Oct. 2001, pp. 102–105

Stockhammer, T.; Wenger, S.: Standard Compliant Enhancements of JVT Coded Video Over Fixed and Wireless IP. In: *2002 International Tyrrhenian Workshop on Digital Communications (IWDC 2002)*, Capri, Italy, Sept. 2002, pp. 9–17

Stockhammer, T.; Wiegand T.; Wenger S.: Optimized Transmission of H.26L/JVT Coded Video Over Packet-Lossy Networks. In: *IEEE International Conference on Image Processing 2002 (ICIP 2002)*, Rochester, NY, Sept. 2002, pp. 173–176

Stockhammer, T.; Zeger, K.: Distortion Bounds and Optimal Channel Code Rates for Progressive Quantization. In: *IEEE International Symposium on Information Theory (ISIT)*, Washington D.C., USA, June 2001, p. 263

Sullivan, G.; Wiegand, T.; Stockhammer T.: Using the Draft H.26L Video Coding Standard for Mobile Applications. In: *IEEE International Conference on Image Processing 2001 (ICIP 2001)*, Thessaloniki, Greece, Oct. 2001, pp. 573–576

Tüchler, M.: EXIT Charts of Irregular Codes. In: *Proc. 12<sup>th</sup> Joint Conference on Communications and Coding (JCCC 2002)*, Saas Fee, Switzerland, March 2002, p. 18

Tüchler, M.: APP Equalization with Partial Channel Knowledge. In: *Proc. Joint Workshop on Communications and Coding (JWCC) 2002*, Barolo, Italy, Nov. 2002, p. 8

Tüchler, M.: Convergence Prediction for Iterative Decoding of Three-fold Concatenated Systems. In: *Proc. IEEE Globecom 2002*, Taipei, Taiwan, Nov. 2002

Tüchler, M.; Dholakia, A.: New Rate-(N-1)/N Convolutional Codes with Optimal Spectrum. In: *Proc. International Symposium on Information Theory*, Lausanne, Switzerland, June 2001

Tüchler, M.; Hagenauer, J.: Linear Time and Frequency Domain Turbo Equalization. In: *Proc. 53<sup>rd</sup> Vehicular Technology Conference*, Rhodes, Greece, May 2001, pp. 1449–1453

Tüchler, M.; Hagenauer, J.: EXIT Charts of Irregular Codes. In: *Proc. Conference on Information Sciences and Systems (CISS 2002)*, Princeton, NJ, USA, March 2002

Tüchler, M.; Koetter, R.; Singer, A.: Hybrid Equalization Strategies for Iterative Equalization and Decoding. In: *Proc. International Symposium on Information Theory*, Washington D.C., USA, June 2001, p. 267

Tüchler, M.; Mecking, M.: Equalization for Non-Ideal Channel Knowledge. In: *Proc. 37<sup>th</sup> Annual Conference on Information Science and Systems*, Baltimore, MD, USA, March 2003

Tüchler, M.; Otnes, R.; Schmidbauer, A.: Performance of Soft Iterative Channel Estimation in Turbo Equalization. In: *Proc. International Conference on Communications*, New York, USA, May 2002

Tüchler, M.; ten Brink, S.; Hagenauer, J.: Measures for Tracing Convergence of Iterative Decoding Algorithms. In: *Proc. 4<sup>th</sup> International ITG Conference on Source and Channel Coding*, Berlin, Germany, Jan. 2002

Tüchler, M.; Weiß, C.; Eleftheriou, E.; Dholakia, A.; Hagenauer, J.: Application of High-Rate Tail-Biting Codes to Generalized Partial Response Channels. In: *Proc. IEEE Globecom*, San Antonio, TX, USA, Nov. 2001, pp. 2966–2971

Vogl, U.; Seeger, A.: Space-Time Modulation. In: *Globecom 2001*, San Antonio, TX, USA, Nov. 2001

Weiß, C.: Iterative Decoding of Concatenated Tail-Biting Codes. In: *Proc. 12<sup>th</sup> Joint Conference on Communications and Coding (JCCC 2002)*, Saas Fee, Switzerland, March 2002, p. 21

Weiß, C.; Stockhammer, T.; Donner, A.; Hagenauer, J.: Adaptive Channel Coding for Mobile Channels – Or Why Wasting Bandwidth for Error Detection?. In: *International Conference on Information, Communications, and Signal Processing*, Singapore, Oct. 2001

Weiß, C.; Stockhammer, T.; Hagenauer, J.: The Far End Error Decoder with Applications to Image Transmission. In: *IEEE Globecom 2001*, San Antonio, TX, USA, Nov. 2001, pp. 1405–1409

Witzke, M.; Bairo, S.: Iterative Detection of MIMO Signals with Linear and APP Detectors. In: *Proc. 12<sup>th</sup> Joint Conference on Communication and Coding (JCCC2002)*, Saas Fe, Switzerland, March 2002

Witzke M.; Bairo S.; Schreckenbach, F.; Hagenauer J.: Iterative Detection of MIMO Signals with Linear Detectors. In: *Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers 2002 (ACSSC 2002)*, Pacific Grove, CA, USA, Nov. 2002

Zangl, J.: Grundlagen für die Auswahl geeigneter Kanalcodes für die Anwendung in drahtlosen Sensor-Adhoc-Netzwerken. In: *Tagungsband des DFG-Kolloquiums "Adaptivität in heterogenen Kommunikationsnetzwerken mit drahtlosem Zugang"*, Kaiserslautern, Germany, Oct. 2001, p. 80

Zangl, J.: Interference Estimation in Randomly Distributed Systems with Medium Access Control. In: *Proc. Joint Workshop on Communications and Coding (JWCC) 2002*, Barolo, Italy, Nov. 2002, p. 34

Zangl, J.: Interferenzschätzung und Codierung in verteilten Adhoc Netzen mit Medium Access Control. In:

*DFG-Kolloquium "Adaptivität in heterogenen Kommunikationsnetzen mit drahtlosem Zugang"*, Jan. 2003

Zangl, J.; Hagenauer, J.: Large Ad Hoc Sensor Networks with Position Estimation. In: *Proc. of the 10<sup>th</sup> Aachen Symposium on Signal Theory*, Aachen, Germany, Sept. 2001, pp. 115–118

### 8.3 Standardisierungsbeiträge

Hannuksela, M.; Wenger, S.; Stockhammer, T.: Random Access and Timing. In: *ITU-T SG.16/JVT-B109*, Geneva, Switzerland, Jan. 2002

Liebl, G.; Stockhammer, T.; Wagner, M.; Pandel, J.; Weng, W.; Bäse, G.; Nguyen, M.; Burkert, F.: An RTP Payload Format for Erasure-Resilient Transmission of Progressive Multimedia Streams. In: *Draft-ietf-avt-uxp-03.txt, Internet Engineering Task Force (IETF)*, June 2002

Liebl, G.; Stockhammer, T.; Wagner, M.; Pandel, J.; Weng, W.; Bäse, G.; Nguyen, M.; Burkert, F.: An RTP Payload Format for Erasure-Resilient Transmission of Progressive Multimedia Streams. In: *Draft-ietf-avt-uxp-04.txt, Internet Engineering Task Force (IETF)*, Nov. 2002

Marpe, D.; Stockhammer, T.: Test Model Document Changes for Data Partitioning and NAL Support. In: *ITU-T SG.16/VCEG-L52*, Austin, TX, USA, April 2001

Oelbaum, T.; Stockhammer, T.: Coding Results for CABAC Entropy Coding Scheme. In: *ITU-T SG.16/VCEG-L54*, Austin, TX, USA, April 2001

Roth, G.; Sjöberg, R. (Ericsson); Varsa, V.; Karczewicz, M. (Nokia); Stockhammer, T.: Common Test Conditions for RTP/IP over 3GPP/3GPP2. In: *ITU-T SG.16/VCEG-L77*, Austin, TX, USA, April 2001

Roth, G.; Sjöberg, R. (Ericsson); Varsa, V.; Karczewicz, M. (Nokia); Stockhammer, T.; Liebl, G.: Com-

mon Test Conditions for RTP/IP over 3GPP/3GPP2 – Amendments and Software Simulator. In: *ITU-T SG.16/VCEG-N37*, Santa Barbara, CA, USA, Sept. 2001

Roth, G.; Sjöberg, R. (Ericsson); Varsa, V.; Karczewicz, M. (Nokia); Stockhammer, T.; Liebl, G.: Common Test Conditions for RTP/IP over 3GPP/3GPP2. In: *ITU-T SG.16/VCEG-N80*, Santa Barbara, CA, USA, Sept. 2001

Stockhammer, T.: Verification of Improved CABAC. In: *ITU-T SG.16/JVT-C133*, Fairfax, VA, USA, May 2002

Stockhammer, T.: Verification of Low Complexity Arithmetic Coding Engine for CABAC. In: *ITU-T SG.16 JVT-C131*, Fairfax, VA, USA, May 2002

Stockhammer, T.; Kontopodis, D.: Error Robust Macroblock Mode and Reference Frame Selection. In: *ITU-T SG.16/JVT-B102*, Geneva, Switzerland, Jan. 2002

Stockhammer, T.; Liebl, G.; Oelbaum, T.; Marpe, D.; Wiegand, T.: Simulation Results for Common Conditions for Video Performance Evaluation for RTP/IP over 3GPP/3GPP2. In: *ITU-T SG.16/VCEG-N38*, Santa Barbara, CA, USA, Sept. 2001

Stockhammer, T.; Oelbaum, T.; Marpe, D.; Wiegand, T.: Simulation Results for Common Conditions for Video Performance Evaluation in H.324/M Error-Prone Systems. In:

*ITU-T SG.16/VCEG-N39*, Santa Barbara, CA, USA, Sept. 2001

Stockhammer, T.; Oelbaum, T.; Marpe, D.; Wiegand, T.: Simulation Results for Common Conditions for H.323/Internet Case. In: *ITU-T SG.16/VCEG-N50*, Santa Barbara, CA, USA, Sept. 2001

Wenger, S.; Hannuksela, M.; Stockhammer, T.: H.26L over IP Framework: H.26L NAL Normative Text. In: *ITU-T SG.16/VCEG-N72*, Santa Barbara, CA, USA, Sept. 2001

Wenger, S.; Hannuksela, M.; Stockhammer, T.: Skeleton Draft of RTP Payload Packetization for H.26L. In: *ITU-T SG.16/VCEG-N73*, Santa Barbara, CA, USA, Sept. 2001

Wenger, S.; Hannuksela, M.; Stockhammer, T.: RTP Payload for JVT Video. In: *53rd IETF, AVT, draft-wenger-avt-rtp-jvt-00.txt*, Minneapolis, MI, USA, March 2002

Wenger, S.; Hannuksela, M.; Stockhammer, T.: RTP Payload for JVT Video. In: *56th IETF, AVT, draft-wenger-avt-rtp-h264-01.txt*, San Francisco, CA, USA, March 2002

Wenger, S.; Hannuksela, M.; Stockhammer, T.: RTP Payload for JVT Video. In: *54th IETF, AVT, draft-wenger-avt-rtp-jvt-01.txt*, Yokohama, Japan, July 2002

Wenger, S.; Hannuksela, M.; Stockhammer, T.: RTP Payload for JVT Video. In: *55th IETF, AVT, draft-wenger-avt-rtp-h264-00.txt*, Baltimore, MD, USA, Nov. 2002

# 8

Veröffentlichungen  
Patente, Vorträge

## 8.4 Patente

Bäse, G.; Hutter, A.; Liebl, G.; Stockhammer, T.: Generische Schnittstelle zwischen einer Applikation und einer Transportschicht. *Deutsches Patentamt, Az. 10129323.2 (in Zusammenarbeit mit der Siemens AG)*, Juni 2001

Kaindl, M.; Hagenauer, J.: Verfahren und Vorrichtung zum Wieder gewinnen eines Codeworts aus einem empfangenen, fehlerhaften Codewort, Verfahren und Vorrich-

Wenger, S.; Stockhammer, T.: H.26L over IP and H.324 Framework. In: *ITU-T SG.16/VCEG-N52*, Santa Barbara, CA, USA, Sept. 2001

Wenger, S.; Stockhammer, T.: Overview of NAL Concept & VCL/NAL Interface. In: *ITU-T SG.16/JVT-B028*, Geneva, Switzerland, Jan. 2002

Wenger, S.; Stockhammer, T.: Independent Data Partitions A and B.

In: *ITU-T SG.16/JVT-C132*, Fairfax, VA, USA, May 2002

Wenger, S.; Stockhammer, T.: NAL Packet Segmentation. In: *ITU-T SG.16/JVT-C131*, Fairfax, VA, USA, May 2002

Wimmer, B.; Bäse, G.; Stockhammer, T.: H.26L on 3G Mobile Devices Support. In: *ITU-T SG.16/VCEG-L53*, Austin, TX, USA, April 2001

tung zum Erzeugen eines Codeworts, und Übertragungssystem. *Deutsches Patentamt, Anmeldung 102 20 370.9*, Mai 2002

Lenz, R.: Verfahren zur Verbesserung der Dynamik von CMOS-Bildsensoren. *Deutsches Patentamt München, Az. 101 10 108.2*, März 2001

Liebl, G.; Pandel, J.; Wagner, M.; Weng, W.: Verfahren zur Fehler-

korrektur bei einer paketorientierten Datenübertragung mit durch Deskriptoren näher bestimmten Übertragungsblöcken. *Deutsches Patentamt München, Az. 10157053.8 (in Zusammenarbeit mit der Siemens AG)*, Nov. 2001

Pandel, J.; Bäse, G.; Kontopodis, D.; Stockhammer, T.: Error Robust Macroblock Mode and Reference Frame Selection. *Deutsches Patentamt*, Jan. 2002

In den TUM-Mitteilungen 2-01/02 erschien folgender Beitrag:

Einen Scheck über 45000 Mark konnte TU-Präsident Prof. Wolfgang A. Herrmann für die TUM von drei erfolgreichen Erfindern in Empfang nehmen: Prof. Joachim Hagenauer, Ordinarius für Nachrichtentechnik der TUM, und seine Mitarbeiter Dipl.-Ing. Thomas Stockhammer und Dipl.-Ing. Christian Weiß hatten ihr Patent *Verfahren zur Übertragung codierter digitaler Signale* an einen europäischen Mobilfunkhersteller verkauft.

Ermöglicht wurde diese außerplanmäßige Einnahme durch ein Umdenken der TUM beim Management von Wissen und Know-how. Ein Aspekt dieser neuen Linie ist die aktive Vermarktung von Mitarbeitererfindungen. Dass dies durchaus lukrativ ist für alle Beteiligten, zeigt das Beispiel der drei Erfinder vom Lehrstuhl für Nachrichtentechnik. Hier wurde eine Erfindung durch die Hochschule selbst als Patent angemeldet und durch die Erfinder vermarktet – ein Beispiel, das Schule machen sollte.

Das Patent entstand aus Forschungsarbeiten zur Fehlersicherung für Multimediadaten. In einem Kooperationsvertrag mit der Hochschule traten die Wissenschaftler dann ihre Verwertungsrechte an die TUM ab, die dafür den Lehrstuhl und die Erfinder selbst an

den Erträgen aus der Verwertung beteiligt. Die per Scheck überreichte Summe stellt ein Drittel des bisherigen Erlöses sowie die von der TUM aufgewendeten Anmeldungskosten dar. Zusätzliche Zahlungen folgen, sobald der Käufer die Erfindung weiter verwertet.



Freuen sich über ihren patenten Coup (v.l.n.r.): Der TU-Präsident und die Erfinder Christian Weiß, Thomas Stockhammer und Joachim Hagenauer. Foto: Albert Scharger

## 8.5 Vorträge

- Bäro, S.: Analysis of MIMO bit error rates. COMCAR MED Workshop, München, 23.05.2001
- Bäro, S.: Simulationsergebnisse „inner“ und „outer“ Codes MS-STC vs. V-BLAST. Projekttreffen bei Ericsson, Nürnberg, 06.11.2001
- Bäro, S.: Near APP MIMO detection / Comparison of MIMO transmission schemes. COMCAR MED Workshop, München, 15.01.2002
- Bäro, S.: Iterative Detection of MIMO signals with non-linear (APP) detectors. Final Meeting COMCAR, München, 17.07.2002
- Barros, J.: An Introduction to Communications Engineering. Vorlesung bei „High-Tech in Old Munich“. Technische Universität München, 09.08.2001
- Barros, J.: On the Capacity of the Reachback Channel in Wireless Sensor Networks. Communications Research Colloquium, School of Electrical and Computer Engin., Cornell University, NY, USA, 10.09.2002
- Barros, J.: Theoretische Grenzen für die „Reachback“-Kommunikation in Sensor-Netzwerken. Erste Sitzung der ITG-Fachgruppe „Angewandte Informationstheorie“, Friedrich-Alexander Universität Erlangen, 24.01.2003
- Dawy, Z.: Serial Interference Cancellation for Uplink WCDMA from A to Z. Projektpräsentation für die Siemens AG München, Lehrstuhl für Nachrichtentechnik, 17.12.2002
- Dawy, Z.: Capacity and Coverage Enhancement for the UMTS Cellular System. American University of Beirut (AUB), Beirut, Libanon, 24.03.2003
- Döttling, M.; Seeger, A.; Sikora, M.: Impact of Imperfect Channel Quality Feedback and User Terminal Capabilities on Throughput of HSDPA. COST 273, Barcelona, Spanien, 15.–17.01.2003
- Görtz, N.: Delay-Constrained Transmission of Continuous-Amplitude Source Signals over Noisy Channels. Ringvorlesung im Graduiertenkolleg Mehrskalensysteme, Mathematisches Seminar, Technische Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 09.12.2002
- Görtz, N.: Delay-Constrained Source-Channel Coding for Continuous-Amplitude Source Signals. Department of Information Technology, Lund University, Schweden, 11.12.2002
- Görtz, N.: Source-Adaptive Modulation for Signals with Continuous Amplitudes. Seminarvortrag, Department of Information Technology, Lund University, Schweden, 13.12.2002
- Hagenauer, J.: Shannon (1916–2001): 50 Jahre Informationstheorie im Überblick. Institut für Nachrichtentechnik und Hochfrequenztechnik, Technische Universität Wien, Österreich, 03.04.2001
- Hagenauer, J.: Some Promises That Shannon Made are Now Fulfilled. Blake Fest Workshop, Victoria, Kanada, 07.06.2001
- Hagenauer, J.: Analog Decoders. Department of Electrical and Computer Engineering, University of Colorado at Boulder, CO, USA, 08.06.2001
- Hagenauer, J., Schaefer, A.: Fully Analog Receivers for Coded DPSK and PCM. Lucent Technologies, Holmdel, NJ, USA, 12.06.2001
- Hagenauer, J.: The Information Theory Society of the IEEE. 2001 IEEE Organizational Units Series, New Brunswick, NJ, USA, 21.06.2001
- Hagenauer, J.: Recent Developments in Joint Source and Channel Coding. University of Adelaide, Australien, 11.09.2001
- Hagenauer, J.: Introduction to the Panel Discussion: 3<sup>rd</sup> Generation and Beyond. Third International Workshop on Multi-Carrier Spread-Spectrum, DLR Oberpfaffenhofen, 27.09.2001
- Hagenauer, J.: The Ad Hoc Network Research Programs in Lausanne and Munich. Seminar, DLR, Köln, 02.10.2001
- Hagenauer, J.: Information and Coding Theory for Mobile Phones. Fifth Diderot Mathematical Forum (Distinguished Lecturer Series, see Chapter 2.8), Philips National Research Lab, Eindhoven, Holland, 22.11.2001
- Hagenauer, J.: Internationalisierung des Studiums. Parlamentarischer Abend der SPD-Landtagsfraktion, München, 28.11.2001
- Hagenauer, J.: The Secret History of Cellphones. Invited Dinner-Talk, 2002 International Zurich Seminar on Broadband Communications, Zurich, Switzerland, 20.02.2002
- Hagenauer, J.: Ad Hoc Netze. Deutsche Forschungsgemeinschaft, Bonn, 13.03.2002
- Hagenauer, J.: EXIT Charts. New Analytical Results and Simulation Results for Irregular Convolutional Codes. 2002 IEEE Communication Theory Workshop, Sanibel Island, FL, USA, 20.05.2002
- Hagenauer, J.: A Multi-Gb/s Tail-Biting Decoder Chip in Analog VLSI for Optical Fiber. (Invited talk)



- 2002 IEEE Communication Theory Workshop, Sanibel Island, FL, USA, 21.05.2002
- Hagenauer, J.: The Seven Days of Dan Costello! Lecture in Honor of the 60<sup>th</sup> Birthday of Prof. Daniel Costello, IEEE ISIT 2002, Hotel Beau Rivage, Lausanne, Schweiz, 01.07.2002
- Hagenauer, J.: Was ist besser: Block- oder Faltungscodes? International Workshop of the IEEE German Chapter on Information Theory, Schloß Maurach, Bodensee, 13.07.2002
- Hagenauer, J.: Einführung in das UMTS-System. Europäisches Patentamt München, 22.07.2002
- Hagenauer, J.: Elektrosmog. Bert-Brecht-Gymnasium, München-Pasing, 25.07.2002
- Hagenauer, J.: Neue Ansätze für die Turbo Entzerrung. Abteilung Informationstechnik, Universität Ulm, 31.10.2002
- Hagenauer, J.: Wie kommt die Sprache auf das Handy und welche wissenschaftliche Probleme stehen dahinter? Bayerische Akademie der Wissenschaft, Antrittsvortrag in der Klassensitzung der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse, 08.11.2002 (www.badw.de)
- Hagenauer, J.: Selbstorganisierende Netze, Algorithmen und Protokolle. Drahtlose Ad-Hoc-Netze ohne Kleinzellenstruktur-ARQ/FEC Verfahren mit adaptiver Redundanz bei der Kanalcodierung. BMBF-Koordinierungstreffen Mobil-Kommunikation, Erlangen, 11.11.2002
- Hagenauer, J.: Wie kommt die Sprache übers Handy? Einstein-Gymnasium, München, 16.11.2002
- Hagenauer, J.: The Turbo Principle in Communications. Opening Seminar of the Doctoral Course at ETH Zürich, Schweiz, 18.11.2002
- Hagenauer, J.: Sliding Window High Speed Analog Decoder. Lucent Technologies, Swindon, England, 03.12.2002
- Hagenauer, J.: Back to Analog? Soft Bit Processing in Turbo Receivers for Communication Systems. Fifth Annual Edison Lecture (Distinguished Lecturer Series, see Chapter 2.8), University of Notre Dame, IN, USA, 24.02.2003
- Hagenauer, J.: The Turbo Principle in Communications Systems. Annual Robert T. Chien Lecture (Distinguished Lecturer Series, see Chapter 2.8), Science Laboratory, University of Illinois at Urbana-Champaign, 25.02.2003
- Hagenauer, J.: The Turbo Principle in Mobile Communications, American University of Beirut (AUB), Beirut, Libanon, 24.03.2003
- Hagenauer, J.: The MSCE Program of the TUM, American University of Beirut (AUB), Beirut, Libanon, 25.03.2003
- Hauske, G.: Image Coding: Technical and Biological. Tutorial at Tamagawa University, Machida, Japan, 31.07.2002
- Hauske, G.: Effective Image Coding in Technical Systems and Brains. Clinique Psychiatrique, Hopital Civil, Université de Strasbourg, Frankreich, 07.10.2002
- Jenkač, H.: Feedback and Error Protection Strategies for Wireless Video Transmission. Siemens AG, Abt. CT IC2, München, 06.11.2001
- Jenkač, H.: MPEG-4 Video Streaming on IP/RTP over UMTS Networks (M-VISION). Siemens AG, ICM Mobile Phones, München, 13.03.2003
- Kaindl, M.: New Speech Transmission for GSM, EDGE and UMTS. Fa. Rohde & Schwarz, München, 15.05.2001
- Kaindl, M.: Wie kommt die Sprache über's Handy? Schülerinformationstag der Fakultät EI, TU München, 08.02.2002
- Kaindl, M.: Packet-Loss Punctured (PaLoP) Coding Systems for Multimedia Data Transmission. Siemens AG, Abteilung ICM MP P HW 3 MCH 1, München, 25.07.2002
- Kaindl, M.: Wie kommt die Sprache über's Handy? Schülerinformationstag der Fakultät EI, TU München, 14.02.2003
- Leelapornchai, P.: Erasure Channel Simulation and Protocol Layers for Packetized Speech. Siemens AG, Abteilung ICM MP P HW 3 MCH 1, München, 04.05.2001
- Liebl, G.; Jenkač, H.; Stockhammer, T.: MPEG-4 Video on IP Over Mobile. Online-Demonstration, BMBF-Statusseminar, LNT, 03.07.2002
- Liebl, G.; Jenkač, H.; Strasser, P.; Stockhammer, T.: Videoübertragung über Mobilfunk oder Wie kommt das Video auf mein Handy? Informationsveranstaltung für Studierende, LNT, 25.11.2002
- Mecking, M.: PSK Modulation over Fading Channels with Noisy Channel Estimates. Erste Sitzung der ITG-Fachgruppe „Angewandte Informationstheorie“, Friedrich-Alexander Universität Erlangen, 24.01.2003
- Mörz, M.: Analog Decoding – Fundamentals and Overview. Département Electronique, ENST Brest, Frankreich, 16.12.2002
- Offer, E.: Neue Decodierverfahren für hochratige Kanalcodes: Die Decodierung im dualen Bereich. Siemens AG, München, Abteilung ICN ON PNE AT, 17.06.2002

- Offer, E.: Entwurf eines neuen Codierschemas mit iterativer Decodier-technik für die optische Kommunikation. Siemens AG, München, Abteilung ICN ON PNE AT, 18.07.2002
- Schaefer, A.: Overview of Analog Decoding. University of South Australia, Adelaide, Australien, 10.09.2001
- Schaefer, A.: Analog Decoders for High Rate Convolutional Codes. University of Notre Dame, IN, USA, 22.08.2002
- Schaefer, A.: Turbo Decoding Visualisation for a Simple Concatenated Code. University of Notre Dame, IN, USA, 29.08.2002
- Schaefer, A.: Overview of Analog Decoding. University of Notre Dame, IN, USA, 05.09.2002
- Söder, G.: LNTsim und LNTwin – Zwei Softwarepakete zum Einsatz in der Lehre. Kolloquium der Fakultät Informatik, Technische Universität Chemnitz, 09.07.2001
- Söder, G.: Interaktive Lehr- und Lernprogramme für die Nachrichtentechnik – Präsentation der LNT-Teachware. Kolloquium des Informationstechnischen Zentrums, Technische Universität Clausthal, 29.11.2001
- Söder, G.; Eichin, K.: LNTwww – ein interaktives Lerntutorial für die Nachrichtentechnik im world wide web. Arbeitskreis *Multimedia in der Lehre*, Technische Universität München, 28.06.2002
- Söder, G.; Eichin, K.: LNTwww – ein Lerntutorial für die Nachrichtentechnik im World Wide Web (Didaktisches Konzept, Realisierung und Präsentation). Kolloquium Nachrichtentechnik, Johannes Kepler Universität Linz, Österreich, 13.03.2003
- Stockhammer, T.: Video Transmission over Heterogeneous Networks. Seminar „Packet Video“, San Diego, CA, USA, 17.04.2001
- Stockhammer, T.: Video Transmission over Mobile Systems, Progressive Texture Video Coding with Application to Lossy Packet Networks. Stanford University, CA, USA, 03.05.2001
- Stockhammer, T.: Using the Draft H.26L Video Coding Standard for Mobile Applications – Network Adaptation Layer Issues. Siemens AG München-Neuperlach, Abt. CT/IC2, 31.05.2001
- Stockhammer, T.: Progressive Texture Video Coding in Network Environments. Siemens AG München-Neuperlach, Abt. CT/IC2, 06.11.2001
- Stockhammer, T.: Flexible Macroblock Ordering – A New Error Resilience Tool for IP Based Video. Presentation at IWDC 2002, on behalf of the authors Mike Horowitz and Stephan Wenger, München, 03.07.2002
- Stockhammer, T.; Liebl, G.: WINE2 – Wireless Network Demonstration Platform for IP-based Real-Time Multimedia Transmission. Siemens AG, ICM Mobile Phones, München, 13.03.2003
- Tüchler, M.: MMSE Equalization Using A-Priori Information. Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich, Schweiz, 15.11.2001
- Tüchler, M.: Channel Coding for Magnetic Recording. Department of Telecommunications and Applied Information Theory, University of Ulm, 08.02.2002
- Tüchler, M.: Design of Serially Concatenated Systems Depending on the Block Length. IBM Research Lab. Rüschlikon, Schweiz, 27.08.2002
- Tüchler, M.: Design and Analysis of Serially Concatenated Systems. Graduate Center, Kjeller University, Norwegen, 23.10.2002
- Tüchler, M.: Iterative Equalization, Estimation, and Decoding. Abteilung Informationstechnik, Universität Ulm, 31.10.2002
- Tüchler, M.: Graphical Models for Iterative Equalization and Decoding. Lehrstuhl für Netzwerktheorie und Signalverarbeitung, TU München, 18.03.2003
- Witzke, M.: Capacity of Frequency Non-Selective MIMO Channels. COMCAR MED Workshop, München, 23.05.2001
- Witzke, M.: Comparison of Transmission Schemes for the MIMO Channel. Ericsson University Days, Aachen, 05.10.2001
- Witzke, M.: Iterative Linear Detection of MIMO Signals: Generalized Framework and Simplifications. Meeting COMCAR, 12.04.2002
- Witzke, M.: Iterative Detection of Generalized MIMO Signals with Linear Detectors. Final Meeting COMCAR, München, 17.07.2002
- Zangl, J.: Die GSM-Übertragungstrecke – eine Demonstration im Mobilfunklabor. Schülerinformationstag der Fakultät EI, TU München, 08.02.2002
- Zangl, J.: Verteilte Sensor-/Adhoc-Netzwerke: Statistische Positionsbestimmung, Codierung und MAC. Seminar der Abteilung *Telekommunikationstechnik und Angewandte Informationstheorie* (TAIT), Universität Ulm, 09.04.2002
- Zangl, J.: Die GSM-Übertragungstrecke – eine Demonstration im Mobilfunklabor. Schülerinformationstag der Fakultät EI, TU München, 14.02.2003



## 9.1 Gemeinsames Seminar mit dem Institut für Nachrichtentechnik der Universität Bremen 15. bis 17. August 2001

Melanie Witzke und Stephan Bäro

Im August 2001 fand zum zweiten Mal ein gemeinsames Seminar unseres Lehrstuhls mit Prof. Kammeyer und dem Institut für Nachrichtentechnik der Universität Bremen statt, dieses Mal in Bremen. Teilnehmer von unserer Seite waren neben den Vortragenden (siehe Liste) noch Dr. Görtz, Dr. Offer und M. Witzke, dazu die beiden Gastwissenschaftler Prof. Costello und A. Sridharan von der University of Notre Dame. Gast des Seminars war Prof. Schulze von der Universität Paderborn. Neben der Diskussion aktueller Forschungsthemen haben wir die wunderschöne Altstadt Bremens kennengelernt.

**Joachim Hagenauer** (München):  
Shannon – 50 Years of Information Theory

**Dan Costello** (Notre Dame):  
Summary of Current Coding Theory Research at Notre Dame

**Arvind Sridharan** (Notre Dame):  
Low Density Parity Check Convolutional Codes Derived from Quasi-Cyclic Codes

**Volker Kühn** (Bremen):  
Combined Linear and Non-Linear Multi-User Detection for Coded OFDM-CDMA

**Stephan Bäro** (München):  
Transmission over the MIMO Channel

**Jürgen Rinas** (Bremen):  
Comparison of Source Separation and BLAST

**Dirk Wübben** (Bremen):  
Efficient Algorithm for Detecting Layered Space-Time Codes

**Markus Kaindl** (München):  
Application of the Turbo Principle to Source and Channel Decoding

**Heiko Schmidt** (Bremen):  
Channel tracking in Wireless OFDM Systems

**Thorsten Petermann** (Bremen):  
Blind Turbo Channel Estimation in OFDM Receivers

**Ansgar Scherb** (Bremen):  
Blind and Non-Blind Channel Estimation in DS-CDMA Systems

**Pornch. Leelapornchai** (München):  
Principle of Waveform Interpolation Speech Coder

**Andrew Schaefer** (München):  
Analog Decoding of High Rate Tail-biting Codes Using the Dual Trellis

**Klaus Knoche** (Bremen):  
An Overview about the Generalized Rake Algorithm

**Ralf Seeger** (Bremen):  
Multiple Antenna Concepts for the UMTS-Downlink

9.1 Gemeinsames Seminar mit dem Institut für Nachrichtentechnik der Universität Bremen

9.2 The Soft-In/Soft-Out Principle – Symposium anlässlich des 60. Geburtstags von Prof. Joachim Hagenauer

9.3 Exkursion zur ENST de Bretagne in Brest

9.4 12<sup>th</sup> Joint Conference on Communications and Coding, Saas-Fee, Schweiz

9.5 First Workshop über analoge Decodierung

9.6 Das Turbo-Prinzip in der Nachrichtentechnik – Die Ferienakademie der Vereinigten Bayerischen LNTs, Sarntal, Südtirol

9.7 Joint Conference on Communications and Coding 2002, Barolo, Italien

9.8 Tag der offenen Tür im Rahmen von „TUM live“

# 9

## Veranstaltungen

On October 11, 2001, the Institute for Communications Engineering (LNT) of the Munich University of Technology (TUM) invited to a scientific symposium entitled *The Soft-In/Soft-Out Principle* on the occasion of the 60<sup>th</sup> birthday of Prof. Joachim Hagenauer. Well-known people from Information Theory, Communications, and Signal-Processing gave invited talks on the basics and various applications of the Soft-In/Soft-Out Principle – a term that Prof. Hagenauer has coined in the late eighties. Numerous guests from universities and industry showed both their interest in the still prevailing topic and their personal appreciation of the Institute for Communications Engineering.

Am 11. Oktober 2001 veranstaltete der Lehrstuhl für Nachrichtentechnik der TUM anlässlich des 60. Geburtstags von Prof. J. Hagenauer ein wissenschaftliches Symposium zum Thema *The Soft-In/Soft-Out Principle*. Bekannte Persönlichkeiten aus der Informationstheorie, der Nachrichtentechnik und der Signalverarbeitung hielten eingeladene Vorträge über die Grundlagen und die vielfältigen Anwendungen des Soft-In/Soft-Out-Prinzips – ein Begriff, der von Prof. Hagenauer Ende der achtziger Jahre geprägt wurde. Die zahlreichen Gäste aus Wissenschaft und Industrie bekundeten sowohl ihr großes fachliches Interesse an dem nach wie vor aktuellen wissenschaftlichen Thema als auch ihre persönliche Verbundenheit mit dem Lehrstuhl für Nachrichtentechnik.

Das Symposium wurde von Prof. Hauske eröffnet, der in seiner Laudatio von vollkommen neuen Erkenntnissen über die kreativen Kraft-

## 9.2 The Soft-In/Soft-Out Principle – Symposium anlässlich des 60. Geburtstags von Prof. Joachim Hagenauer 10. und 11. Oktober 2001

Norbert Görtz

quellen von Prof. Hagenauer (unter anderem Kochen und Auslandsreisen) zu berichten wusste.

Im Anschluss trug Prof. Ericson von der Universität Linköping über die Grundlagen und die gegenseitigen Beziehungen algebraischer Soft-Decodierverfahren für Kanalcodes

vor. Er zeigte auf, dass in gewissen Fällen algebraische und Wahrscheinlichkeitstheoretische Decodierkriterien äquivalent sind, was wichtige Konsequenzen für die „Optimalität“ dieser Decodieralgorithmen hat.

Prof. Costello von der University of Notre Dame in Indiana, zu dieser



Der Jubilar und der Organisator des Symposiums: Prof. Joachim Hagenauer und Dr. Norbert Görtz



Das Auditorium. In der ersten Reihe Prof. Ezio Biglieri und der Moderator des Symposiums, Prof. Gert Hauske

Zeit Gastprofessor als Humboldt-Fellow am LNT, widmete sich in seinem Vortrag der sequenziellen Soft-In/Soft-Out-Decodierung, und er gab effiziente Methoden zur Gewinnung der Soft-Output-Information an. Die Algorithmen erlauben eine Verwendung von Faltungscodes mit langem Gedächtnis in iterativen Decodierschemata. Prof. Costello demonstrierte weiterhin höchst anschaulich am Beispiel eines Friseurbesuches, welche schwerwiegenden Konsequenzen die Verwendung von unzuverlässigen Soft-Werten auf das Decodierergebnis haben kann.

Dr. Sundberg aus Murray Hill in New Jersey sprach zum Thema „List Sequence Decoding Algorithms“. Letztere erzeugen während der Decodierung eines fehlerkorrigierenden Kanalcodes eine Liste potenzieller Datenwort-Kandidaten; anschließend wird mit Hilfe der in den „Datenbits“ enthaltenen fehlererkennenden Codierung geprüft, welches der möglichen Datenworte zu einem fehlerfreien Codewort des fehlererkennenden Codes gehört. Dr. Sundberg zeigte, wie beide Decodierungen mit Hilfe des Soft-In/Soft-Out-Prinzips auf natürliche Weise miteinander verbunden werden können. Wie alle Vortragenden ließ es sich auch Dr. Sundberg nicht nehmen, einige persönliche Worte über seine langjährigen und freundschaftlichen Beziehungen zu Prof. Hagenauer zu sagen.

Prof. Höher von der Universität Kiel, 1990 einer der ersten Doktoranden von Prof. Hagenauer, gab einen Überblick über Soft-Output-Algorithmen zur Decodierung von Kanalcodes und ging auf deren Unterschiede ein. Er zeigte, dass der zur Decodierung von Turbo-Codes häufig verwendete BCJR-Algorithmus durch geeignete Approximationen in den wesentlich effizienteren SOVA-Algorithmus übergeht. Prof. Höher gab Beispiele an, bei denen zwar der Aufwand die Anwendung des BCJR-Algorithmus verbietet, aber dennoch eine Soft-In/Soft-Out-Decodierung durch den SOVA möglich ist.

Frau Dr. Offer, die 1996 als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Zen-

trum für Luft- und Raumfahrt (DLR) bei Prof. Hagenauer promovierte, beschrieb einen Ansatz zur aufwandsarmen Decodierung, der besonders für hochratige Faltungscodes geeignet ist. Dieser beruht auf der Decodierung des dualen Codes und der entsprechenden Rücktransformation des Decodierergebnisses in den Originalbereich. Das Verfah-



<b>Programm</b>	Institute of Communication Systems and Data Processing, Aachen University of Technology, Germany
8:30 – 8:40 Opening of the Symposium <i>Prof. Gert Hauske</i> Institute for Communications Engineering, Munich University of Technology, Germany	12:30 – 13:30: Lunch Break
8:40 – 9:15 Algebraic Soft Decoding – An Overview <i>Prof. Thomas Ericson</i> Department of Electrical Engineering, Linköping University, Sweden	13:30 – 14:05 How Soft Should We Be? <i>Prof.-em. James L. Massey</i> Former: Signal and Information Processing Laboratory, ETH Zurich Now: Copenhagen, Denmark
9:15 – 9:50 Soft-In/Soft-Out Sequential Decoding <i>Prof. Daniel J. Costello, Jr.</i> Department of Electrical Engineering, University of Notre Dame, Indiana, USA	14:05 – 14:40 Real Soft is Analog <i>Prof. Israel Bar-David</i> Gerald Swope Professor of Electrical Engineering, Technion-Israel Institute of Technology, Haifa, Israel
9:50 – 10:25 List Sequence Decoding Algorithms <i>Dr. Carl-Erik W. Sundberg</i> Agere Systems / Media Signal Processing Research, Murray Hill, New Jersey, USA	14:40 – 15:15 Encoding by Analog Processes <i>Prof. John B. Anderson</i> Ericsson Chair in Digital Communication, Lund University, Sweden
10:25 – 11:00 SOVA versus BCJR Algorithm – How Different are they Really? <i>Prof. Peter Hoehner</i> Information and Coding Theory Lab, Faculty of Engineering, University of Kiel, Germany	15:15 – 15:35: Coffee Break
11:00 – 11:20: Coffee Break	15:35 – 16:10 Iterative Multiuser Joint Decoding and Parameter Estimation: A Factor- Graph Approach <i>Prof. Ezio Biglieri</i> Dipartimento di Elettronica Politecnico di Torino, Italy
11:20 – 11:55 The Dual-Decoding Approach for the 'Soft-In/Soft-Out Principle' <i>Dr. Elke Offer</i> Institute for Communications Engineering, Munich University of Technology, Germany	16:10 – 16:45 Soft-Output-Decoding: Some Aspects from Information Theory <i>Prof. Johannes Huber</i> Institute for Telecommunications II University Erlangen-Nürnberg, Germany
11:55 – 12:30 Soft and Softer Decoding for Adverse Channels <i>Prof. Peter Vary</i>	16:45 – 17:20 The Soft-In/Out Principle Explained with the 'Weather Problem' <i>Dr. Patrick Robertson</i> Institute for Communications and Navigation, German Aerospace Center DLR, Wessling, Germany

# 9

## Veranstaltungen

Kopenhagen nur Hard-Input/Hard-Output-Algorithmen verwendet werden sollten. Er schloss seinen Vortrag mit einigen Erläuterungen über erst kürzlich bekannt gewordene Beziehungen zwischen der Informationstheorie und den Märchen der Gebrüder Grimm.

Prof. Bar-David vom Technion-Institute in Haifa, Israel, ging in

rung erfolgt sehr aufwandsarm durch ein einfaches analoges Filter.

Prof. Biglieri vom Politecnico in Turin sprach über einen so genannten Faktor-Graph-Ansatz zur iterativen Mehrbenutzer-Detektion und Parameterschätzung. Neben seiner rein ingenieurwissenschaftlichen Darstellung untersuchte Prof. Biglieri ebenfalls Bezüge zwischen dem heu-



Prof. Ezio Biglieri (li.) und Prof. Thomas Ericson



von links: Dr. Carl-Erik Sundberg, Prof. James L. Massey und Prof. Joachim Hagenauer



von links: Prof. John B. Anderson, Dr. Elke Offer und Dr. Patrick Robertson

ren wurde von Mitarbeitern des LNT bereits als analoge Schaltung realisiert.

Prof. Vary von der RWTH Aachen befasste sich in seinem Vortrag mit „soften“ Quellen-Decodierverfahren, welche die Idee der Verwendung „weicher“ Informationen im Empfänger bis in den letzten Verarbeitungsschritt realisieren – mit großen Qualitätsgewinnen, wie von allen Zuhörern anhand von „Nilpferden in Burgundersauce“ festgestellt werden konnte.

Die schwierige Aufgabe des ersten Vortrags nach der Mittagspause übernahm Prof. J. Massey, ehemaliger Shannon-Schüler und emeritierter Professor an der ETH Zürich. Er wies unter anderem nach, dass das Rauschen von C. F. Gauß erfunden wurde und dass für eine Kommunikationsverbindung von Lund nach

seinem Vortrag noch einen Schritt weiter als Prof. Massey – allerdings in die entgegengesetzte Richtung: Er wies nach, dass „echte“ Soft-In/Soft-Out-Algorithmen vollkommen analog arbeiten müssen. Er zeigte des Weiteren anhand seiner Arbeiten über „Sliding Window Analog MAP Decoding“, wie sich die Ideen der Decodierung mit Hilfe analoger Schaltungen und das Soft-In/Soft-Out-Prinzip, welches vom Wesen her ein zeitdiskretes Verfahren ist, elegant miteinander verbinden lassen.

Prof. Anderson von der Universität Lund in Schweden berichtete von einem neuartigen Ansatz zur fehlerschützenden Codierung durch analoge Prozesse, einer Fortführung der Idee der codierten Modulation. Die Codeworte sind jetzt zeit- und wertkontinuierlich, und die Decodie-

tigen Kenntnisstand und der historischen Entwicklung seit der Zeit von C. F. Gauß. Selbst Johann Wolfgang von Goethe soll bereits vom Soft-In/Soft-Out-Prinzip gewusst haben.

Prof. Huber aus Erlangen ging auf informationstheoretische Aspekte des Soft-In/Soft-Out-Prinzips ein. Er zeigte u. a. auf, dass in idealen Kommunikationssystemen die Verwendung von Soft-Werten im Empfänger nicht nötig ist, und dass die in der Praxis erreichbaren Qualitätsgewinne durch das Soft-In/Soft-Out-Prinzip auf die Nichtidealität der verwendeten Systemkomponenten zurückzuführen sind.

Der Abschlussvortrag wurde von Dr. Robertson gegeben, ebenfalls ehemaliger Mitarbeiter und Doktorand von Prof. Hagenauer am DLR. Er erläuterte zunächst auf anschauliche Weise, wie das Soft-In/Soft-



Prof. James L. Massey von der ETH Zürich



Prof. Peter Höher (hinten), Prof. H. Schulze



Prof. Johannes Huber, Universität Erlangen-Nürnberg



Prof. Daniel J. Costello, University of Notre Dame

Out-Prinzip auch im Freizeitbereich zur Wetterprognose angewendet werden kann. Danach beschrieb er, wie Sicherheitsprobleme in Computern durch ungewollte Kommunikationskanäle entstehen können; er gab als Beispiel die Kommunikation zwischen zwei Prozessen über die Rechenlast des Mikroprozessors an – ein zwar langsames Übertragungs-

Danach gab es ein Buffet, das von den Landshuter Bäuerinnen in bewährter Qualität ausgerichtet wurde, und das – wie alle anderen Programmpunkte auch – großen Anklang fand.

Am Abend nach dem Symposium luden Prof. Hagenauer und seine Frau Johanna alle Vortragenden und Organisatoren des Symposiums zum



von links: Dr. Imre Varga, Frau Vary und Prof. P. Vary



Prof. Israel Bar-David aus Haifa und Prof. R. Johannesson (li.)



Die technischen Mitarbeiter am LNT, von links: M. Kontny, W. Kretzinger, M. Jürgens, A. Ströbele

verfahren, das aber ohne Weiteres dazu taugt, Passworte von einem Prozess zum anderen zu übertragen. Die Lastvariationen, welche durch andere Prozesse entstehen, werden als Kanalrauschen aufgefasst, dessen Einfluss man mit Hilfe einer Kanalcodierung weitgehend eliminieren kann.

Neben den interessanten und kurzweiligen Vorträgen gab es ein Rahmenprogramm, das bereits am Vorabend des Symposiums mit einer „Get-Together-Reception“ begann. João Barros, LNT-Mitarbeiter, und das „Ensemble Con Brio“ spielten Händels Feuerwerksmusik und die Triosonate (G-Dur) von J.S. Bach.

Abendessen ein. Auf der Hinfahrt zum Restaurant wurde ein Abstecher zur Erdfunkstelle Raisting gemacht, dem Ort, an dem Dr. Dr. techn. e. h. Ungerboeck vor 20 Jahren erstmals die Trellis-Codierte Modulation in der Praxis vorführte. Er berichtete über das damalige Geschehen und seine Zusammenarbeit mit Prof. Hagenauer am DLR.

Danach ging es nach Herrsching zum Restaurant „Mühlfeldbräu“. Vor dem Abendessen wurde die hauseigene Brauerei besichtigt: Trotz des anstrengenden Tages herrschte reges Interesse an den Geheimnissen der Bierchemie, von deren starker geschmacklicher Wirkung sich alle

Gäste beim Abendessen überzeugen konnten.

Ich darf als Hauptorganisator des Symposiums den Mitorganisatoren Prof. Hauske und Dr. Elke Offer herzlich danken. Besonderer Dank gilt unseren Kollegen aus der Werkstatt, die bei all den vielen Details, welche zum Gelingen eines Festes beitragen, wie immer sehr hilfsbereit und effizient gewesen sind.

Man darf wohl sagen, dass das Symposium für alle Beteiligten sowohl fachlich als auch persönlich eine große Bereicherung gewesen ist und dass alle Gäste den Eindruck hatten: In München weiß man halt zu forschen und zu feiern.



João Barros (links) und das „Ensemble Con Brio“ nach der Aufführung der Feuerwerksmusik



von links: Dr. Friedrich Kühne (DLR) und Dr. Gottfried Ungerboeck (IBM Zürich)

### 9.3 Exkursion zur ENST de Bretagne in Brest 10. bis 14. Oktober 2001

Stephan Bäro und Klaus Eichin

A la fin des vacances d'été 2001, le laboratoire avait invité 11 étudiants à joindre 3 chercheurs dans une visite de l'École Nationale Supérieure des Télécommunications de Bretagne à Brest. Le but était de renforcer les liens entre les deux institutions de recherche et d'enseignement, établis depuis plusieurs années à travers des échanges réguliers et d'un programme de double diplôme des deux écoles. Pendant cinq jours les hôtes français avaient organisé une visite impressionnante expliquant le double système de l'enseignement supérieure en France et permettant une vue sur les particularités et les

qualités de ENST-B en tant que formation et recherche. Le programme technique était complété par une visite en car des environs de l'école et de la ville de Brest, laissant une impression durable de la beauté de la région de Bretagne.

Mensa mit Meerblick, zehn Minuten bis zum Strand – das waren zwei der vielen Eindrücke, mit denen elf Studenten aus dem fünften und siebten Semester der TU München und ihre drei Betreuer (S. Bäro, Dr. Eichin und Dr. Söder) von einer fünftägigen Exkursion zur *École Nationale Supérieure des Télécommunications* in Brest (ENST-B) zurückkamen.

Im Rahmen einer langjährigen Kooperation zwischen dem Lehrstuhl und der ENST-B war es in den letzten Jahren zu einem gewissen

Ungleichgewicht gekommen: Es kamen viele französische Studierende nach München – teilweise, um gleichzeitig das französische und das deutsche Diplom zu erwerben (siehe auch Kapitel 10.2) – aber die Zahl der Deutschen in Frankreich stagnierte auf niedrigem Niveau.

Wo liegen die Ursachen dafür? Was unterscheidet die französische Ingenieurausbildung von der Ausbildung an der TU München? Und wie können wir diesen Austausch für beide Seiten verstärken?

Auf der Suche nach Antworten auf diese Fragen trafen sich die Exkursionsteilnehmer am 10. Oktober 2001 am Münchener Flughafen. Finanziert wurde diese Bildungsreise aus Mitteln der Fakultät, aus Eigenmitteln unseres Lehrstuhls und einer Eigenbeteiligung der studentischen Teilnehmer.



Die Exkursionsteilnehmer vor der ENST de Bretagne, v. l. n. r.: Stefan Jan Skudlarek, Max Obermaier, Dr. Günter Söder, Henri Avisse (ENST), Franz Moellmann (ENST), Bernard Salaun (ENST), Sebastian Hennings, Mehrnough Rahmani, Rainer Ohlendorf, Michael Bernhardt, Stephan Eichler, Pavol Hanus, Thomas Schaller, Sven Hoffmann, Dr. Klaus Eichin (mit Mitbringsel von der TUM) und Stephan Bäro



Am hochschuleigenen Strand: die Gastgeber von der ENST Gilbert Lennay (4. v. r.) und Prof. Claude Berrou (r.) mit den TUM-Exkursionsteilnehmern

Über Lyon ging es direkt in die Bretagne nach Brest, wo die Gruppe bei schönstem Wetter am Flughafen von Mitarbeitern der ENST-B abgeholt wurde. Und für diejenigen, die sich schon einmal an ein eventuelles Studentenleben in Brest gewöhnen wollten, hatte die Stadt eine Überraschung parat: Zufällig fand am selben Abend ein Pop-Konzert auf dem Rathausplatz statt, das im nur wenige Meter entfernten Hotel *Vauban* niemand zeitig schlafen ließ.

Für die folgenden zwei Tage war von Franz Moellmann, dem zuständigen Koordinator der ENST-B, ein äußerst umfangreiches Programm zur Vorstellung der Schule aufgestellt worden. Gleich am Anfang wurde deutlich gemacht, dass es sich bei der ENST-B um eine *Schule* und nicht um eine *Universität* handelt; Letztere sind in Frankreich nicht so hoch angesehen.

Das duale System der Hochschulbildung in Frankreich bedurfte aber noch einiger weiterer Erläuterungen. Wie der stellvertretende Schulleiter Gilbert Lainey erklärte, begibt sich, wer in Frankreich ein Ingenieurstudium ablegen möchte, nach dem Abitur zunächst in zweijährige sogenannte Vorbereitungsklassen (*classes préparatoires*), in denen die Studenten eine eingehende Ausbildung in Mathematik und Naturwissenschaften, aber auch allgemeinbildenden Fächern erhalten. An deren

Ende steht der *concours*, das Auswahlverfahren für die besten Ingenieurschulen des Landes.

Gemeinsam mit ihrer Schwesterhochschule in Paris hat die ENST-B dabei einen herausragenden Ruf – was sich später auch in den Anfangsgehältern der frisch-diplomierten Absolventen niederschlägt!

Noch überraschter waren die Münchener Studierenden, als ihnen in einem zweiten Vortrag die betriebswirtschaftliche Seite des Ingenieurstudiums an der ENST-B vorgestellt wurde. Hier wurden Vorlesungen genannt, die in München so gut wie nicht gelehrt werden: Von der Funktionsweise von Unternehmen und der Wirtschaft im Allgemeinen bis hin zu den Besonderheiten des Telekommunikationsmarktes mit seiner Regulierungsbehörde müssen sich die Brester Studenten auch auf diesem Gebiet weiterbilden.

Daran wird auch ein weiterer Unterschied deutlich: Im Vergleich zu Deutschland werden die französischen Studenten wesentlich stärker auf praktische Tätigkeiten in der Industrie vorbereitet.

Natürlich durfte bei einem Besuch einer französischen Hochschule die kulinarische Seite nicht zu kurz kommen. Das sagten sich auch die Brester Organisatoren und hatten bei der Kantine für die Delegation aus München ein „verbessertes“ Mittagessen bestellt – beim Aperitif gesellte

sich sogar Bernard Ayrault, der Direktor der ENST, dazu und wünschte dem Austauschprogramm einen guten Erfolg.

Nach einem von Claude Berrou – dem Erfinder der Turbo-Codes – initiierten Verdauungsspaziergang zum nur wenige Meter entfernten Strand standen am Nachmittag dann die ersten technischen Vorträge auf dem Programm: In der Abteilung *Signal et Communications* erläuterte Ramesh Pyndiah einige Forschungsergebnisse aus dem Gebiet der Turbo-Codes. Und obwohl die deutschen Studenten – meist vor dem fünften Semester – vielleicht noch nicht alle Vorkenntnisse besaßen, um die Tragweite der Forschungsergebnisse beurteilen zu können, so haben sie doch einen Eindruck der Bedeutung der Turbo-Codes zurück mit nach München genommen.

Auch der zweite Besuchstag war mit technischen Themen besetzt und es wurden zwei weitere Forschungsbereiche vorgestellt – *Electronique* und *Optique*. Da unser Lehrstuhl schon seit Jahren mit der Abteilung *Electronique* zusammen arbeitet, kam natürlich auch hier wieder das Thema „Turbo-Codes“ zur Sprache. Ebenso interessant war für unsere Besuchergruppe aber auch die Präsentation aus dem Bereich der optischen Übertragungstechnik, wo Kevin Heggarty die führende Rolle der ENST-B bei optischen Vermittlungseinrichtungen eindrucksvoll demonstrierte.

Danach mussten wir uns zwar mit einem „normalen“ Mittagessen begnügen, was sich aber durch den Blick auf die Meerenge von Brest immer noch deutlich von einem Besuch der TU-Mensa unterschied.

An dieser Stelle sollte nochmals auf die besondere Lage der ENST-B

# 9

## Veranstaltungen

hingewiesen werden: Sieben Kilometer westlich von Brest liegt die Schule mit ihrem Campus innerhalb des *Technopôle Brest-Iroise*. Der Campus umfasst dabei neben den Forschungs- und Lehrinrichtungen auch die Wohnheime mit Plätzen für alle (550) Studenten sowie Freizeit- und Sportanlagen. In direkter Nähe haben sich 80 Unternehmen sowie sieben weitere kleine Hochschulen mit 50 Forschungslabors und 19000 Studenten niedergelassen.

Deshalb war am Nachmittag des zweiten Tages auch eine Firmenbesichtigung eingeplant, die unsere Gruppe zur jungen Firma *Autocrui* führte. Als Tochtergesellschaft von Thomson CSF soll sie in Kürze kleine Radargeräte zur Kollisionsvermeidung im Automobilbereich auf den Markt bringen.

Schließlich wurde das Programm noch durch einen Einblick in zwei Versuchsprojekte auf dem Gebiet *Multimedia in der Lehre* abgerundet. Die ENST-B bietet bereits Module ihres Lehrstoffes über das Internet an – sowohl für die berufliche

Weiterbildung als auch zum Einsatz bei einem Fernstudium. Gleichzeitig erfuhren die Exkursionsteilnehmer aber auch, dass der Aufwand für die Erstellung von Multimedia-Anwendungen enorm ist: Mehr als sechzig Stunden an Vorbereitung müssen für eine einzige Vorlesungsstunde mit Multimedia investiert werden.

Nach so vielen Informationen und Vorträgen hatten die französischen Organisatoren aber zum Glück auch an einen guten Ausgleich gedacht: Am Samstag, dem vierten Tag der Exkursion, gab es endlich die Gelegenheit, sich die malerische Umgebung der Schule etwas genauer anzusehen. Nachdem wir bereits am ersten Abend einen kurzen Ausflug zum westlichsten Punkt Frankreichs an der *Pointe Saint-Mathieu* gemacht hatten, fuhr uns am Samstag ein Kleinbus zu den anderen beiden Spitzen (*Pointe de Pen-Hir* sowie *Pointe du Raz*) und brachte uns in zwei typische bretonische Dörfer, *Pleyben* und *Locronan*.

Nach stundenlangem Sitzen in Vorträgen boten besonders die steinigen Steilküsten der beiden Spitzen ausreichend Gelegenheit, sich auszutoben – es gab bereits ernsthafte Sorgen, ob einer der Studenten bei seinen Kletteraktionen nicht direkt ins offene Meer gefallen sei.

Bleibt noch hinzuzufügen, dass bis zum Abreisetag die Exkursion mit einem für die Bretagne um diese Jahreszeit vollständig untypischen Wetter gesegnet war: Kaum eine



Pointe Saint-Mathieu, westlichster Punkt Frankreichs am Atlantik: Leuchtturm und Klosterruine



Savoir-vivre à la mode française: Stephan Bäro und Franz Moellmann (rechts)

Wolke war am Himmel zu sehen. Erst am Abreisetag machte uns die Region den Abschied etwas leichter, denn ein aus München wohl bekannter Nieselregen begleitete uns auf dem Weg zum Flughafen. Gerade zum richtigen Moment.

Bleibt nun abzuwarten, wie jeder der Exkursionsteilnehmer seinen persönlichen Nutzen aus diesen fünf ereignisreichen Tagen ziehen wird. Mit zurückgenommen hat sicherlich jeder den Eindruck, dass sich die französischen Gastgeber vorbildlich um ihre deutschen Gäste bemüht haben. Neben der schönen Lage der ENST-B war sicherlich auch die Qualität der Vorträge und Vorführungen beeindruckend – sowohl in der Lehre als auch der Forschung. Diese macht sie zu einer hervorragenden Adresse für ein Auslandsstudium Münchener Studenten. Mit ein wenig Flexibilität wird sich für einige der Exkursionsteilnehmer oder andere TU-Studenten damit die Vision der Einheit Europas verwirklichen lassen.

Wir als Betreuer dieser Exkursion möchten uns nochmals im Namen aller Teilnehmer herzlich bei Franz Moellmann – dem Koordinator des Doppeldiplomprogramms in Brest – bedanken. Er, ein Deutscher, aber seit mehr als 20 Jahren in der Bretagne lebend, lieferte uns genau die Informationen über das Studium und das Leben in Frankreich, die wir uns von dieser Exkursion erhofft hatten.

## 9.4 12<sup>th</sup> Joint Conference on Communications and Coding, 2. bis 9. März 2002, Saas-Fee, Schweiz

João Barros



**Abdelaziz Amraoui** (EPFL):  
Iterative Coding for the Gaussian MAC

**João Barros** (LNT):  
On a Decoding Problem of Multiple Description Sequences

**Rainer Bauer** (LNT):  
Channel Coding for Variable Length Codes

**Zaher Dawy** (LNT):  
Required Transmit Power for Multi-Hop Wireless Networks

**Prasenjit Dey** (EPFL):  
Protocol Information in Mobile Ad-Hoc Networks

**Changyan Di** (EPFL):  
Weight Distribution of Irregular LDPC

Diese traditionsreiche Tagung fand bereits zum zwölften Mal statt, diesmal in den Alpen. In Saas-Fee, Schweiz, trafen sich vom 2. bis zum 9. März 2002 Mitarbeiter des Lehrstuhls für Nachrichtentechnik mit Kollegen von der EPFL Lausanne. Insgesamt waren 13 Nationalitäten vertreten. Jeder Teilnehmer präsentierte seine neuesten Forschungsergebnisse in einem Vortrag. Neben der regen fachlichen Diskussion gab es noch Zeit, die wunderschöne Gegend um Saas-Fee zu erkunden.



Die Teilnehmer der 12<sup>th</sup> Joint Conference on Communications and Coding vor dem Hotel in Saas-Fee. Von links unten nach rechts oben: R. Raja (EPFL), A. Schaefer, Dr. Offer, J. Barros, M. Kaindl, M. Tüchler, Dr. Leveque (EPFL), Dr. Weiß, H. Jenkač, M. Mecking, C. Di (EPFL), Prof. Urbanke (EPFL), Prof. Hagenauer, M. Gastpar (EPFL), Prof. Rimoldi (EPFL), P. Dey (EPFL), Z. Dawy, I. Oikonomidis, M. Witzke, A. Amraoui (EPFL), A. Tchamkerten (EPFL), R. Bauer, N. Marina (EPFL), C. Measson (EPFL), S. Baero



**Michael Gastpar** (EPFL):  
On the Wyner-Ziv Problem with Multiple-Source

**Joachim Hagenauer** (LNT):  
Log-Likelihood Ratios, Mutual Information, and EXIT Charts: A Primer

**Hrvoje Jenkač** (LNT):  
Feedback and Error Protection Strategies for Wireless Video Transmission

**Markus Kaindl** (LNT):  
AMR and FEED: Channel Coding Concepts for Speech Transmission

**Olivier Leveque** (EPFL):  
Ad-Hoc Wireless Networks and Random Matrices

**Ninoslav Marina** (EPFL):  
Volume of the Capacity Region

**Cyril Measson** (EPFL):  
Asymptotic Analysis of Turbo Codes over the BEC

**Michael Mecking** (LNT):  
Resource Allocation based on Noisy Channel Estimates

**Elke Offer** (LNT):  
The Dual-Decoding Approach for the 'Soft-In/Soft-Out' Principle

**Ioannis Oikonomidis** (LNT) :  
Multiple Description Audio Coding

**Rajesh Raja** (EPFL):  
Effect of Finite Block Length Codes on the Performance of  
Communications Systems

**Bixio Rimoldi** (EPFL):  
Beyond the Separation Principle: a Broader Approach to Source-Channel  
Coding

**Andrew Schaefer** (LNT):  
Turbo Decoding Visualisation for a Simple Product Code

**Aslan Tchamkerten** (EPFL):  
On the Discrete Character of optimal Input Distributions

**Michael Tüchler** (LNT):  
Exit Charts of Irregular Codes

**Ruediger Urbanke** (EPFL):  
A Note on the Distribution of the Number of Iterations in Iterative Coding  
Schemes

**Christian Weiss** (LNT):  
Iterative Decoding of Concatenated Tail-Biting Codes

**Melanie Witzke and Stephan Baero** (LNT):  
Iterative Detection of MIMO Signals

## 9.5 Erster Workshop über analoge Decodierung 26. Juni 2002

Andrew Schaefer und Matthias Mörz



On the 26<sup>th</sup> of June 2002, the 1<sup>st</sup> Analog Decoding Workshop was held at the Institute for Communications Engineering at the Munich University of Technology.

The workshop was of an international nature with participants originating from 10 countries (Australia, Canada, Germany, Italy, Korea, Malta, Norway, Spain, Switzerland, United States of America). Representatives of the Munich University of Technology, ETH Zurich, University of Utah, University of Toronto, Politecnico di Torino and Università di Padova reported their latest research results.

Analog decoding involves designing analog VLSI circuits to perform belief propagation algorithms for channel decoders. Since analog decoders are implementations of the decoding algorithms on the transistor level, improvements are expected over conventional decoders

in speed, chip size, and power consumption.

At the end of the workshop, some final discussions were held before commencing the social program of visiting one of Munich's beer gardens. The success of the workshop prompted plans for a second workshop in Zurich in late August 2003.

Am 26. Juni 2002 fand bei uns der erste Workshop über analoge Decodierung statt. Daran haben internationale Fachleute aus zehn Ländern (Australien, Deutschland, Italien, Kanada, Korea, Malta, Norwegen, Spanien, der Schweiz und den USA) teilgenommen und einige von ihnen über ihre neuesten Forschungsergebnisse berichtet.

Arbeiten zur analogen Decodierung beinhalten die Entwicklung von analogen Decodierchips, um sog. Belief-Propagation-Algorithmen

für die Kanaldecodierung zu implementieren. Da analoge Decoder die Algorithmen direkt auf Schaltungsebene umsetzen, sind gegenüber konventionellen digitalen Decodern enorme Gewinne bezüglich Decodiergeschwindigkeit, Leistungsaufnahme und Chipfläche möglich.

Nach der Begrüßung durch Prof. Hagenauer und dem einführenden Referat *Fundamentals and Overview of Analog Decoding* von M. Mörz berichteten P. Merkli und M. Frey von der ETH Zürich über *Softgates – Simple Building Blocks for Analog Decoders*. Es folgten Beiträge der Amerikaner C. Winstead von der University of Utah (*Interfacing and Mixed-Signal Design for Analog Decoders*) und A. Mondragon von der Texas A&M University (*Floating-Gate Analog Decoder Designs*).

Das Nachmittagsprogramm eröffneten A. Graell i Amat vom Politecnico di Torino und D. Vogrig von der Università di Padova mit dem Beitrag *Analog Decoding of Turbo Codes: Analysis and Applications*. Danach referierte V. Gaudet von der University of Toronto zum Thema *Towards Gigabit-per-second Decoding: Analog Iterative Decoders*. Anschließend berichtete der LNT-Mitarbeiter Andrew Schaefer über *Analog Decoders for High-Rate Convolutional Codes*.

Nach gemeinsamen Diskussionen am Ende des Workshops stand der Besuch eines Münchner Biergartens auf dem Programm. Aufgrund des großen Erfolges ist bereits ein zweiter Workshop in Zürich für Anfang September 2003 geplant; nähere Details werden noch veröffentlicht.

Die LNT-Arbeiten zum Analogen Decoder sind in den Beiträgen von M. Mörz und A. Schaefer in den Kapiteln 6 und 7 beschrieben.



Teilnehmer am Workshop, jeweils v.l.n.r.: 1. Reihe: David Haley (Australien), M. Frey, P. Merkli (beide Schweiz), Andrew Schaefer (LNT-Organisator); 2. Reihe: R. Stumpe, J. Ghirlando (beide LNT); 3. Reihe: A. Graell I Amat, D. Vogrig (beide Italien)

## 9.6 Das Turbo-Prinzip in der Nachrichtentechnik – Die Ferienakademie der Vereinigten Bayerischen LNTs Sarntal, Südtirol, 22. September bis 4. Oktober 2002

Joachim Hagenauer

The “Ferienakademie” is a joint seminar of the Technical University of Munich and the University of Erlangen/Nuremberg. Each Fall, students from both universities with various majors are selected to spend two weeks in the remote Sarn Valley (Central Alps). There are several courses being held at three lodges in the valley. Our course was entitled “The Turbo Principle in Communications Engineering”. We stayed together with the course on Quantum and Applied Physics.

The genuine concept behind this seminar is that twelve students, two professors, and two assistants are virtually locked away from civilization to work on a topic of interest with their major. A typical day schedule is talks and discussions in the morning and hiking tours in the afternoon. This interplay of study and relaxation turns out to be very effective. In fact, students tell us

that they learn in those two weeks as much as they learn in one semester at the university.

Was ist die ideale Lehre im Hochschulbereich? Ist es die alte Frontalvorlesung eines Ordinarius, der möglicherweise viel Erfahrung hat, die aber bei hundert oder mehr Zuhörern doch einen recht einseitigen Kommunikationsfluss erzeugt: Also im Downlink etwa 5000 Worte pro Stunde, während im Uplink lediglich 5 Worte pro Stunde herüberkommen? Ist es das so genannte „Classroom System“ mit korrigierten Hausaufgaben, bei dem jeder einzelne Lernschritt genau vorge-schrieben wird? Oder ist es etwa eine perfekt ausgearbeitete elektronische Veranstaltung im Internet oder auf CD?

Meiner Meinung nach kommen die Veranstaltungen der Ferienakademie, die von der TU München und

der Universität Erlangen-Nürnberg gemeinsam organisiert werden, der idealen Hochschullehre am nächsten. Im September 2002 veranstalteten die beiden Lehrstühle für Nachrichtentechnik (LNT) in Erlangen und München wieder einen Kurs der Ferienakademie im Sarntal.

Und das geht so: Zwei Professoren aus verschiedenen Universitäten mit ähnlichen, aber doch anders akzentuierten Fachgebieten und Lehrmethoden, zwei ihrer Assistenten voller Schwung und mit eigenen, neuen Ideen, sowie 12 Studenten – sechs ausgewählte aus jeder der beiden beteiligten Hochschulen – mit unterschiedlichem Ausbildungsstand, aber mit hohem Motivationsgrad begeben sich für zwei Wochen in Klausur in einen Berggasthof eines idyllischen Seitentals in Südtirol, relativ abgeschlossen von städtischen Ablenkungen, aber gut versorgt mit allen technischen Einrichtungen zur Lehre, wie Tafel, Flipcharts, PC und Beamer. Jeder der Teilnehmer, ob Professor, Assistent oder Student, hält abgestimmte Vorträge über ein hochaktuelles Forschungsthema; Vorträge bzw. Vorlesungen, die jeweils zwei Stunden dauern, die mehr Gespräche als Frontalunterricht sind, die sich zum Teil überlappen, aber sich immer ergänzen, die Grundlagen legen, aber auch bis an die Grenze der Forschung vorstoßen. Jede nicht gleich verständliche Formel des Vortragenden wird sofort hinterfragt und ein freundschaftliches wissenschaftliches Geplänkel erfrischt hin und wieder die Veranstaltung.

Das Ganze wird schließlich noch gewürzt durch die zeitweise Teilnahme eines internationalen Experten und eines Vorstandsmitgliedes eines Weltkonzerns, die beide aus



Auch bei den Wanderungen bestimmen die Professoren die Richtung. Von links nach rechts: N. Dütsch, H. Kunze, M. Tüchler, Prof. Hagenauer, Prof. Huber, P. Hanus, X. Liu

**Martin Zitzmann** (Erlangen):  
Prinzipien der Kanalcodierung, Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung für die iterative Decodierung

**Rainer Ohlendorf** (München):  
Theorie und Anwendung der Faltungscodes

**Peter Breun** (München):  
Verkettungsschemata für Codes: die klassischen Turbo Codes und Variationen

**Christian Weber** (München):  
LDPC-Codes und deren Decodierung

Prof. **Joachim Hagenauer** (München):  
EXIT charts I: A primer 200

**Nicolas Dütsch** (München):  
EXIT charts II: Analyse 213

**Xianghu Liu** (München):  
Analyse der iterativen Decodierung: Density Evolution, irreguläre Codes

Prof. **Johannes Huber** (Erlangen):  
Soft-Output-Decoding: Some Aspects from Information Theory 251

**Holger Kunze** (Erlangen):  
Multiple Turbo Codes

**Tobias Wurzbacher** (Erlangen):  
Codierte Modulation

Prof. **Johannes Huber** (Erlangen):  
Einführung in die Entzerrung

**Thorsten Hehn** (Erlangen):  
Turbo-Entzerrung

**Christian Winter** (Erlangen):  
Iterated Soft-Decision Interference Cancellation

**Pavol Hanus** (München):  
Analoge Decodierung I: Turbo Codes

**Holger Hagenguth** (München):  
Analoge Decodierung II: Turbo-Entzerrung

**Hans-Martin Zimmermann** (München):  
Source-Channel Coding

Dr. **Claude Berrou** (ENST de Bretagne):  
The Genesis of Turbo Codes

M.Sc. **Michael Tüchler** (München):  
Verfahren der Kanalcodierung für die magnetische Aufzeichnung

erster Hand über aktuelle wissenschaftliche Probleme und über die Führung eines Unternehmens berichten. Diese Gäste kann man als Student am Beginn der eigenen beruflichen Laufbahn befragen, wie man die eigene Karriere hin zu ähnlichen Positionen führen kann. In unserem Fall waren diese Gäste Prof. Berrou von der ENST de Bretagne, Erfinder des Turbo-Prinzips, und Herr Dr. Reinhardt, der Vorstand von Siemens Medical Solutions, dem derzeit erfolgreichsten Bereich der Siemens AG.

Wenn die Professoren bei den wissenschaftlichen Diskussionen in der Vorhand waren, so waren die Studenten den Professoren bei den Wanderungen und Bergtouren weit voraus, zumindest dem einen (JHa). Außerdem fanden einige kulturelle Aktivitäten – wie Stadtführungen, Vorträge über Südtiroler Geschichte und Brauchtum – statt. Dazu kamen noch die Begegnungen mit anderen Kursen, die im gleichen Gasthof untergebracht waren. So konnte man, wenn man wollte, nebenbei auch etwas über Quantenphysik erfahren.

Es war für mich die dritte Ferienakademie, die ich mit Johannes Huber aus Erlangen plante – an einer konnte ich leider wegen Krankheit nicht teilnehmen. Für mich ist es jedes Mal die ideale Form der Lehre. Zugegeben, mit zweihundert Studenten könnte man so etwas nicht machen, aber schön, dass doch einige Wenige in den Genuss einer solchen Veranstaltung kommen.

Besonders danken möchte ich meinem Kollegen Johannes Huber vom LNT der Universität Erlangen und meinem Mitarbeiter, M.Sc. Michael Tüchler, für die Mitorganisation des Kurses und die Zusammenstellung des Tagungsbandes.

Partially funded by the Vigoni exchange program a joint workshop between the Institute for Communications Engineering and the Politecnico di Torino was held in Barolo, Italy, from November 3–6, 2002. Members of the LNT research staff met with other colleagues from Torino, Pisa, Trieste, and Paris to discuss hot topics in communications engineering. During the workshop, each participant had the chance of presenting his work in a short talk, followed by individual discussions in small groups during the afternoons. In addition, several tutorials on advanced coding and modulation techniques were given by well-known experts.

Im Rahmen des Vigoni-Austauschprogramms fand vom 3. bis zum 6. November 2002 ein gemeinsamer Workshop des Lehrstuhls für Nachrichtentechnik mit der Politecnico di Torino statt. Ein Teil der Mitarbeiter des LNT traf sich dazu mit befreundeten Wissenschaftlern aus Turin, Pisa, Triest und Paris in Barolo im Hinterland von Turin, um über aktuelle Forschungsergebnisse zu diskutieren. Jeder Teilnehmer hatte die Gelegenheit, im Rahmen eines kurzen Vortrags seine eigenen Arbeiten zu präsentieren, um am Nachmittag in Kleingruppen detailliert einzelne Punkte durchzusprechen. Zusätzlich gab es in jeder Vortragsreihe ein Tutorial zu neuartigen Methoden der Codierung und der Modulation, die von bekannten Experten auf dem jeweiligen Gebiet gehalten wurden.

## 9.7 Joint Conference on Communications and Coding 2002 Barolo, Italien, 3. bis 6. November 2002

Günther Liebl

*Opening Session:* (Leitung: Prof. E. Biglieri, Prof. J. Hagenauer)

*Session 1* (Leitung: Prof. G. Caire)

**Prof. Marco Luise** (Università di Pisa):

Tutorial: The Thrill of Iterative Waltzing *or* When Turbo Detection Makes Synchronization Spin Round

**Michael Tüchler** (LNT):

On APP Equalization with Partial Channel Knowledge

**Matthias Mörz** (LNT):

Analog Sliding-Window Decoding

**Andrew Schaefer** (LNT):

Analog Rotating Ring Decoder for an LDPC Convolutional Code

**Francesca Vatta** (Università di Trieste):

Design of Rate-Compatible Punctured Concatenated Convolutional Codes

*Session 2* (Leitung: Prof. J. Boutros)

**Prof. Jean-Claude Belfiore** (École Nationale Supérieure des Télécommunications, Paris):

Tutorial: Construction of Space-Time Codes

**Prof. Giorgio Taricco** (Politecnico di Torino):

Asymptotic Performance Analysis of Linear Interfaces for Space-Time Codes over MIMO Fading Channels



Im Tagungslokal, jeweils von links nach rechts: In der ersten Reihe Prof. Taricco, Prof. Caire, Prof. Luise, Prof. Belfiore, Prof. Boutros, Prof. Hagenauer. Im Hintergrund H. Jenkač, M. Tüchler, M. Mecking und S. Bairo

**Alessandro Nordio** (Politecnico di Torino):  
Coding for Multiple Antennas with Nonlinear Interfaces

*Session 3* (Leitung: Prof. M. Luise)

**Dr. Norbert Görtz** (LNT):  
Tutorial: Delay-Constraint Coding and Transmission of Continuous-Amplitude Sources

**Günther Liebl** (LNT):  
A Coding Approach for Congested Networks

**Hrvoje Jenkač** (LNT):  
Buffering Aspects for Variable Bitrate Video Streaming

**Prof. Joachim Hagenauer** (LNT):  
Banquet Speech: The Secret History of Cellphones

*Session 4* (Leitung: Prof. J. Belfiore)

**Prof. Ezio Biglieri** (Politecnico di Torino):  
Tutorial: How Far Away is Infinity? Using Asymptotic Analyses in Multiple-Antenna Capacity Calculations

**Stephan Bäro** (LNT):  
Iterative Reception of MIMO Signals Using a List-Sequential APP Detector

**Emanuele Viterbo** (Politecnico di Torino):  
Permutation Modulation for Fading Channels

**Frank Schreckenbach** (LNT):  
Design of Bit-Interleaved Coded Modulation with Iterative Decoding

*Session 5* (Leitung: Prof. J. Hagenauer)

**Prof. Giuseppe Caire** (EURECOM Sophia Antipolis, France):  
Tutorial: Statistical Physics and the Analysis of Exact Belief-Propagation Decoding of CDMA

**Prof. Joseph Jean Boutros** (École Nationale Supérieure des Télécommunications, Paris):  
Soft Output Decoding of Finite Lattice Constellations and its Application to Multiple Access and Multiple Antenna Systems

**Michael Mecking** (LNT):  
Multiple-Access with Partial Transmitter Channel State Information

**Johannes Zangl** (LNT):  
Interference Estimation in Randomly Distributed Systems with Medium Access Control

*Session 6* (Leitung: Prof. E. Biglieri)

**Dr. Klaus Eichin, Dr. Günter Söder** (LNT):  
Tutorial: E-Learning for Communications Engineering – a Tutorial in the World Wide Web (LNTwww)

# 9

## Veranstaltungen

### 9.8 Tag der offenen Tür im Rahmen von „TUM live“ 23. November 2002

Günther Liebl

In a further presentation Dr. Günther Söder showed the web-based tutorial *LNTwww* (see also Chapter 6) and other software that is used at our institute to visualize the complex material taught in lectures, tutorials, and lab courses.

On November 23, 2002, the Institute for Communications Engineering participated in the university open house tour program by offering several presentations. The demonstration on *Wireless Video Transmission* had been prepared by Thomas Stockhammer, Hrvoje Jenkač, Peter Strasser, and Günther Liebl (all members of the LNT research staff), together with their students Daniel Pfeifer and Florian Reif.

Via real-time simulations the expected quality of MPEG-4 encoded video sequences when transmitted over a cellular link to a mobile terminal was shown to the audience, which mainly consisted of TUM alumni and interested relatives of students.

At the end of the presentation visitors had the chance of adjusting various parameters of the transmission system themselves to get a feeling of how these changes influence the achievable subjective quality of the application.

Unter dem Motto „TUM live – Wissen verbindet“ fand am 23.11.2002 der Tag der offenen Tür an der TU München statt, gleichzeitig in München, Garching und Weihenstephan. Der Lehrstuhl für Nachrichtentechnik beteiligte sich an dem vielfältigen Veranstaltungsprogramm mit mehreren Vorführungen zum Thema *Videoübertragung über Mobilfunk* oder *Wie kommt das Video auf mein Handy?*. Verantwortlich für diesen Programmpunkt zeichneten die LNT-Mitarbeiter Thomas Stockhammer, Hrvoje Jenkač, Peter Strasser und Günther Liebl, zusammen mit den beiden Studenten Daniel Pfeifer und Florian Reif.

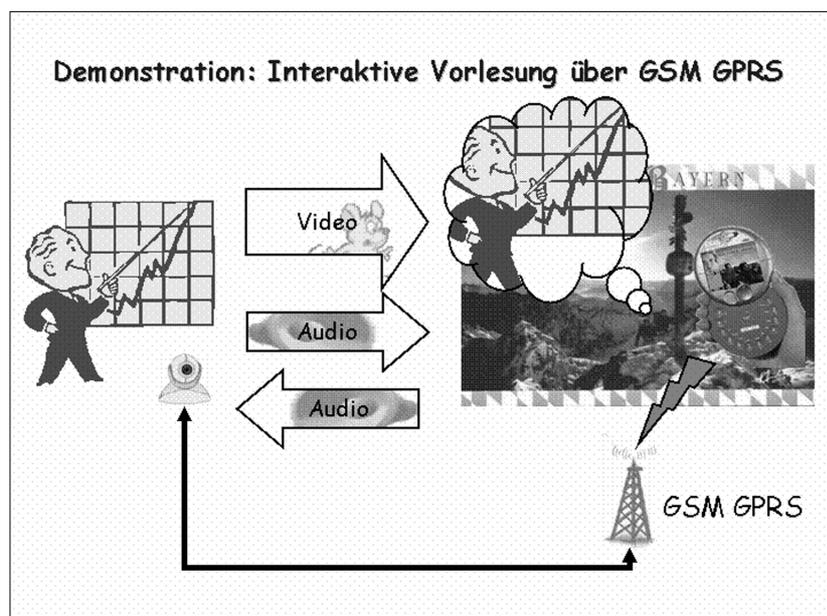
Den zahlreichen Besuchern, die sich vorwiegend aus ehemaligen Absolventen der TUM sowie interessierten Familienangehörigen von Studenten zusammensetzten, wurden mittels einer Echtzeit-Simulation die zu erwartende Empfangsqualität bei



#### Offizielles Programm zum Alumni-Forum

Übertragung von Videosequenzen über zukünftige Mobilfunknetzwerke demonstriert und Maßnahmen zur Verbesserung vorgestellt. Zu diesem Zweck wurde das von einer Kamera aufgenommene analoge Videobild nach dem Standard MPEG-4 digital codiert und anschließend über einen Netzwerksimulator, der ein Modell für die äußerst störanfällige Mobilfunkverbindung enthielt, zu einem mobilen Empfangsterminal übertragen. Die Besucher konnten im Anschluss an die Vorführung durch Verändern diverser Eigenschaften des Übertragungskanal bzw. der Encodierstrategie selbst ausprobieren, welchen Einfluss diese Parameter auf die erzielbare subjektive Empfangsqualität haben.

In einem weiteren Programmpunkt führte Dr. Günther Söder das Lerntutorial *LNTwww* (siehe Kapitel 6) und weitere Grafikprogramme vor, die am Lehrstuhl für Nachrichtentechnik in Vorlesungen, Übungen und Praktika eingesetzt werden.



Primärer Datenfluss im demonstrierten Übertragungssystem

# 10

## Internationale Beziehungen

### 10.1 Austauschprogramme

Klaus Eichin

In the following we present projects concerning cooperations with foreign universities. In Chapter 10.2 you find details about the double-degree program with the *École Nationale Supérieure des Télécommunications de Bretagne*, France.

The EU-*SOKRATES* program offers student exchange between european universities. Our institute has close relations both to the *ENST de Bretagne*, France, and the *Politecnico di Torino*, Italy. We could welcome students from there but also from other EU universities.

*VIGONI* is a grant promoted by DAAD, Germany, and CRUI, Italy. The topic of the project with the *Università di Trieste* is *Turbo Decoding with Compatible Punctured Codes*. The program began in 2002 and will be finished at the end of 2003. Research results were presented at the JWCC in Barolo, Italy (see Chapter 9.7).

CDHK is a common project with *Tongji University of Shanghai*. Our institute was involved by giving lectures in Shanghai and placing Chinese students.

Nachfolgend werden Kooperationen zwischen dem LNT und unseren ausländischen Partneruniversitäten vorgestellt, so das *SOKRATES*-, das *VIGONI*-Programm und das *CDHK*-Projekt. Informationen zum Doppeldiplomabkommen mit der *Ecole Nationale Supérieure des Télé-*

*communications de Bretagne* in Brest, Frankreich, finden Sie in Kap.10.2.

#### *SOKRATES-Studentenaustausch*

Das EU-Programm *SOKRATES/ERASMUS* fördert u. a. den Studentenaustausch innerhalb der Europäischen Union. Der Lehrstuhl für Nachrichtentechnik pflegt darin enge Kontakte mit der *ENST de Bretagne* sowie dem *Politecnico di Torino*.

Im Berichtszeitraum wurde der Austausch intensiv genutzt, so fanden allein 15 Studierende von der *ENST de Bretagne* den Weg zu uns. Einige von ihnen konnten neben ihren Studien auch in die Forschungsarbeiten des Lehrstuhls eingebunden werden, z. B. durch Praktikantentätigkeit (*Arzel Matthieu*, 2002) oder Diplomarbeit (*Maël Thevenet*, 2001). Ihre Diplomarbeit führte *Tamara Sotgiu* vom *Politecnico di Torino* im Sommer 2002 bei uns aus. Im Gegenzug konnten wir fünf Studenten aus unserer Fakultät (*Ingo Dasch*, *Christian Siegel*, *Christoph Kellermann*, *Philippe Dupraz*, *Tassilo Meinel*) an unsere Partnerhochschulen entsenden.

Ebenfalls im Rahmen von *SOKRATES* haben fünf weitere Studierende ihre Diplomarbeiten bei uns ausgeführt, deren Hochschulen seit Jahren Kontakte mit anderen Lehrstühlen der Fakultät EI pflegen: *Fernando Ona*, *Maria J. A. Garrido*, *Mercedes Munoz* (alle *Universidad*

#### 10.1 Austauschprogramme

#### 10.2 Doppeldiplomabkommen mit der *ENST de Bretagne*

#### 10.3 Forschungsaufenthalte von Mitarbeitern

#### 10.4 Vorträge von Gästen

de Zaragoza), Agustin Díaz-Pinés Lopiz De Los Mozos (Universidad Politecnica de Madrid) sowie Martin Aymeric von der ENSIEG in Grenoble.

#### VIGONI-Programm

Das 2002 initiierte VIGONI-Programm hat das Ziel des projektbezogenen Wissenschaftler austauschs mit Italien, der auf deutscher Seite vom DAAD, auf italienischer Seite von der CRUI getragen und gefördert wird. Der Partner des Forschungsprojektes *Turbo-Decodierung mit kompatibel punktierten Codes für mobile Multimedia-Übertragung* ist das Dip. Elettrotecnica, Elettronica,

Informatica (DEEI), Università di Trieste, unter der Leitung von Prof. Fulvio Babich.

Im Jahr 2002 gab es Arbeitstreffen in Turin (Emanuele Viterbo/Klaus Eichin) und an unserem Lehrstuhl, an denen neben den Projektleitern in erster Linie Dr. Francesca Vatta, Thomas Stockhammer und Hrvoje Jenkač beteiligt waren. Ergebnisse aus dieser Kooperation wurden auf dem Joint Workshop on Coding and Communications in Barolo im November 2002 präsentiert (siehe Abschnitt 9.7).

#### Weitere Auslandskontakte

Weitere Kontakte für den Studentenaustausch gibt es mit Italien (Università di Bologna), Japan (Tokyo Institute of Technology), Hong Kong (University of Science and Technology) und Australien (University of Adelaide) sowie zu Firmen und Universitäten in

– *Frankreich*: Ecole Nationale Supérieure de Télécommunication (Paris) und Institut Eurécom (Sophia Antipolis),

– *Schweden*: Technische Hochschule Lund und Ericsson (Stockholm),

– *Schweiz*: IBM (Zürich) und Ecole Polytechnique Fédérale Lausanne,

– *USA*: Shannon Labs bei AT&T, Bell Labs bei Lucent Technology (beide New Jersey), Broadcom Corp. in Los Angeles, University of California San Diego, University of Illinois (Urbana-Champaign), University of Notre Dame (Indiana), Drexel University in Philadelphia, and Rensselaer Polytechnical Institute (Troy, N. Y.).

Die Resonanzen der Studierenden auf die Auslandsstudienaufenthalte waren eindeutig positiv und auch die Möglichkeiten, Erfahrungen und Wissen im kulturellen, sprachlichen Bereich zu erweitern, wurden als wertvolle Bereicherung angesehen. Der Kastenbeitrag von *Anne-Laure Chartier*, die im Sommersemester 2002 an unserem Lehrstuhl im Rahmen eines Projekts mit der Firma NTT DoCoMo ihre Diplomarbeit abgelegt hat, gibt einige persönliche Erfahrungen mit einem deutsch-französischem Doppeldiplom wieder. Dieser Beitrag ist im Heft 1-02/03 der TUM-Mitteilungen erschienen.

Sie gehört ebenso wie unser Diplomand *Xavier Boniface* zu den 28 Franzosen, die seit 1994 ebenso wie 14 Deutsche im Rahmen des TIME-Doppeldiplomprogramms zwischen der *Ecole Centrale de Lillie* und der *Technischen Universität München* studiert haben, um eine bikulturelle deutsch-französische Ingenieurausbildung zu erhalten. Das Programm wird an der TUM von Prof. G. Schmidt, Ordinarius für Steuerungs- und Regelungstechnik, betreut.

#### Chinesisch-deutscher Doppelmaster

Im Jahr 1998 wurde das Chinesisch-Deutsche Hochschulkolleg (CDHK) als gemeinsames Kooperationsprojekt der Tongji-Universität Schanghai und des Deutschen Akademischen Austauschdienstes (DAAD) gegründet. In dreijährigen Magisterstudiengängen erhalten chinesische Studierende mit Bachelorabschluss dort in den Fächern Elektrotechnik, Maschinenwesen und Wirtschafts-

### Die berufliche Zukunft europäisch gestalten

#### Anne-Laure Chartier

Ein anderes Ausbildungssystem erleben zu können und dessen Diplom zu bekommen, war für mich insofern besonders interessant, als ich meine berufliche Zukunft von Anfang an europäisch gestalten wollte. Deutsch hatte ich als zweite Fremdsprache in der Schule gelernt, und die deutsche Kultur hatte mich immer sehr interessiert. Mit einem deutschen Diplom wollte ich eine Qualifikation erwerben, die seltener und umfangreicher ist als ein Masterprogramm in einem englischsprachigen Land – und deswegen auch von Firmen begehrt ist.

Die Entscheidung für mein Doppeldiplomstudium habe ich kein einziges Mal bereut. Ich habe erlebt, dass in Deutschland beim Studium und im Leben allgemein vieles anders läuft als in Frankreich, was aber nicht heißen soll, dass es in dem einen Land unbedingt besser oder

schlechter als in dem anderen ist. Zum Beispiel habe ich in Deutschland eine Spezialisierung in Elektrotechnik erworben, die die allgemeinere Ingenieurausbildung der ersten zwei Jahre des Studiums an der Ecole Centrale de Lillie besonders sinnvoll ergänzt. Neben dem eher verschulerten System der französischen Ingenieurhochschulen konnte ich das deutsche Unisystem erleben, das den Studierenden mehr Selbstverantwortung abverlangt, und ich konnte über die Vor- und Nachteile beider Systeme nachdenken.

Deutsch konnte ich nach sechs Monaten in München fließend und fast akzentfrei, und ich lerne immer noch jeden Tag besser die deutsche Kultur kennen. Durch meine außeruniversitären Aktivitäten (Chorgesang, Orchester, Wandern) habe ich mich außerdem sehr gut ins Münchner Studentenleben integriert, so dass ich nun hier meinen Berufseinstieg plane – weil mir das Leben in München einfach so viel Spaß macht, und weil ich es faszinierend finde, bikulturell zu arbeiten.

wissenschaften eine deutschlandbezogene Ausbildung.

Nicht nur Deutschunterricht, auch Blockvorlesungen deutscher Professoren, Praktikums- und Studienaufenthalte in Deutschland und ein an deutschen Mustern orientiertes Curriculum geben dem Studium am CDHK die besondere Note.

Ziel ist die Ausbildung hochqualifizierter Nachwuchskräfte für die chinesisch-deutsche Wirtschaft. Die TUM hat den Aufbau der Abteilung Elektrotechnik am CDHK mit den Fachrichtungen Automatisierungstechnik und Informationstechnik von Anfang an begleitet, insbesondere durch die Arbeit des für die Elektrotechnik zuständigen Fachkoordinators, Prof. Schrüfer, emeritierter Ordinarius für Elektrische Messtechnik der TUM. Mit großem

Engagement hat er zusammen mit den Fachkollegen in Schanghai an der Angleichung der Studienpläne zwischen CDHK und TUM gearbeitet. Um die Einführung des Doppelabschlusses und den Aufenthalt der Studenten zu unterstützen, hat der DAAD mit Mitteln des Auswärtigen Amtes für den ersten Jahrgang der Doppelmasterstudenten Stipendien bereitgestellt.

Erstmals haben im Juli 2002 elf Studierende des CDHK – darunter unser Diplomand *Xu Tongmin* – nicht nur ihren Masterabschluss der Schanghai-er Tongji-Universität erworben, sondern zugleich den Mastergrad der TU München für das Fach *Electrical Engineering* erhalten. Zehn weitere Studenten CDHK – darunter die LNT-Diplomanden *Chen Xiaoming* und *Zhang Liwen* – haben

während eines siebenmonatigen Aufenthalts mit Hilfe TUM-vermittelter Industriestipendien ihre Masterarbeiten durchgeführt.

Der Lehrstuhl für Nachrichtentechnik ist in dieses Doppeldiplomprogramm in so weit involviert, dass Prof. Hagenauer bzw. Dr. Bauer seit 1999 jährlich im Frühjahr die Vorlesung *Digitaler Mobilfunk* an der Tongji-Universität abhielten.



## 10.2 Doppeldiplomabkommen mit der ENST de Bretagne

### Klaus Eichin

La faculté d'Électrotechnique et d'Informationstechnik de la Technische Universität München (TUM) et l'École Nationale Supérieure des Télécommunications de Bretagne (ENST de Bretagne) proposent aux étudiants français et allemands d'obtenir un double diplôme en onze semestres.

Ce cursus existe depuis 1998. En 2002, une version tenant compte des nouveaux programmes curriculaires a vu le jour. Grâce à une bonne adéquation entre les formations de l'École Nationale Supérieure des Télécommunications de Bretagne et de la Technische Universität München, les participants peuvent suivre des cours de spécialisation dans l'établissement partenaire et la durée d'études supplémentaire est ainsi ramenée à trois semestres.

Le déroulement du double diplôme est illustré sur le schéma ci-après. Actuellement, cinq étudiants et étudiantes français se trouvent à Munich. La faculté d'Électrotechnique et Informationstechnik enverra son premier candidat au double diplôme à ENST de Bretagne à l'automne 2003.

Die Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik der Technischen Universität München und die *École*

*Nationale Supérieure des Télécommunications* (ENST) de Bretagne bieten qualifizierten deutschen und

#### Die ENST de Bretagne

Die *École Nationale Supérieure des Télécommunications de Bretagne* wurde 1977 gegründet und gehört als *Grande École des Ingénieurs* zu den französischen Elitehochschulen, die hochqualifizierte Ingenieure auf den Gebieten der Informatik, Elektronik sowie der Telekommunikations- und der Informationstechnik ausbildet.

Die ENST de Bretagne hat etwa 850 Studierende; davon sind ca. 25% ausländische Studenten. Der weitläufige und äußerst schöne Campus der Universität, der ca. 10 km westlich der Stadt Brest direkt am Atlantik liegt, umfasst neben den modernen Forschungs- und Lehrinrichtungen auch die Wohnheime für die Studierenden sowie vielfältige Freizeit- und Sportanlagen. Die Hochschule liegt innerhalb der *Technopôle Brest-Iroise*: Darin haben sich 80 Unternehmen sowie sieben weitere Hochschulen mit etwa 50 Forschungslabors niedergelassen.

Entsprechend dem französischen Hochschulsystem absolvieren die Studenten nach einem zweijährigen Grundstudium, den *Classes Préparatoires*, nur das Hauptstudium an der Hochschule mit sehr enger Spezialisierung im zweiten und vor allem im dritten Hauptstudienjahr. Die Regelstudienzeit beträgt 3 Jahre. Pro Jahrgang schließen etwa 200 Diplomanden und 20 Doktoranden ihre Hochschulausbildung ab.

Nach Abschluss des Studiums stehen den jungen Ingenieuren ausgezeichnete Positionen in Industrie und Forschung offen. Um den Einstieg ihrer Studenten in die Arbeitswelt zu sichern, unterhalten die Hochschule und ihre Forschungslabore enge Beziehungen zur Industrie – in erster Linie im Rahmen von Berufspraktika und spezifischen Partnerschaften mit vielen französischen und europäischen Hochschulen bzw. Unternehmen.

Weitere Informationen finden Sie unter <http://www.enst-bretagne.fr>.

# 10

## Internationale Beziehungen



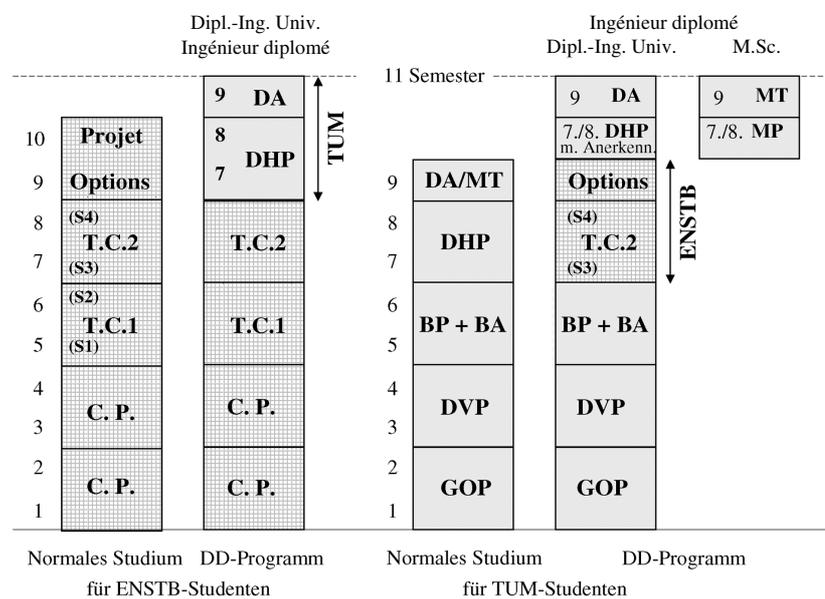
Die ENST de Bretagne an der Rade von Brest

französischen Studentinnen und Studenten die Möglichkeit, innerhalb von elf Semestern gleichzeitig den Studienabschluss der Technischen Universität München (Diplom-Ingenieur Univ.) und das französische Äquivalent (Diplôme d'Ingénieur de l'École Nationale des Télécommunications de Bretagne) zu erlangen.

Dieses Programm bietet die Vorteile der Kombination eines vertieften Studiums der Informationstechnik bzw. der Elektronik an zwei High-Ranking-Hochschulen. Verbunden damit ist eine berufliche sowie persönliche Qualifizierung aufgrund der zweiseitigen kulturellen und wissenschaftlichen Ausbildung.

Das Doppeldiplom-Programm mit der ENST de Bretagne besteht seit 1998 und wurde im Jahr 2002 in einer Neuauflage an die aktuellen Studienpläne der beiden Hochschulen angepasst. Das Doppeldiplom-Abkommen sieht für einen deutschen Teilnehmer vor, dass er zunächst bis einschließlich des dritten Studienjahrs an der TUM studiert (in den Studienrichtungen B oder C). Wie in der rechten Säule der nebenstehenden Grafik schematisch dargestellt ist, wechselt er nach erfolgreich abgelegter Bachelorprüfung (BP) und Bachelorarbeit (BA) für drei Semester – die Fachsemester 7 bis 9 – an die ENST de Bretagne.

Aufgrund ausreichender Äquivalenzen in den Curricula der ENST de Bretagne und der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik der TU München in den Studienrichtungen B bzw. C belegt der deutsche Teilnehmer in Brest fortgeschrittene Lehrveranstaltungen des zweiten Studienjahrs (S3 und S4 des so genannten *Tronc Commun 2*) und des dritten Studienjahrs (*Opti-*



Zeitplan des Doppeldiploms für Studierende der ENST und der TUM

ons), bevor er nach seiner Rückkehr nach München im 10. Fachsemester die noch ausstehenden Vorlesungen und Prüfungen ableistet.

Die französischen Teilnehmer am Doppeldiplomprogramm können in ihrem dritten Hauptstudienjahr an aus den TUM-Veranstaltungen von zwei Schwerpunktmodulen des 7. und 8. Fachsemesters auswählen.

Bereits eingebrachte, äquivalente Prüfungsleistungen werden in bestimmtem Umfang von der jeweiligen Partnerhochschule anerkannt.

Der Doppeldiplomstudiengang wird mit der Diplomarbeit an einem Lehrstuhl der TU München oder in einer (industriellen) Forschungseinrichtung mit einer meist gemeinsa-

men deutsch/französischen Betreuung abgeschlossen.

Gegenüber der Regelstudienzeit der Elektrotechnik und Informationstechnik an der TUM (10 Semester) ergibt sich dadurch eine Verlängerung der Studiendauer um lediglich ein halbes Jahr. Gleiches gilt für die französischen Studenten.

Derzeit nehmen an dem Austauschprogramm fünf französische Studentinnen bzw. Studenten teil, von der TUM können wir einen ersten Doppeldiplomkandidaten im Herbst 2003 nach Brest entsenden.

Der Vertragstext kann im WWW eingesehen werden (<http://www.Int.ei.tum.de/mainframe/data/lehre/tb-dd2002.pdf>).

## 10.3 Forschungsaufenthalte von Angehörigen des LNT

João Barros, Michael Mecking, Andrew Schaefer und Michael Tüchler

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 École Polytechnique Fédérale de Lausanne (M. Mecking), the IBM Research Lab in Rüschlikon, Switzerland, the University of Illinois at Urbana-Champaign (M. Tüchler), the Cornell University in Ithaca, NY (J. Barros), the University of Notre Dame and the Bell Labs at Lucent Techn., New Jersey (A. Schaefer).

Prof. Hagenauer absolvierte in den beiden vergangenen Jahren eine Vielzahl von Auslandsreisen, u. a. bedingt durch die Präsidentschaft der Information Theory Society des IEEE im Jahr 2001 sowie durch sein Sabbatsemester im Sommer 2001. Er besuchte z. B. Universitäten und Forschungseinrichtungen in Florenz, Lausanne, Zürich und Wien. Im

nichteuropäischen Ausland war er zudem in Australien, China, Kanada, dem Libanon, Mexiko und den USA.

Im zurückliegenden Berichtszeitraum waren wieder einige Mitarbeiter des LNT zu einem längeren Forschungsaufenthalt im Ausland.

– Michael Mecking arbeitete vom 01.04. bis 31.07.2001 an der École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) im Laboratoire de Communications Mobiles (Département d'Informatique et Communications).

– Michael Tüchler besuchte in der Zeit vom 01.09. bis 30.11.2001 das IBM-Forschungszentrum in Zürich. Der University of Illinois at Urbana-Champaign stattete er vom 23.01. bis zum 27.02.2003 einen Besuch ab.

– João Barros besuchte in der Zeit vom 01.06. bis zum 30.09.2002 – unterstützt durch die Fulbright Commission – die Professoren

Sergio Servetto und Toby Berger an der School of Electrical and Computer Engineering, die der Cornell University in Ithaca, New York, angeschlossen ist. Vom 07.02. bis zum 30.03.2003 wiederholte er diesen Besuch.

– Andrew Schaefer war in der Zeit vom 17.08. bis 08.09.2002 Gast an der University of Notre Dame in Indiana. Im Anschluss daran arbeitete er bis zum 28.09.2002 in den Bell Labs bei Lucent Technologies, New Jersey, USA.

Im Folgenden finden Sie vier eher persönliche denn fachliche Reiseberichte über die Forschungsaufenthalte der LNT-Mitarbeiter.

# 10

Internationale  
Beziehungen

### Ein Sommer in Cornell – ein Bericht von João Barros

Following an invitation by Prof. Sergio Servetto and a scholarship from the Fulbright Commission, I took Prof. Hagenauers generous offer of a partial leave of absence to conduct research in the United States.

Set in the beautiful landscape of Upstate New York, Cornell University provides its scientists and students with magnificent facilities and a myriad of opportunities to develop their every skill. I encountered a scientific culture, in which communication between colleagues is held in high esteem, thus leading to a very creative environment. In particular, I am grateful to Prof. Servetto and Prof. Berger for helping me deepen my knowledge on network information theory.

The memories of a wonderful summer at Cornell, also shared by my wife, as well as the friendship we were offered, has rendered us very fond of the United States and its people.

Mit großer Freude nahm ich das Angebot von Prof. Hagenauer an, zu einem mehrmonatigen Forschungsaufenthalt in die USA zu reisen. Eine Einladung von Prof. Sergio Servetto, mit dem ich seit einigen Jahren regelmässig sowohl wissenschaftlichen als auch persönlichen Kontakt habe, und ein Stipendium der amerikanischen Fulbright Commission machten dieses Vorhaben zum einen fachlich interessant, zum anderen finanziell auch möglich.

Erfreulicherweise konnte mich in den ersten drei Monaten meine Frau begleiten, und so kamen wir Anfang Juni 2002 gemeinsam in der kleinen Stadt Ithaca im *Upstate New York* an, wo sich die zur *Ivy League* gehörende Cornell University befindet.

In den USA wird stets versucht, universitäre und politische Einrichtungen so fern wie möglich von der Unruhe der Großstädte zu halten. Dies trifft auch auf den idyllischen Campus der Cornell University zu.

An der Südspitze des Cayuga Sees liegend, umgeben vom dichten Laubwald des Upstate New Yorks, imponiert er mit prächtigen Hochschulgebäuden, deren neogotische Architektur sehr stark an Cambridge und Oxford erinnern. Großzügige Garten- und Sportanlagen ergänzen das äußere Bild einer Institution, die ihren Angehörigen eine Fülle von Entfaltungsmöglichkeiten anbietet.

Dies wird zum Teil durch hohe Studiengebühren (27000 USD im Jahr für ein *Undergraduate Degree*), andererseits aber auch durch ebenso hohe Spenden von ehemaligen Studierenden, staatliche Zuschüsse und Forschungsaufträge von der Industrie und dem Militär finanziert.

Da die Autofahrt nach New York City ca. 4 Stunden dauert, sind die Studenten gezwungen, das kulturelle Leben in Ithaca selber zu gestalten, und dies tun sehr viele mit großem Engagement. Überhaupt erschienen mir die Studenten sehr aktiv. So ist

*Volunteering* – also ehrenamtliche Tätigkeit – hoch angesehen, eine

Gewohnheit, die sich oft auch im späteren Berufsleben fortsetzt.

Ich war tief beeindruckt von der Leidenschaft und Ernsthaftigkeit, mit der Professoren und Doktoranden den Forschungsaufgaben nachgehen. Der wissenschaftlichen Diskussion wird große Bedeutung beigemessen. So konnte ich mit Prof. Servetto und Prof. Berger mehrfach über meine informationstheoretischen Lösungsansätze sprechen und in kurzer Zeit sehr viel lernen. Die Begegnung mit

der wissenschaftlichen Kultur an einer amerikanischen Universität mit höchstem Anspruch hat meinen Horizont entscheidend erweitert, eine Erfahrung, die auch meine Frau als Chemieingenieurin am Umweltzentrum von Cornell machen konnte.

Die Erinnerungen an einen wunderbaren Sommer in Cornell und unsere neuen Freunde tragen dazu bei, dass wir eine große Zuneigung zu den Vereinigten Staaten und den Menschen dort empfinden.

## Team play, best play – Michael Mecking über das Forschen an der EPFL

Being offered the chance to visit and do research under the supervision of Bixio Rimoldi at the EPFL, I did not hesitate and departed in spring 2001 for Lausanne. Life at EPFL can be shortly characterised with the motto "Team play, best play!" A nice setting in a library of the Communications Department is the central meeting point to discuss research problems with other assistants or professors, and I spent most of my time there. Apart from research, I enjoyed the sports facilities of EPFL right next to the campus and played tennis and football with colleagues. After four months I returned to Munich knowing that Lausanne definitely is worth a visit!

Als ich Professor Bixio Rimoldi von der École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) während der ISIT-Konferenz im Sommer 2000 traf, machte er mir den Vorschlag, einige Zeit bei ihm am Lehrstuhl zu verbringen. Ich musste nicht lange überlegen, und im Frühjahr 2001 brach ich für vier Monate auf gen Lausanne. Von Seiten der EPFL war alles perfekt organisiert. Ich bezog

ein Zimmer in einem Studentenapartment direkt am Campus, Blick auf Mont Blanc und auf die Berge von den Evian-Mineralwasserflaschen inklusive.

An der EPFL konnte ich mich in einem Büro an Bixios Laboratoire de Communications Mobiles (LCM) breit machen. Als zentrale Anlaufstelle aller am Lehrstuhl Beschäftigten diente die von Emre Telatar und Rüdiger Urbanke, zwei weiteren EPFL-Professoren und Größen auf dem Gebiet der Informationstheorie, eingerichtete Bibliothek mit großer Sitzecke und Espressomaschine. Hier traf man sich, diskutierte miteinander, stellte eigene Probleme vor, lauschte bei Problemstellungen anderer oder schnappte sich einfach ein Buch und stöberte bei einem Kaffee darin. Schlichtweg, ein idealer Ort, um die Forschung voran zu treiben gemäß dem Motto „Team play, best play!“. In der Koffeinkonsumstatistik war ich schon bald auf einem Spitzenplatz zu finden.

Der Campus der EPFL liegt etwas außerhalb von Lausanne am Ufer des Genfer Sees. Direkt daneben befindet sich das großzügige Hoch-

schulsportgelände, und ich machte regen Gebrauch von den dortigen Tennisplätzen. Insbesondere mit dem LCM-Assistenten Ninoslav Marina verstand ich mich blendend und spielte in seiner Fußballmannschaft um die Hochschulmeisterschaft. Es reichte trotz meines Mitwirkens dennoch zur Vizemeisterschaft!

Bemerkenswert ist, dass in dieser Mannschaft lediglich eine Nationalität (Italien) doppelt vertreten war. Das Spielmotto der Mannschaft, festgehalten im Wappen, ist übrigens „Team play, best play!“. Und dies gilt auch für die Forschung.

Es lohnt sich auch, mit kleinen Ausflügen die Umgebung von Lausanne zu erkunden. Genf, Montreux und Gstaad sind nur einen Katzensprung entfernt, und das Rhonetal, der Jura oder Zermatt bequem zu erreichen. Aber auch Lausanne selbst hat mit dem Sitz des IOC Herausragendes zu bieten.

Bei meiner Rückkehr nach München pünktlich zum 60. Geburtstag von Prof. Hagenauer konnte ich daher berichten: „Lausanne ist auf jeden Fall einen Forschungsaufenthalt wert!“

## Andrew Schaefer's Report on Research Visit in the United States

After meeting with Prof. Costello during his research stay in Munich, I received an invitation to visit his Institute at the University of Notre Dame in Indiana. I decided to couple this visit with a visit to Bell Labs in New Jersey (where our Institute has

a project) and a holiday in New York. In total, I was away for seven weeks in August/September 2002.

Notre Dame is a private Catholic University in the town of South Bend which is about one and a half hours drive East of Chicago. The town has

a population of 200 000. The university has 12 000 students (the majority living on campus), and is one of the few universities with a Catholic priest still as President and also has the 5<sup>th</sup> most generous Alumni out of all universities in the United States.

My first impression of Notre Dame was the campus and its facilities. There is a football stadium for 85 000, a stadium for basketball and ice hockey, two golf courses and much more (beach volleyball, table tennis and tennis). This alone contributes to a great researching environment because it is possible e.g. to play soccer every second day at lunch to distract the mind from work. Several participants were German Professors – and also an Australian Professor from Melbourne.

The students, under the motto of *The Fighting Irish* are (according to local sources) some of the most patriotic in the US. Over time, the University has managed to be able to instill pride and a sense of belonging into the students. The most noticeable expression of the patriotism is in the support of the football team. At the game on my last weekend, one corner of the stadium was filled with students all (literally *all*) wearing the green uniform and singing the University songs. It was also an experience to be at the beginning of year church service where at the

end, all the students went arm in arm singing the University Hymn.

I also had the privilege of seeing the *club night* where the various clubs present themselves and look for new members. There was everything from debating clubs, various sports clubs, community support clubs (e. g. big brother projects) and many more (including the club for girls with good behinds, which upon closer inspection of the poster was actually a pop-singing club). This was also quite refreshing to see.

The next part of my journey was a three week stay in Bell Labs in New Jersey in which I mostly corresponded with Stephan ten Brink. Although the social and sporting possibilities weren't as abundant, the quiet environment made for effective researching.

With Lucent being in financial trouble, a lot of the workers were under threat of losing their jobs and from that point of view the atmosphere was a little suppressed and was also noticeable in some people; it was also a topic of conversation at lunch for example.

Weekdays were spent researching and jogging on the beach with view to Manhattan with good weather. One weekend was spent in New York while during the other, I drove with João Barros to Cornell in Upstate New York. Due to the difference in latitude it was almost like driving from Summer to Autumn.

After finishing up at Bell Labs, I took a holiday to New York and did some sight-seeing. One week later I was back in Munich, charged up for work with lots of new ideas and with many pleasant experiences behind me. I can recommend to anyone considering a visit to another country that they should take the chance when they can.

## Michael Tüchler über seinen Forschungsaufenthalt bei IBM in Rüschlikon

In fall 2003 I spent 3 months at the IBM Research Lab in Rüschlikon, Switzerland, together with the group of Evangelos Eleftheriou. There I worked at our joint research project on improved channel coding techniques for magnetic recording. It was the academic environment at this lab and the beautiful vicinity including the city of Zurich, which left a permanent positive impression.

Ich verbrachte den Herbst 2001 im Zuge eines gemeinsamen Forschungsprojektes zur Effizienzsteigerung von Kanalcodierverfahren in der magnetischen Aufzeichnung am IBM-Forschungslabor Zürich, genauer gesagt in Rüschlikon.

Betreut wurde ich bei IBM von der Forschungsgruppe um Evangelos Eleftheriou, der gleichzeitig unser Projektansprechpartner ist. Das Forschungslabor ist auf einem Hügel in Rüschlikon gelegen, 10 km entfernt

von Zürich und mit Blick auf den Zürichsee. Es ist innerhalb von IBM – aber auch weltweit – sehr angesehen, vor allem durch seine zwei Nobelpreisträger, die es hervorgebracht hat. Beispielsweise ist es eines der fruchtbarsten Brutstätten der Nanotechnologie, welche einen enormen Innovationsschub durch das 1981 von Gerd Binnig und Heinrich Rohrer erfundene Rastertunnelmikroskop (*Scanning Tunneling Microscope*, STM) erfahren hat. Diese hat seinen Schöpfern 1986 den Nobelpreis eingebracht.

Der größte Teil des Forschungspersonals, ca. 300 Leute, sind promoviert und beschäftigen sich mit eher akademischen Themen, das heißt, die meisten Ergebnisse werden in Fachjournalen und auf Fachkonferenzen vorgetragen und sind weniger direkte Produktimplementierungen bzw. Entwicklungsarbeiten. Das und der regelmäßige Kontakt

mit namhaften Universitäten und Professoren erklärt das hohe Ansehen des Labors speziell im universitären Bereich.

Diese für ein Unternehmen eher seltene Labororganisation hat mich natürlich sehr angenehm überrascht und meine Arbeit während des Aufenthalts beflügelt. Einen sehr positiven Eindruck hat bei mir auch die Schweiz selbst hinterlassen, z. B. die wunderschöne Umgebung und die kulturellen Angebote der nahen Stadt Zürich. Nicht zu vergessen sind die in Deutschland oft zu Unrecht als engstirnig und konservativ dargestellten Schweizer, die immer gastfreundlich und tolerant waren und großes Interesse für Politik und und die Landesgeschäfte zeigen (Basisdemokratie). Von der im Vergleich zu Deutschland viel weniger ausgeprägten Staatshörigkeit und dem sehr guten Essen können wir uns eine große Scheibe abschneiden.

Nebenstehend sind diejenigen Vorträge von Besuchern des Lehrstuhls für Nachrichtentechnik zusammengestellt, die nicht im Rahmen der in 3.4 bis 3.6 aufgeführten Seminare oder bei einer der in Kap. 9 dargestellten Veranstaltungen gehalten wurden.

Weitere internationale Gäste am Lehrstuhl waren:

- eine Delegation der NTT DoCoMo Euro-Labs: Dr. K. Satoh (President and Managing Director), Dr. H. Berndt (Executive Director), N. Matoba (Senior Researcher of Radio Research Lab.) am 21.05.2001,
- Dr. Mark Herro vom Department of Electronic and Electrical Engineering, University College Dublin, Irland am 27.01.2003.

## 10.4 Vorträge von Gästen

- 08.05.2001 Dr. Vladimir Balakirsky, St. Petersburg, Russland:  
 Block Codes for Asynchronous Data Transmission Designed from Binary Trees
- 26.10.2001 Prof. Dr. Daniel J. Costello, Dept. of Electrical Engineering, University of Notre Dame, Indiana, USA:  
 New Low Complexity Turbo-Like Codes
- 30.11.2001 Prof. Dr. Daniel J. Costello, Dept. of Electrical Engineering, University of Notre Dame, Indiana, USA:  
 A New Look at Quick-Look-In Convolutional Codes – On the Design of Low Density Parity Check Convolutional Codes (TBD)
- 14.12.2001 Prof. Dr. Daniel J. Costello, Dept. of Electrical Engineering, University of Notre Dame, Indiana, USA:  
 Some Reflections on the Design of Bandwidth Efficient Turbo Codes
- 18.12.2001 Dr. Stephan ten Brink, Bell Labs, Lucent Technologies, Holmdel, New Jersey, USA:  
 On Iterative Space Time Processing
- 02.05.2002 Prof. John G. Proakis, University of Berkeley, California, USA:  
 Iterative Equalization and Decoding
- 13.05.2002 Prof. Dr. Emanuele Viterbo, Dept. Elettronica, Politecnico di Torino, Italien:  
 The Sphere Decoding Algorithm
- 14.05.2002 Prof. Dr.-Ing. M. Bossert, Lehrstuhl für Informationstechnik, Universität Ulm:  
 On the Construction of Space-Time-Codes
- 27.06.2002 Dr. Maja Bystrom, Assistant Professor, ECE Department, Drexel University, USA:  
 Video and Channel Code Modeling for Robust Transmission
- 10.07.2002 Dr. Stephan ten Brink, Bell Labs, Lucent Technologies, Holmdel, New Jersey, USA:  
 Design of Low-Density Parity-Check Codes for Multi-Antenna Modulation and Detection
- 17.07.2002 Michael Lentmaier, University of Lund, Schweden:  
 Analytic Expression for the Exact Bit Error Probability of the (7, 5) Convolutional Code
- 17.07.2002 Dr. Jörn Thielecke, Ericsson Eurolab Deutschland GmbH, Nürnberg:  
 MIMO Transceiver Schemes. How to Divide and Conquer the Signal Space
- 05.08.2002 Prof. Dr. Victor Zyablov, Institute for Problems of Information Transmission, Russian Academy of Science, Moscow, Russland:  
 Bounds for Probability of Erroneous or Erasure Decoding in Some Spheres

- 12.08.2002 Prof. Steven W. McLaughlin, Associate Professor, School of Electrical and Computer Engineering at the Georgia Institute of Technology, USA:  
 Nonbinary Optical Data Storage
- 13.08.2002 Prof. Steven W. McLaughlin, Associate Professor, School of Electrical and Computer Engineering at the Georgia Institute of Technology, USA:  
 FEC and Signal Processing for Single- and Multimode Fiber Systems
- 05.09.2002 Prof. Tadashi Matsumoto, Oulu University, Finnland:  
 Iterative (Turbo) MIMO Equalization Techniques
- 15.10.2002 Dr.-Ing. Jörg Kliewer, Lehrstuhl für Netzwerk- und Systemtheorie, Christian-Albrechts-Universität Kiel:  
 Robuste Decodierung von Codes variabler Länge für korrelierte Quellen
- 21.10.2002 Dr. Vladimir Balakirsky, St. Petersburg, Russland:  
 Suboptimum Decoding Algorithm for Minimizing the Bit Error Probabilities for Binary Linear Block Codes and its Performance for Symmetric Memoryless Channels
- 06.11.2002 Dr.-Ing. Johannes Steurer, ARRI Cinetechnik GmbH, München:  
 Kino im Wandel: Digitale Filmtechnologien made bei ARRI (innerhalb des Kolloquiums IT)
- 17.12.2002 Ksenija Lakovic, University of California, Los Angeles (UCLA), USA:  
 Joint Source-Channel Coding with Reversible Variable Length Codes
- 22.01.2003 Dr.-Ing. Rupert Herzog, Siemens AG, Bereich ICN, München:  
 Signalverarbeitung in der EDGE/GSM-Basisstation von Siemens (innerhalb des Kolloquiums IT)
- 28.01.2003 M.Sc. Ulrich Schuster, University of Berkeley, California, USA (2 Vorträge):  
 1. Simulation and Analysis of a Low-Power Radio Link for Sensor Node  
 2. The PicoRadio Wireless Link
- 04.02.2003 Dipl.-Ing. Slawomir Stanczak, Lehrstuhl für Mobilkommunikation, TU Berlin:  
 Ressource Allocation, Sequence Design and Channel Estimation for UMTS
- 05.02.2003 Prof. Dr. Dr. Holger Boche, Heinrich-Hertz-Institut (HHI) für Nachrichtentechnik, Berlin GmbH, und Lehrstuhl für Mobilkommunikation TU Berlin (3 Vorträge):  
 1. Single User Optimality Range for Multiple Access Channel  
 2. Einfluss von Korrelation auf MIMO Systeme  
 3. Kooperative Sender- und Empfängersysteme (innerhalb des Kolloquiums IT)
- 07.02.2003 Dr.-Ing. Markus Breitbach, Siemens AG, Information & Communication Mobile, Bereich ICM, Ulm:  
 HSDPA and Streaming Services



# 11

## Sonstiges

### 11.1 Tätigkeit in der (Akademischen) Selbstverwaltung

#### João Barros:

- Mitglied im Fachbereichsrat der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik (abgekürzt EI) zur Vertretung der wissenschaftlichen Mitarbeiter (seit 2002)

#### Joachim Hagenauer:

- Betreuer der Studenten des Maximilianeums (seit 1993)
- Mitglied im Fachbereichsrat der Fakultät EI (seit 1995)
- Studiendekan der Fakultät EI (von 1997 bis 2002)
- „Program Director“ des Studiengangs MSCE der Fakultät EI (seit 1998)
- Vorsitzender und Mitglied in mehreren Berufungskommissionen der Fakultät EI

#### Gert Hauske:

- Mitglied im DHP-Ausschuss der Fakultät EI (seit 1972)
- Vorsitzender des BAFöG-Ausschusses der Fakultät EI (seit 1974)
- Mitglied im Fachbereichsrat der Fakultät EI (1991–1995 und seit 1999)
- Mitglied im Promotionsausschuss der Fakultät EI (seit 1995)
- Organisation der Schülerinformationstage der Fakultät EI am 02.02.2002 und am 14.02.2003
- Mitglied in mehreren Berufungskommissionen der Fakultät EI

#### Manfred Jürgens:

- Mitglied des Personalrats der Technischen Universität München zur Vertretung der Beamten (seit 2000)

#### Günter Söder und Klaus Eichin:

- Mitglieder im Arbeitskreis Multimedia der Technischen Universität München (seit 1998)

#### Melanie Witzke:

- Stellvertretende Frauenbeauftragte der Fakultät EI (seit 1999)

### 11.1 Tätigkeit in der (Akademischen) Selbstverwaltung

### 11.2 Tätigkeit in Gremien und wissenschaftlichen Vereinigungen

### 11.3 Die Bayerische Akademie der Wissenschaften

### 11.4 Neuerungen in der Infrastruktur

### 11.5 Feste – Feiern

## **11.2 Tätigkeit in Gremien und wissenschaftlichen Vereinigungen**

### **Joachim Hagenauer:**

- Fellow der *Information Theory (IT) Society* des IEEE seit Sept. 1993, seit 1996 im Board of Governors, im Jahr 2001 Präsident der IT-Society
- Mitglied der Kommission C der U.R.S.I. Committee of the Federal Republic of Germany, seit Nov. 1994
- Distinguished Lecturer of the *IEEE COMSOC Society*, seit 1996
- Guest Editor IEEE Journal on Special Areas in Communications (JSAC), 2001
- Mitglied im *Münchner Kreis*, einer internationalen Vereinigung für Kommunikationsforschung, seit 1994
- Koordinator und Vortragender der Lehrgangreihe *Digitale Kommunikation und Informationstechnik* der CCG-Oberpfaffenhofen
- Mitglied im Auswahlausschuss des *Deutschen Akademischen Austauschdienstes* (DAAD)
- Mitglied in den Preiskomitees des Vodafone-Innovationspreises
- Vorsitzender des Kuratoriums der Eduard-Rhein-Stiftung
- Mitglied in Programmkomitees verschiedener Tagungen
- Mitglied der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (siehe Kap. 11.3)
- Mitglied im Konvent „Technik“ der Deutschen Akademien der Wissenschaften

### **Gert Hauske:**

- Mitglied der Association for Research in Vision and Ophthalmology – ARVO, seit 1980
- Editor-in-Chief der Zeitschrift *Biological Cybernetics*, seit 1992

### **Günther Liebl und Thomas Stockhammer**

- Mitglieder in verschiedenen Standardisierungsgremien der ITU und ETSI

### **Günter Söder:**

- Verantwortlicher Redakteur der Zeitschrift *Informationstechnik + Technische Informatik (itti)*, seit 1995
- Mitglied des Fachrats Ingenieurwissenschaften der Virtuellen Hochschule Bayerns (vhb), seit 2001

## 11.3 Die Bayerische Akademie der Wissenschaften

Joachim Hagenauer

In 2002, Prof. Joachim Hagenauer was elected to the Bavarian Academy of Sciences and Humanities and thereby followed one of his predecessors, Professor Hans Piloty, who was accepted in 1948.

The Bavarian Academy of Sciences and Humanities (Bayerische Akademie der Wissenschaften) is located in the "Residenz" in Munich and, according to their own account, is one of the promoters of scientific research in Bavaria. While the foundation in 1759 marked the beginning of a modern organisation of science and controlled research in humanities and natural sciences for southern Germany, the Bavarian Academy of Sciences and Humanities nowadays asserts itself next to other research institutes. Its fundamental idea is to broaden the level of awareness of the elite by interdisciplinary and international cooperation and lay the basis for further research.

The Bavarian Academy of Sciences and Humanities is divided into two sections: the Class for Philosophy and History, and the Class for Mathematics and the Natural Sciences. The latter consists of chemists, physicists, mathematicians, astronomers, physicians, engineers, geologists, zoologists, and botanists. In regular plenary sessions the members present and discuss scientific results from their own but also from other research areas.

The number of regular members is limited to 45 in each class. Currently, six members of the Academy are engineers from various research areas. They collaborate with the other members in the Technological Forum ("Forum Technik") to discuss issues of common interest such as power supply, environmental protection, and electromagnetic emissions.

At the URL <http://www.badw.de> further information concerning the tasks and the mission of the Bavarian Academy of Sciences and Humanities can be found.

Professor Joachim Hagenauer wurde 2002 in die Bayerische Akademie der Wissenschaften gewählt, in die 1948 schon sein Vor-Vorgänger am Lehrstuhl für Nachrichtentechnik, Herr Professor Hans Piloty, aufgenommen wurde.

Die Bayerische Akademie der Wissenschaften hat ihren Sitz in der Münchner Residenz und ist nach eigenen Angaben einer der Katalysatoren wissenschaftlicher Forschung im Freistaat Bayern. Während ihre Gründung im Jahre 1759 einst für den oberdeutschen Raum den Beginn moderner Wissenschaftsorganisation und planvoll gesteuerter geistes- und naturwissenschaftlicher Forschungen markierte, behauptet sich die Bayerische Akademie der Wissenschaften heute neben vielen anderen Forschungseinrichtungen. Ihrem Grundgedanken, durch eine interdisziplinäre und internationale Zusammenarbeit der jeweils Besten ihres Faches den Kenntnisstand zu erweitern und eine Grundlage für weitere Forschungen zu schaffen, ist sie über all die Jahre treu geblieben.



Das Logo der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

Die Bayerische Akademie der Wissenschaften gliedert sich in zwei Abteilungen: in die philosophisch-historische und die mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse. Die Erstere vereint – wie ihr Name schon sagt – Philosophen und Historiker aller Richtungen, aber auch Philologen, Kultur- und Sprachwissenschaftler, Theologen, Nationalöko-

nomen, Juristen, Psychologen und Soziologen, während die mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse Mathematiker, Physiker, Chemiker, Astronomen, Ingenieur- und Geowissenschaftler, Zoologen, Botaniker und Mediziner umfasst.

In den regelmäßig stattfindenden Klassen- und Plenarsitzungen werden eigene, aber auch fremde Forschungsergebnisse vorgetragen und diskutiert sowie Manuskripte zur Publikation in den Schriftenreihen der Klassen, den Sitzungsberichten und den Abhandlungen, vorgelegt.

Die Zahl der ordentlichen Mitglieder ist in jeder Klasse auf 45 beschränkt. Ingenieure verschiedener Fachrichtungen sind derzeit mit sechs Akademiemitgliedern vertreten. Sie arbeiten im *Forum Technik* zusammen, um Fragen von allgemeinem Interesse – wie etwa Energieversorgung, Umweltschutz und Elektrosmog – zu behandeln.

Die Akademie betreibt u. a. das Leibniz-Rechenzentrum (LRZ) in München, an dem über 100 Mitarbeiter beschäftigt sind. Dieses ist das zentrale Rechenzentrum der beiden Münchner Universitäten und die Akademie, es bedient aber auch die Fachhochschulen in München und Rosenheim und deckt gleichzeitig den Spitzenbedarf aller bayerischen Hochschulen ab.

Das LRZ betreibt Hoch- und Höchstleistungsrechner, das Münchner Wissenschaftsnetz und bietet allen Instituten, Wissenschaftlern und Studenten die Möglichkeit, Rechen- und Informatikaufgaben für wissenschaftliche Forschung und Unterricht durchzuführen.

Weitere Informationen über Aufgaben und Ziele der Bayerischen Akademie der Wissenschaften finden Sie unter <http://www.badw.de>.

Auch im zurückliegenden Berichtszeitraum wurden wieder einige Anstrengungen unternommen, um die Infrastruktur am LNT gezielt zu verbessern. Exemplarisch sollen hier der Umbau des Seminarraums, der Ausbau des institutseigenen Intranets sowie die Neugestaltung des LNT-Internetauftritts genannt werden.

### *Umgestaltung des Seminarraums*

Bei allen Evaluierungen von LNT-Lehrveranstaltungen durch die Studierenden wurden deren Inhalte und die Präsentation der Professoren und Assistent(inn)en des Lehrstuhls im Allgemeinen sehr positiv bewertet. Ein deutlicher Kritikpunkt an den Vorlesungen und Übungen, die in unserem Gebäude abgehalten wurden, war allerdings der Seminarraum, insbesondere seine Akustik und die schlechte Sicht von vielen Plätzen.

Diese Kritik hat uns veranlasst, im Sommer 2001 den Raum N2408 mit Drittmitteln neu zu gestalten. Federführend für den Umbau waren

## 11.4 Neuerungen in der Infrastruktur

Günter Söder

Dr. Klaus Eichin und Dr. Dieter Heidner. Gute Unterstützung fanden sie durch die LNT-Mitarbeiter Manfred Jürgens, Martin Kontny, Winfried Kretzinger und Ansgar Ströbele.

Die erste Phase der Neugestaltung waren bauliche Maßnahmen, die aufgrund feuerpolizeilicher Bestimmungen erforderlich waren. Der seitliche Zugang wurde aus dem Tafelbereich in die Hörsaalmitte verlegt, was auch dazu geführt hat, dass die Zuhörer durch Zuspätkommene weniger gestört werden. Durch die baulichen Veränderungen wurde auch das Foyer des zweiten Stockwerks vergrößert, was sich bei Veranstaltungen als sehr positiv erwiesen hat. Außerdem sind nun das Mobilfunklabor und der Praktikumsraum leichter zugänglich.

An der Tatsache, dass das Format des Seminarraums nicht gerade dem *Goldenen Schnitt* entspricht, konnte natürlich nichts verändert werden. Aber die Zweiteilung des Raums hat durchaus auch Vorteile: für kleinere Lehrveranstaltungen kann der vordere Teil abgetrennt werden und bietet nun mit fünf Reihen à sieben Plätze ausreichend Bewegungsfreiheit. Im hinteren Teil mit nunmehr 34 Sitzplätzen wurde durch den Einbau eines Podiums von 25 cm Höhe

erreicht, dass nun von allen diesen Plätzen eine deutlich bessere Sicht auf die Tafeln und Projektionsflächen – alles ebenfalls neu – besteht.

Nicht ganz so einfach war die Verbesserung der Akustik. Aber dadurch, dass wir mit Prof. Hugo Fastl einen ausgewiesenen Fachmann auf diesem Gebiet in der Fakultät haben und dieser uns auch kompetent beraten hat (hierfür nochmals herzlichen Dank), konnte auch dieses Problem gelöst werden, und zwar durch die Kombination aktiver und passiver Komponenten. Ersteres sind zwei hochwertige Hybrid-Planar-Schallwandler sowie ein Tieftöner mit Bassmodul (jeweils 250 W). Diese werden durch ein Akustiksegel mit abfallendem Profil unterstützt, das den Mauersturz zwischen den beiden Raumteilen egalisiert und so die Schallwellen in den hinteren Raum leitet. Dieses aus Stahlblech gefertigte Segel hat allerdings nicht nur akustische Aufgaben, sondern dient auch der optischen Verschönerung des Raums, insbesondere durch die integrierten dimmbaren Strahler.

Kernstück des Seminarraums ist das Pult, in dem die gesamte Technik integriert ist. Dieses beinhaltet die HiFi-Akustikanlage, Video- und DVD-Recorder, einen Personal Computer und Internetanschluss. Die Anlage verfügt über eine per Computer regelbare Audio-/Videokreuzschiene. Gesteuert wird die Anlage durch ein Touchpanel, die Bilder auf zwei Beamer schalten kann und die verschiedenen Tonquellen verwaltet. Der Seminarraum, bestückt mit neuem zeitgemäßem Mobiliar, wurde mit dem internationalen Symposium *The Soft-In/Soft-Out-Principle* am 11. Oktober 2001 aus Anlass des 60. Geburtstags von Prof. Hagenauer eröffnet (siehe Kapitel 9.2). Hierbei und in den nachfolgenden 18 Monaten hat er sich sehr bewährt; auch wenn für manche Lehrveranstaltungen die 70 Plätze nicht ausreichen. Mir verbleibt, im Namen aller Hörsaalnutzer den Beteiligten für die geleistete Arbeit zu danken.



W. Kretzinger, M. Jürgens und Dr. Eichin (von links) bei der Justage der Beamer

### LNT-Rechnernetz

Erfolgreiche Forschung auf dem Gebiet der Informationstechnik erfordert die Bereitstellung einer ausreichenden Anzahl leistungsfähiger Rechner. Dieser Tatsache wurde auch im Berichtszeitraum Rechnung getragen und der bestehende Rechnerverbund in angemessener Weise ergänzt und erneuert.

Zum jetzigen Zeitpunkt besteht das lehrstuhleigene Rechnernetz aus ca. 130 Personal Computern (PC) und Laptops (LT). In den vergangenen beiden Jahren wurde besonderer Wert auf eine Homogenisierung unserer Rechner gelegt, so dass nun fast durchgängig Arbeitsplatzrechner mit Pentium 3 bzw. Pentium 4-Prozessoren unter den Betriebssystemen Linux Suse 7.3 (L) bzw. Windows 2000 (W) zum Einsatz kommen. Viele davon sind mit zwei Prozessoren ausgestattet und die meisten arbeiten mit einer Taktrate von mindestens 800 MHz. Lediglich im Mobilfunklabor werden ältere Sparc-Workstations von Sun eingesetzt, auf die wegen des Zusammenspiels mit dem restlichen Gerätepark nicht verzichtet werden kann.

Der LNT-Rechnerverbund kann in folgende Cluster eingeteilt werden:

- Rechner mit *Serverfunktionen*, aus Sicherheitsgründen alle in einem abgeschlossenen Raum zusammengefasst und mit einer unterbrechungsfreien Stromversorgung abgesichert: 7 PC-L und 1 PC-W.
- Rechner für *administrative Aufgaben* (Sekretariat, Elektroniklabor): 12 PC-W.
- *Laborausrüstung*: 3 Sun-Ultra (im Mobilfunklabor), 2 PC-L und 2 LT-W (Netzwerksimulator).
- *Arbeitsplatzrechner* der wissenschaftlichen Mitarbeiter: 21 PC-L, 9 PC-W und 17 LT-W.
- Arbeitsplatzrechner für *Diplomanden- und MSCE-Studenten*: 16 PC-L und 7 PC-W.
- Praktikums- und Vorlesungsrechner: 16 PC-L und 1 PC-W.
- *Studentenrechner* (Eikon 2, von den Studenten selbst verwaltet): 11 PC-L und 4 PC-W. Weiterhin wurden 2002 in Zusammenarbeit mit dem Leibniz-Rechenzentrum zwei WLAN-Access-Points ein-

gerichtet (je einer im Foyer der zweiten und dritten Etage), die den Studierenden einen drahtlosen Zugang zum Hochschulnetz ermöglichen.

Die Administration eines Intranets dieser Größenordnung erfordert einen nicht zu unterschätzenden Arbeitsaufwand. Im Berichtszeitraum waren hierfür zwei Zweierteams verantwortlich, die unterschiedliche Bereiche bearbeiteten. Stephan Bäro und Günther Liebl widmeten sich insbesondere der Benutzerverwaltung, dem Email-Dienst und der technischen Plattform der LNT-Webserver. Dagegen waren Markus Kaindl und Johannes Zangl für die Verwaltung der Windows-Rechner und der Peripherie, der Beschaffung neuer Hardware und Backup verantwortlich. Diese Teams wurden durch Winfried Kretzinger (Installation und Wartung der Windows-Rechner) und dem Werkstudenten Thomas Mader (Installation der Linux-Rechner) unterstützt.

Die vorausschauenden Planungen der System- und Netzwerkadministratoren (Neuinstallation aller Rechner, Zentralisierung der Softwarebereitstellung und der Datenhaltung, Homogenisierung der Rechnerinfrastruktur, Nutzung der LRZ-Ressourcen, Erhöhung der Netzwerksicherheit durch Firewalls und logische Gruppierung der Netzkomponenten) und die konsequente Durchführung aller Wartungsarbeiten (regelmäßige Updates, Einspielen von Patches, kleinere Reparaturen) haben dazu geführt, dass allen Mitarbeitern, Diplomanden und Studenten zu nahezu allen Zeiten alle LNT-Rechnerressourcen zur Verfügung standen. Auch als zum Jahreswechsel 2001/2002 sehr viele Institutionen – auch in unserer unmittelbaren Nachbarschaft – durch massive Hackerangriffe stark beeinträchtigt wurden, war der LNT davon nicht betroffen. Im Namen aller Nutzer des LNT-Rechnernetzes möchte ich allen Beteiligten für die geleistete Arbeit danken.

### Neugestaltung der LNT-Homepage

Die wissenschaftliche Arbeit hat sich in den letzten Jahren durch die zu-

nehmende Bedeutung des Internets grundsätzlich verändert. Deshalb trägt heutzutage auch der Internetauftritt einer Institution zur wissenschaftlichen Reputation bei.

Mitte 2002 wurde nach längeren Vorarbeiten die neue LNT-Homepage in Betrieb genommen. Diese basiert auf dem Datenbanksystem *MySQL* und *PHP-Skripts*. Alle Ausgabeseiten werden erst beim Aufruf dynamisch erzeugt. Gegenüber statischen HTML-Seiten hat dies den Vorteil, dass

- alle Seiten eine einheitliche Form haben,
- sich Änderungen in der Datenbank an allen relevanten Stellen direkt auswirken und
- die Aktualisierung der Datenbestände nicht nur auf einen www-Verantwortlichen beschränkt ist, sondern alle Mitarbeiter entsprechend den ihnen zugeteilten Rechten daran mitwirken können.

Auf eine detaillierte Beschreibung der neuen Webseite kann hier verzichtet und auf [www.lnt.ei.tum.de](http://www.lnt.ei.tum.de) verwiesen werden. Als Verantwortlicher verbietet es sich mir auch, die Gestaltung und insbesondere die Handhabung besonders zu loben.

Nicht verzichten möchte ich hier, alle Beteiligten zu erwähnen. An erster Stelle sei unser Werkstudent Pavol Hanus genannt, der das System konzipiert und implementiert hat und die LNT-Homepage laufend entsprechend neuer Wünsche modifiziert und verbessert. Zaher Dawy, João Barros, Dr. Norbert Görtz und Thomas Stockhammer waren in der Planungsphase beratend tätig. Mein Dank gilt auch Frau Doris Dorn und Herrn Winfried Kretzinger, die unzählige Daten für das neue System konvertiert haben – manches maschinell, vieles aber auch manuell.



# 11

## Sonstiges

### 11.5 Feste – Feiern

01.08.2001 – Festwiese neben N4:  
**Prof. Hagenauers 60. Geburtstag**  
 (Siehe Bild mitte links).

Org.: *J. Hagenauer, K. Behrendt,  
 M. Jürgens, M. Kontny,  
 W. Kretzinger, A. Ströbele*



10.10.2001 – Foyer N4, 2. Etage:  
**Empfang zur Eröffnung des Symposiums Soft-In/Soft-Out Principle**  
 (Siehe auch Kapitel 9.2)

– u. A. Händels Feuerwerksmusik  
 mit dem *Ensemble Con Brio*

Org.: *Norbert Görtz,  
 Manfred Jürgens*

18.12.2001: LNT-Weihnachtsfeier: von links die Organisatoren Markus Kaindl, Melanie Witzke und João Barros

23.10.2001 – Chiemgau:

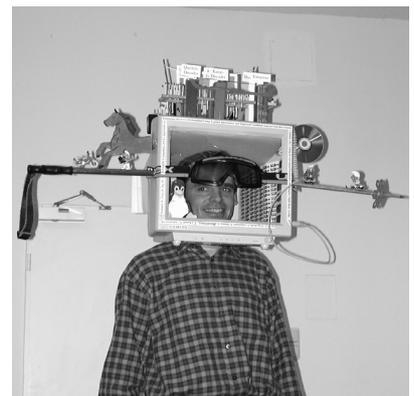
**Betriebsausflug mit Exkursion**

– Besuch der Fa. Heidenhain in Traunreut  
 – Rundgang über die Fraueninsel im Chiemsee

Org.: *Stephan Bairo,  
 Michael Mecking*



01.08.2001: Prof. Hagenauer erhielt anlässlich seines 60. Geburtstages eine überdimensionale Geburtstagstorte



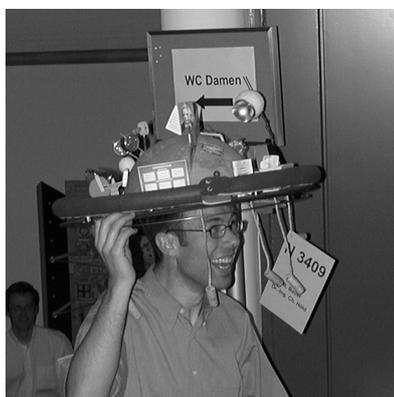
09.02.2002: Doktorfeier von Dr. Thomas Hindelang; sein Hut ein Monitor mit fachlichen und sportlichen Motiven

18.12.2001 – NT-Praktikum:  
**LNT-Weihnachtsfeier 2001**

(siehe Bild oben):

– Der Baum (BMW)  
 – N4-Journal (K. Eichin, G. Söder)  
 – BMW-Quiz (M. Kaindl, M. Witzke)  
 – Wer zu spät kommt, den bestraft das Leben (M. Kaindl, M. Witzke)

Org.: *Markus Kaindl,  
 Melanie Witzke,  
 João Barros (kurz: BMW)*



08.06.2002: Doktorfeier von Dr. Christian Weiß in großem Stil mit seinem Zimmerkollegen R. Bauer



08.06.2002: Doktorfeier von Dr. Rainer Bauer; sein Hut für einen Skisportler angemessen



Betriebsausflug 2002 mit Besichtigung des Walchenseekraftwerks. Hier auf dem Weg mit dem Schrägaufzug zum Wasserschloss



Zweiter Teil des Betriebsausflugs 2002: Wanderung von Garmisch durch die Partnachklamm zum Eckbauerhaus



19.12.2002: Die „Erzengel“ Matthias Mörz, Günther Liebl und Johannes Zangl (von links) bei der Weihnachtsfeier

01.08.2002 – Walchensee, Garmisch:  
**LNT-Betriebsausflug 2002**

(siehe Bild oben und mitte):

- mit dem Bus zum Walchensee
- Besichtigung des Walchenseekraftwerks
- Weiterfahrt nach Garmisch
- Wanderung durch die Partnachklamm und weiter zum Eckbauer
- Nach Brotzeit und Wolkenbruch  
Rückkehr nach München

Org.: *Markus Kaindl,  
Matthias Mörz,  
Melanie Witzke*

19.12.2002 - NT-Praktikum:  
**LNT-Weihnachtsfeier 2002**

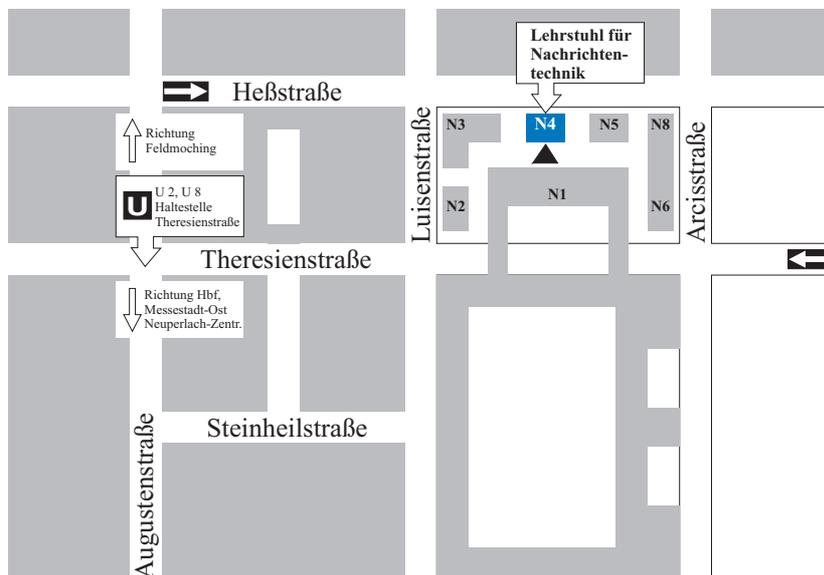
(siehe Bild unten):

- Frohlocken der „ErZenGL“
- Weihnachtliches Karaoke  
(G. Hauske)
- Himmlischer Wettstreit  
(M. Mörz, J. Zangl)
- Videos *Walchensee* und *Barolo*  
(K. Eichin)
- Jahresrückblick aus Sicht von  
Engelchen und Teufelchen  
(G. Liebl)

Org.: *Günther Liebl,  
Matthias Mörz,  
Johannes Zangl  
(kurz: ErZenGL)*







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@ei.tum.de](mailto:Hagenauer@ei.tum.de)  
 URL: <http://www.LNT.ei.tum.de>