

Empfänger-Strukturen für die UMTS-Abwärtsstrecke

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Ingenieurwissenschaften (Dr.-Ing.)

vorgelegt dem Fachbereich 1 (Physik/Elektrotechnik)

der Universität Bremen

von

Dipl.-Ing. Klaus Knoche

Tag des öffentlichen Kolloquiums: 22. Januar 2009

Gutachter der Dissertation: Prof. Dr.-Ing. K.D. Kammeyer
Prof. Dr. rer. nat. C. Görg

Weitere Prüfer: Prof. Dr. phil. nat. D. Silber
Prof. Dr.-Ing. W. Anheier



Delmenhorst, Juni 2009

Forschungsberichte aus dem Arbeitsbereich Nachrichtentechnik
der Universität Bremen

Band 18

Klaus Knoche

Empfänger-Strukturen für die UMTS-Abwärtsstrecke

D 46 (Diss. Universität Bremen)

Shaker Verlag
Aachen 2009

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Bremen, Univ., Diss., 2009

Copyright Shaker Verlag 2009

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-8272-1

ISSN 1437-000X

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand hauptsächlich während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Arbeitsbereich Nachrichtentechnik an der Universität Bremen.

Meinen besten Dank richte ich an meinen Doktorvater Herrn Professor Karl-Dirk Kammeyer. Ich bedanke mich bei Herrn Professor Kammeyer für die Betreuung dieser Arbeit, seine Geduld und das in mich gesetzte Vertrauen sowie für die vielen wertvollen Hinweise und Anregungen.

Frau Professor Carmelita Görg danke ich für die Übernahme des Zweitgutachtens. Den Herren Professor Dieter Silber und Professor Walter Anheier möchte ich für ihre Tätigkeit als Prüfer danken.

Meinen Kollegen und Freunden Herrn Professor Andreas Frey, Herrn Dr. Stephan Fischer und Herrn Dr. Ansgar Scherb möchte ich für die wertvollen Anmerkungen bei der Durchsicht meines Manuskripts danken. Bei Herrn Dr. Jürgen Rinas möchte ich mich ganz besonders bedanken für die Durchsicht des Manuskripts sowie den vielen Diskussionen und für die Unterstützung. Herrn Harald Söhlke danke ich für die sehr notwendigen Korrekturen der deutschen Sprache. Bei Herrn Dipl.-Ing. Ronald Böhnke möchte ich mich sehr für die kritischen Anmerkungen zu meinem Vortrag bedanken. Des Weiteren möchte ich mich bei allen aktuellen und ehemaligen Mitgliedern des Arbeitsbereich Nachrichtentechnik bedanken. Es hat wirklich Spaß gemacht mit Euch. Auch möchte ich mich bei Herrn Dr. Martin Döttling sowie Herrn Dr. Markus Reinhardt für die vielen Diskussion bedanken, die mein allgemeines Verständnis über UMTS und die praktische Realisierung sehr erweitert haben.

Meinen ganz besonderen Dank gilt meinen Eltern Herrn Dipl.-Ing. Dittmar Knoche und Irma Knoche sowie meinem Bruder Dipl.-Ing. Ralf Knoche für ihre ganz besondere Unterstützung, ohne die ich nicht soweit gekommen wäre.

Delmenhorst im Juni 2009

Klaus Knoche

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	III
1 Einleitung	1
2 Der UMTS-Standard	5
2.1 International Mobile Telecommunications - year 2000 (IMT-2000) – weltweiter Standard der 3. Generation	5
2.2 Die Geschichte des Universal Mobile Telecommunication System (UMTS)-Standards	8
2.3 Übersicht über den Standard	11
2.4 Die UMTS-Protokollarchitektur	15
3 Grundlagen des DS-CDMA-Verfahrens	27
3.1 Vielfachzugriffsverfahren	28
3.2 CDMA-Varianten	29
3.3 Direct Sequence - CDMA im FDD Downlink	31
3.4 Mobilfunkkanäle	39
3.4.1 Statistische Beschreibung von Mobilfunkkanälen . . .	41
3.4.2 Simulation von Mobilfunkkanälen	44
3.4.3 Kanalmodelle	45
3.5 Empfänger-Strukturen für kohärente CDMA-Verfahren	47
3.6 Zusammenfassung	51
4 Verfahren zur Kanalschätzung mit dem DPCC	53
4.1 Kanalschätzung mit konstanten oder linear veränderlichen Koeffizienten	57
4.1.1 Single-Slot-Verfahren	57
4.1.2 Mittelwertbildung über 2 Pilotsequenzen	59
4.1.3 Weighted Multi Slot Averaging	61
4.1.4 Lineare Interpolation	63

4.1.5	Entscheidungsrückkopplung mit linearer Regression . . .	65
4.1.6	Vergleich der Verfahren mit zwei Pilotsequenzen . . .	68
4.2	Kanalschätzung mit FIR-Filter-Design	71
4.2.1	Kanalschätzung mit si-Interpolation	71
4.2.2	Kanalschätzung mit FIR-Filterentwurf	74
4.2.3	Vergleich der Verfahren mit mehreren Pilotsequenzen	78
4.3	Zusammenfassung	82
5	Verfahren zur MUI-Unterdrückung	85
5.1	Farbiges Rauschen und der G-Rake-Empfänger	87
5.1.1	Intracell-MUI als farbiges Rauschen	87
5.1.2	Fingerwahl beim G-Rake-Empfänger	94
5.2	Wiederherstellung der Orthogonalität mit T_c/X -Entzerrern .	102
5.2.1	T_c -Entzerrer und $T_c/2$ -Entzerrer	102
5.2.2	Reduzierter T_c -Entzerrer	110
5.3	Adaptive Algorithmen zur Berechnung der FIR-Filter Koef- fizienten	118
5.3.1	Entzerrung mit dem LMS-Algorithmus	118
5.3.2	Lattice-Entzerrer	124
5.3.3	Simulationsergebnisse	131
5.4	Zusammenfassung	133
6	Zusammenfassung	135
A	Zusätzliche Informationen	139
A.1	Verzögerungs-Leistungsspektren der verwendeten Kanäle . . .	139
A.2	Slotformate	142
A.3	Auflistung der wichtigsten UMTS-Kanäle	143
A.3.1	Logische Kanäle	143
A.3.2	Verkehrskanäle	144
A.4	Vektor- und Matrixnotation	145
A.5	Beispiele für die Berechnung des G-Rake-Empfängers	145
A.5.1	Beispiel 1	145
A.5.2	Beispiel 2	147
A.5.3	Beispiel 3	150
A.6	Weitere Simulationsergebnisse zur Kanalschätzung mit FIR- Filterentwurf	152

Symbolverzeichnis	155
Abkürzungsverzeichnis	160
Literaturverzeichnis	166
Stichwortverzeichnis	173