

Effiziente Konzepte 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. Ralf Seeger

Tag des öffentlichen Kolloquiums: 17.12.2009

Gutachter der Dissertation: Prof. Dr.-Ing. K.-D. Kammeyer

Prof. Dr.-Ing. S. Paul

Weitere Prüfer:

Prof. Dr.-Ing. W. Anheier

Prof. Dr.-Ing. R. Laur



Bremen, Mai 2010

Forschungsberichte aus dem Arbeitsbereich Nachrichtentechnik
der Universität Bremen

Band 20

Ralf Seeger

Effiziente Konzepte für die UMTS-Abwärtsstrecke

D 46 (Diss. Universität Bremen)

Shaker Verlag
Aachen 2010

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 2010

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

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-9226-3

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 im Rahmen meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Arbeitsbereich Nachrichtentechnik des Instituts für Telekommunikation und Hochfrequenztechnik der Universität Bremen. Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr.-Ing. K.-D. Kammeyer für die Betreuung der Arbeit sowie für die unzähligen wertvollen Hinweise und Anregungen. Herrn Prof. Dr.-Ing. S. Paul möchte ich für das Interesse an dieser Arbeit und für die Übernahme des Zweitgutachtens danken. Herrn Prof. Dr.-Ing. W. Anheier und Herrn Prof. Dr.-Ing. R. Laur bin ich für ihre Tätigkeit als Prüfer verbunden.

Allen ehemaligen und aktuellen Mitarbeitern des Arbeitsbereichs Nachrichtentechnik, die mich durch fachlichen Rat unterstützt haben, möchte ich an dieser Stelle herzlich danken. Die freundschaftliche Arbeitsatmosphäre werde ich stets in allerbesten Erinnerung behalten.

Schließlich danke ich meiner Frau Nelly für ihre Geduld und Unterstützung.

Bremen, Mai 2010

Ralf Seeger

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Das räumliche Kanalmodell	5
2.1	Einleitung	5
2.2	Das räumliche Kovarianzmodell	7
2.3	Realisierung räumlich korrelierter Kanalkoeffizienten	13
2.4	Zusammenfassung	16
3	Das Wideband-CDMA-FDD-System	17
3.1	Vielfachzugriff durch Codemultiplex	17
3.2	Release 99 und HSPA	21
3.3	Abbildung der Transportkanäle auf physikalische Kanäle	23
3.4	Gemeinsame, nicht dedizierte Kanäle	26
3.5	Dedizierte Kanäle	28
3.6	Zusammenfassung	30
4	Systemmodell für die WCDMA-Abwärtsstrecke	31
4.1	Eigenschaften der Spreiz- und Scrambling-Sequenzen	32
4.2	Zeitkontinuierliches Systemmodell	36
4.3	Bestimmung des zeitdiskreten Empfangssignals	38
4.4	Das Symboltaktmodell	42
4.5	Linearer Chiptakt-MMSE-Empfänger	45
4.6	Symboltakt-Empfänger	48
4.6.1	MMSE-Empfänger	48
4.6.2	Verallgemeinertes Matched-Filter	50
4.6.3	Äquivalenz von MMSE- und Matched-Filter-Ansatz	52
4.6.4	Symbolweise ML-Detektion	52
4.7	Berechnung der Log-Likelihood-Ratios	54
4.8	Hinweise zur Positionierung der Rake-Finger	54
4.9	Simulationsergebnisse	55

4.10	Zusammenfassung	59
5	Mehrantennen-Systemmodell	63
5.1	Detektionsverfahren bei räumlichem Multiplexing	66
5.2	Hinweise zur Multicode-Übertragung	68
5.3	Simulationsergebnisse	68
5.4	Zusammenfassung	70
6	Sendediversitätsverfahren	75
6.1	Das STTD-Verfahren	77
6.1.1	Signal-zu-Interferenz-Gewinn	79
6.1.2	Auswirkung von Frequenzversatz	81
6.2	Simulationsergebnisse	83
6.3	Zusammenfassung	85
7	Closed-Loop-Transmit-Diversity und Beamforming	89
7.1	Motivation	89
7.2	Senderseitige Kenntnis des instantanen Kanals	90
7.2.1	CLTD Mode 1 und Mode 2	92
7.3	Sendeverfahren basierend mittlerer Kanalkennntnis	96
7.3.1	Eigenbeamforming	97
7.4	Prädiktive Ansätze	103
7.5	Eigenbeam-Tracking	109
7.5.1	Eigenwertzerlegung auf Basis der räumlichen Kovarianzmatrix	111
7.5.2	Direkte Eigenwertzerlegung auf Basis von Kanalschätzwerten	114
7.6	Verifikation der Sendegewichte	115
7.6.1	Downlink-Beamforming basierend auf Uplink-Messungen	120
7.7	Messergebnisse zum Eigenbeamforming	120
7.8	Zusammenfassung	124
8	Zur Schätzung der Kanal- und Störkovarianzmatrix	127
8.1	Kanalschätzung	128
8.2	Schätzung der Störkovarianzmatrix	131
8.2.1	Direkte Schätzung	131
8.2.2	Modellgestützte Schätzung	132
8.2.3	Iterative Berechnung der empfängerseitigen Gewichtung	135
8.2.4	Simulationsergebnisse	136
8.3	Zusammenfassung	136

9 Zusammenfassung	139
A Zur Äquivalenz von MMSE- und Matched-Filter-Ansatz	143
Symbolverzeichnis	145
Abkürzungsverzeichnis	151
Literaturverzeichnis	155

