

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

Effiziente Konzepte für die UMTS-Abwärtsstrecke

Zusammenfassung

Die angestrebte allgegenwärtige Verfügbarkeit von multimedialen Diensten, wie z.B. hochauflösenden Videoübertragungen, erfordert hohe Datenraten auch für hochmobile Szenarien. Neben erweiterten Empfangskonzepten ermöglichen insbesondere Mehrantennensysteme Kapazitätssteigerungen bei gegebener, regulierter Systembandbreite durch die Nutzung der Ressource Raum.

Mobile, batteriebetriebene Empfänger unterliegen gegenüber einer fest installierten Basisstation deutlichen Beschränkungen in Bezug auf die verfügbare Rechenleistung und die Anzahl der integrierbaren Antennen. Die Entwicklung leistungsfähiger und zugleich aufwandsgünstiger Empfangsverfahren stellt daher eine besondere Herausforderung dar. In dieser Arbeit werden geeignete Empfangsverfahren für den mobilen Empfänger im UMTS/HSPA-System diskutiert.

Im WCDMA-System werden den Nutzern zueinander orthogonale Codes zugewiesen, so dass für spektral flache Kanäle prinzipiell eine perfekte Trennung der Nutzersignale am mobilen Empfänger möglich ist. Die Mobilfunkübertragung ist jedoch i.A. durch eine zeitvariante Mehrwegeausbreitung geprägt, infolgedessen die empfangsseitige Orthogonalität der sog. Codekanäle nicht mehr gegeben ist und eine teilweise erhebliche Beeinflussung der simultan betriebenen Codekanäle resultiert.

Der Einsatz des klassischen Rake-Empfängers führt insbesondere bei hochratiger Multicode-Übertragung zu einer deutlichen Verringerung des erzielbaren Durchsatzes, so dass z.B. für HSDPA die Implementierung leistungsfähigerer Empfangsverfahren unumgänglich ist. In dieser Arbeit werden zwei Ansätze verfolgt: Entzerrung zur näherungsweise Eliminierung des Kanaleinflusses (näherungsweise Wiederherstellung der Orthogonalität) und Matched-Filterung, wobei die Gesamt-Interferenz als farbige Rauschgröße interpretiert wird. Die betrachteten Verfahren werden anhand eines einheitlichen Systemmodells untersucht und klassifiziert sowie für realitätsnahe Arbeitspunkteinstellungen, d.h. mit Einbeziehung der Kanalcodierung, unter verschiedenen Ausbreitungsbedingungen verglichen und bewertet.

Die für die Matched-Filterung erforderliche Schätzung der Störkovarianzmatrix erweist sich insbesondere für schnellveränderliche Kanäle (geringe Kohärenzzeit) als problematisch, daher wird eine verallgemeinerte, modellgestützte Schätzprozedur entwickelt und analysiert. In Verbindung mit einem Matched-Filter-Empfänger kann somit eine deutlich verringerte Rahmenfehlerrate für hohe Geschwindigkeiten erzielt werden. Die hierauf aufbauende iterative Berechnung der empfangsseitigen Gewichtung erlaubt eine rechen günstige und zugleich robuste Implementierung des Matched-Filter-Empfängers.

Des Weiteren werden Mehrantennenverfahren, wie z.B. Multilayer-, Sendediversitäts- und Beamformingverfahren, betrachtet, die eine geringe Komplexität am mobilen Empfänger bedingen. Dabei werden die durch das UMTS-FDD-System gegebenen Randbedingungen, wie z.B. die verzögerte Rückübertragung der quantisierten Sendegewichtung vom Empfänger an die Basisstation, berücksichtigt. Das vorgestellte prädiktive Eigenbeamforming erlaubt eine Durchsatz- bzw. Reichweitensteigerung selbst bei hohen Geschwindigkeiten. Das zugrunde liegende prädiktive Umschalten der Sendegewichte wird mittels einer aufwandsminimierten Prädiktionsfilterbank realisiert. Ergänzend werden Messergebnisse zum Eigenbeamforming auf Basis des im Arbeitsbereich Nachrichtentechnik der Universität Bremen entwickelten MIMO-Demonstrators vorgestellt.

Effiziente Konzepte für die UMTS-Abwärtsstrecke (Efficient concepts for the UMTS downlink)

Abstract

The envisaged ubiquitous availability of multimedia services like e.g. high resolution video transmissions requires high data rates also for highly mobile scenarios. Beside enhanced receiver concepts, particularly multi-antenna systems allow significant capacity gains for a given, regulated system bandwidth by exploiting the spatial dimension. Mobile, battery-operated receivers are clearly limited with respect to the available computational power and the number of implementable antennas in comparison to base station receivers. Consequently, the development of efficient, low-complexity receivers is particularly challenging.

In this thesis appropriate reception schemes for the so called User Equipment (UE) in the UMTS/HSPA system are discussed. Within the WCDMA system mutually orthogonal codes are assigned to the user code channels, hence, principally under flat fading conditions a perfect discrimination of the user code channels at receiver is feasible due to simple correlation. However, in general the wireless mobile channel is characterized by time-variant multipath-propagation; hence the orthogonality of the code channels is lost at the mobile receiver. As a consequence severe interference between code channels may occur and the throughput may degrade significantly. The application of the classical Rake receiver for high rate multi-code transmission leads to significant performance losses, especially for highly dispersive channels. Therefore, more powerful reception schemes especially for HSDPA are indispensable. In this thesis two principal approaches are considered: equalization to inverse the channel influence (restoring the orthogonality of code channels at the receiver) and matched filtering, whereas the interference is modeled as colored noise. The considered schemes are investigated and classified based on a consistent system model for realistic working point settings by considering channel coding as well as different propagation environments. The matched filter approach requires the estimation of the noise (or mismatch) covariance matrix, which is in particular problematic for fast fading channels (short coherence times). A generalized, model-based estimation procedure is developed and analyzed which enables to a robust implementation of the matched filter receiver and leads to significantly decreased frame error rates also for highly mobile scenarios. Furthermore, the iterative computation of the receiver weights allows a low-complexity realization.

In addition multi-antenna schemes as multilayer, transmit diversity as well as beamforming schemes are considered, which imply a low complexity increase at the mobile receiver. Thereby, the given constraints of the UMTS FDD system, like feedback delay and quantized transmit weights, are considered. The proposed predictive eigenbeamforming scheme enables a significant throughput or range increase also for highly mobile scenarios. The underlying predictive switching of beamforming vectors is realized by a low-complexity predictor filter bank. Finally, measurement results are presented based on the MIMO hardware demonstrator which was developed at the department of Communication Engineering/University of Bremen.