

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

Zusammenfassung der Arbeit: „Empfänger-Strukturen für die UMTS-Abwärtsstrecke“

Nach der Einleitung im 1. Kapitel wird im 2. Kapitel ein kurzer Überblick über den UMTS-Standard auf Grundlage des Releases 99 gegeben.

Im 3. Kapitel wird das DS-CDMA-Verfahren, welches im UMTS FDD Mode verwendet wird und die Grundlage dieser Arbeit bildet, sowie die Eigenschaften des physikalischen Übertragungsmediums im Detail beschrieben. Abschließend wird auf die grundlegende Empfängerstruktur für DS-CDMA Systeme eingegangen – der Rake-Empfänger.

Die Hauptaufgabe der Kanalschätzung ist die Bestimmung von Betrag und Phase der Kanalkoeffizienten. Dies kann sowohl blind geschehen, als auch mit Hilfe durch Pilotkanäle bzw. in dieser Arbeit mit Pilotsequenzen, wie es u.a. im UMTS-Standard vorgesehen ist. Eine nicht zu unterschätzende Nebenbedingung ist die Notwendigkeit nach einfachen Algorithmen im Downlink, im Sinne von benötigten Rechenoperationen und Speicherplatz und damit auch Leistungsaufnahme/Batterielebensdauer. Gerade dieses Problem verwehrt die Verwendung vieler Algorithmen, die den hier betrachteten Verfahren überlegen sind.

Als erstes wird im 4. Kapitel die korrelative Schätzung der Koeffizienten betrachtet, welche die Grundlage für alle weiteren Verfahren bildet, die ihre Ergebnisse weiter verarbeiten. Dabei wird zuerst die direkte Verwendung dieser Schätzung auf dem Empfang des DPDCHs betrachtet, bevor auf die Schätzungen mit zwei Pilotsequenzen, die mit Hilfe einer Mittelwertbildung bzw. linearen Interpolation verknüpft sind, eingegangen wird. Eine Verbesserung der Schätzqualität kann über eine Entscheidungsrückkopplung mit linearer Regression erfolgen und wird dann mit den bereits beschriebenen Algorithmen verglichen.

Es kann die Kanalschätzung mit Pilotsequenzen auch als Abtastproblem interpretiert werden und die klassische Lösung, das „si-Rekonstruktionstiefpass-Filter“ angewendet werden. Anstelle einer SI-Interpolation können auch andere FIR-Filter nach dem Remez-Entwurf für unterschiedliche Bandbreiten und damit auch optimiert auf die jeweiligen maximalen Geschwindigkeiten verwendet werden. Dieses Verfahren stellt nicht nur eine Erweiterung der SI-Interpolation dar, sondern erlaubt auch einen Kompromiss zwischen Zeitvarianz und Rauschdämpfung und wird am Ende des 4. Kapitels näher untersucht.

Eines der Hauptprobleme des UMTS-Systems im FDD-Mode stellt die Verschlechterung seiner Leistungsfähigkeit durch die Mehrnutzerinterferenz dar, die wiederum durch die Mehrwegeausbreitung des zeitvarianten Mobilfunkkanals verursacht wird. Der klassische Rake-Empfänger versagt dabei ab einer bestimmten Auslastung des Systems. Daher werden in Kapitel 5 andere Lösungsansätze entwickelt, die aufgrund der Leistungsaufnahme des Geräts, welche in direkter Abhängigkeit zu der benötigten Rechenleistung steht, möglichst einfach sein sollten. In der Literatur wurde gezeigt, dass die MUI als farbiges Rauschen angesehen werden kann. Demzufolge ergibt sich eine Lösung für dieses Problem indem der klassische Rake-Empfänger durch eine auf das farbiges Rauschen angepasste Version, dem so genannten Generalized Rake-Empfänger, ersetzt wird.

Eine Besonderheit des UMTS FDD-Systems im Downlink stellen die orthogonalen Spreizcodes dar, deren Orthogonalität aber durch die Mehrwegeausbreitung zerstört wird. Ein Lösungsansatz besteht darin den Kanaleinfluss zu entzerren, damit die Orthogonalität (teilweise) wieder hergestellt wird und damit ein Großteil der Intracell MUI ausgelöscht werden kann. Dabei unterscheidet man zwischen der Zero-Forcing Lösung, also dem Versuch ein zum Kanal inverses System als Entzerzer aufzubauen, und der MMSE-Lösung. Diese Entzerrerstrukturen können dabei sowohl im Chiptakt oder auch in Form eines T/2-Entzerriers im überabgetasteten Chiptakt entwickelt werden. Des Weiteren wird auf den Zusammenhang zwischen MMSE-Lösung im Chiptakt und G-Rake-Empfänger eingegangen.

Die Berechnung der Koeffizienten für die FIR-Filter über die Invertierung der Korrelationsmatrix ist oftmals bei zeitvarianten Kanälen aufwandsmäßig nicht praktikabel, weshalb adaptive weniger aufwendige Lösungen von Vorteil sind. Deshalb wird häufig der LMS-Algorithmus verwendet und im Rahmen dieser Arbeit noch zusätzlich die Lattice-Struktur vorgestellt. Eine Zusammenfassung schließt dann diese Arbeit ab.

Abstract: „Empfänger-Strukturen für die UMTS-Abwärtsstrecke“ (Receiver structures for UMTS downlink)

In chapter 1 an introduction is presented. The second chapter is giving a short overview about the UMTS standard according to its Release 99.

In chapter 3 the DS-CDMA scheme is described which is used in the UMTS FDD Mode and is needed for further understanding. Additionally the properties and the modeling of the mobile communication channel are explained. Finally the basic receiver structure for DS-CDMA system is derived – the Rake receiver.

The main task of the channel estimation (CE) is to determine the phase and the magnitude of the channel coefficients. They can be obtained with either a blind estimation or with the help of a pilot channel or pilot sequences according to the UMTS standard. One additional constraint to be considered is the need for simple algorithms due to power limitations. Due to that a lot of superior algorithms can not be utilized. At first in chapter 4 the correlative CE of the coefficients using the DPCCCH is reviewed which is also used for all other upcoming schemes. First the estimation of just one DPCCCH pilot sequence is used for its slot. After that, schemes with a better post processing are examined. Instead of taking just the one estimation belonging to the considered slot an average of multiple ones of the known periodically time-multiplexed pilot sequences can be used. Another very simple approach uses these sequences for interpolating the channel coefficients in between. An improvement of the estimation quality can be reached by using decision feedback and a linear regression. This scheme uses a linear interpolation first. Then it decides all symbols within the focused slot and takes them to do a new channel estimation using a linear regression to refine its estimation.

On the other side the CE can be seen as a sampling problem. The classical solution to this problem is the reconstruction by Sinc-interpolation. Besides of Sinc-interpolation a lowpass reconstruction which uses a Remez design optimized for a specific bandwidth and therefore for a specific maximum velocity is investigated. Instead of one Sinc-interpolator a set of these Remez lowpass reconstruction filters each optimized for a certain maximum velocity can be used and therefore a compromise between noise reduction and adaptation to the time variant channel coefficients can be found.

One of the major problems of DS-CDMA systems is its degradation of the performance due to Multi User Interference (MUI) which inherits from the multipath propagation of the mobile time variant channel. The classical Rake receiver structure can not cope with it, even in a partly loaded system. Because of this, another solution for the receiver has to be found. Looking at the downlink on the other side, power consumption of the cellular is also a strong issue. Therefore algorithms must be simple in terms of computational effort which are investigated in chapter 5 of this thesis.

It was shown that at least major parts of the MUI can be modeled as coloured noise. This results in an approach to adapt the Rake receiver to coloured noise the so called generalized Rake receiver. Another feature of UMTS is the orthogonality of its spreading codes, the so called Orthogonal Variable Spreading Factor (OVSF) codes. Of course it gets lost on the way between base station and cellular due to the multipath propagation channel. Therefore another possibility to fight intra-cell MUI, is to re-establish (partly) this orthogonality of these codes by using a zero-forcing approach or try to find a compromise between noise enhancement and orthogonality with a MMSE scheme. This can be done either on chip or subchip level. Additional there is an equivalence between the MMSE equalizer on chip level and G-Rake algorithm.

Since the direct approach is quite expensive in terms of computational effort many approaches use some iterative algorithm like LMS to adapt its coefficients to the time variant channel. In this thesis we also introduce the Lattice structure for this task. A executive summary finalizes this work.