

Forschungsberichte aus dem Arbeitsbereich Nachrichtentechnik
der Universität Bremen

Band 24

Mark Petermann

**Robuste Vorentzerrung in TDD-Systemen
mit nicht perfekter Kanalreziprozität**

D 46 (Diss. Universität Bremen)

Shaker Verlag
Aachen 2012

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., 2012

Copyright Shaker Verlag 2012

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

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-1244-6

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

Für die Erfüllung der Anforderungen an zukünftige mobile Übertragungssysteme hinsichtlich hoher Datenrate und Quality of Service (QoS) ist die Anwendung adaptiver Sendestrategien zur Anpassung an den Übertragungskanal, die so genannte Link Adaptation, von essentieller Bedeutung. Daher stellt die geschickte Ausnutzung und Verteilung der Ressourcen Zeit, Frequenz und Raum einen besonders wichtigen Bestandteil laufender Forschungs- und Standardisierungsaktivitäten dar. Im Allgemeinen werden die Übertragungsrichtungen in Mobilfunksystemen, also die Datenübertragung an die Basisstation in der so genannten Aufwärtsrichtung (engl. Uplink) und umgekehrt die Abwärtsrichtung (engl. Downlink) als zu betrachtende Strecke von der Basisstation zu mobilen Teilnehmern, mittels Zeit- (engl. Time Division Duplex, TDD) oder Frequenzduplex (engl. Frequency Division Duplex, FDD) voneinander getrennt. Der wesentliche Vorteil von TDD- gegenüber FDD-Systemen aus Sicht der Signalverarbeitung besteht in der Ausnutzung der so genannten Kanalreziprozität. Bei Erfüllung der Reziprozität entsprechen sich beide Übertragungsrichtungen exakt, so dass der in der Basisstation aus dem Uplink geschätzte Kanal unmittelbar für die adaptive Anpassung an den Downlink verwendet werden kann. Da sich jedoch die Schaltungskomponenten der Transceiver im Sender- und Empfängerzweig der analogen Signalverarbeitungskette unterscheiden, gilt die auf dem physikalischen Kanal erfüllte Reziprozität im Allgemeinen nicht mehr für den Übertragungskanal an den Schnittstellen zum digitalen Basisband. Aufgrund der größeren Fehleranfälligkeit höherstufiger, digitaler Modulationsformen werden gerade für hohe Datenraten erhöhte Anforderungen an die Güte der verwendeten Hardware gestellt, um die durch falsche Adaption an den Downlink-Kanal entstehenden Interferenzen vermeiden zu können.

In dieser Arbeit wurden dazu zunächst die Einflüsse von Transceiver-Front-Ends auf verschiedene, adaptive TDD-Systeme untersucht. Es wurde weiterhin analysiert, welche zusätzlichen Mittel notwendig sind, um unter Annahme von nicht perfekter Kanalreziprozität dennoch eine adaptive Übertragung auf Basis der Kanalkennntnis aus der Gegenrichtung realisieren zu können. Ziel hierbei ist es, lineare und nicht-lineare Effekte der Front-Ends durch effiziente Signalverarbeitungsalgorithmen zu vermeiden bzw. zu kompensieren und sich somit einem vollständig reziproken Kanal im Basisband anzunähern.

Zunächst werden dabei die Grundlagen der OFDM-Übertragungstechnik und die mathematische Beschreibung des Gesamtsystems inklusive der Transceiver-Front-Ends über S-Parameter eingeführt. Einen weiteren Schwerpunkt stellt die Erlangung der Kanalkennntnis am Sender dar. Anschließend werden Punkt-zu-Punkt-Systeme mit adaptiver Raten- und Leistungsanpassung hinsichtlich nicht perfekter Kanalkennntnis untersucht. Die Vermeidung von Nicht-Linearitäten wird hierbei am Beispiel der Spitzenwertreduktion am Sender innerhalb dieser Systeme beschrieben. Es wird unter Verwendung eines entwickelten, erweiterten Gradientenprojektionsverfahrens gezeigt, dass eine effiziente Dynamikkompression des Sendesignals erreicht werden kann. Schließlich werden die Auswirkungen einer nicht perfekten Kanalreziprozität im Basisband anhand eines adaptiven Mehrantennen-OFDM-Mehrnutzersystems aufgezeigt. Die Analyse umfasst verschiedene, lineare und nicht-lineare, senderseitige Filterauslegungen zur räumlichen Trennung der Nutzer. Es zeigt sich, dass auch die Verwendung einer starken Kanalcodierung nicht die durch Mehrnutzer-Interferenzen entstehenden Übertragungsfehler vermeiden kann.

Den Schwerpunkt dieser Arbeit stellen deshalb Methoden zur robusten Vorverarbeitung innerhalb dieser Systeme dar. Es werden Kalibrierverfahren im Zeit- und Frequenzbereich basierend auf Total Least Squares (TLS) Methoden vorgestellt und zugehörige Implementierungsaspekte diskutiert. Diese erlauben bei geringem, zusätzlichem Feedback in TDD-Systemen eine aufwandsgünstige Realisierung dieser Algorithmen und berücksichtigen gleichzeitig ein zeitvariantes Verhalten der Front-End-Einflüsse. Die präsentierten Verfahren können die auftretenden Interferenzen partiell reduzieren. Sie stellen somit eine verringerte Genauigkeitsanforderung an benötigte Schaltungskomponenten und ermöglichen die Verwendung der direkten Uplink-Kanalschätzung im Basisband zur Anpassung an den Kanal im Downlink. Messergebnisse an einem Mehrantennendemonstrator bestätigen die Anwendbarkeit der entwickelten Algorithmen in realen Inhouse-Szenarien im 2.4 GHz ISM-Band.