

Forschungsberichte aus dem Arbeitsbereich Nachrichtentechnik
der Universität Bremen

Band 19

Jürgen Rinas

**Blinde Quellenseparierung
in Kommunikationssystemen**

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 978-3-8322-8387-2

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

Blinde Quellenseparierung in Kommunikationssystemen

Zusammenfassung

Die ständige Forderung nach immer höheren Übertragungsraten für multimediale Inhalte führt dazu, dass die knappe Ressource – Funkbandbreite – kostbarer und teurer wird. Daher ist es wünschenswert, wenn dieselben Frequenzbereiche von mehreren Nutzern zur gleichen Zeit genutzt werden könnten. Dieses ist möglich, indem zukünftige Übertragungssysteme den Raum als zusätzliche – bis jetzt nur in geringem Umfang genutzte – Ressource nutzen.

Diese Arbeit liefert einen Beitrag, die Funkressource Raum durch Mehrantennensysteme in effizienter Weise zu nutzen. Als algorithmischer Ansatzpunkt für die empfängerseitige Signalverarbeitung wird die blinde Quellenseparierung verwendet. Dabei wird ein Signalgemisch, das mit Hilfe mehrerer Antennen empfangen wird, ausschließlich auf Basis der Eigenschaft, dass die Signale von statistisch unabhängigen Quellen stammen, getrennt. Das empfangene Signalgemisch kann dabei von einer senderseitigen Antennengruppe oder von mehreren an unterschiedlichen Positionen platzierten Sendern stammen. Das allgemeine Problem der blinden Quellenseparierung wird in dieser Arbeit durch Optimierungen, die die speziellen Eigenschaften von Kommunikationssignalen (z.B. endliches Symbolalphabet) ausnutzen, erweitert.

Im Rahmen dieser Arbeit werden verschiedene Ansätze zur Separierung und Datendetektion verfolgt: Für spektral flache, räumliche Signalgemische werden aus der Literatur entnommene Verfahren (JADE, MADE, fastICA) unter gleichen Randbedingungen verglichen und bewertet. Diese Algorithmen basieren auf Kriterien, die mit Hilfe der Statistik höherer Ordnung ausgedrückt werden.

Eine andere Familie von Verfahren zur Lösung des spektral flachen Separierungsproblems nutzt die geometrischen Eigenschaften der Kommunikationssignale (Constant Modulus). Es wird gezeigt, dass eine Verknüpfung der Idee der blinden Quellenextrahierung (auch im fastICA-Ansatz verwendet) mit dem Constant Modulus Kriterium zu einem neuen, recheneffizienteren Verfahren führt. Eine erheblich gesteigerte Leistungsfähigkeit im Vergleich zu klassischen Separierungsansätzen, die räumliche, lineare Filter dimensionieren, bietet die hier vorgestellte Kombination eines hybriden Schätzungs- und Detektionsverfahrens, das eine blinde Quellenseparierung zur Initialisierung eines Detektionsverfahrens nutzt. Die Detektion wird iterativ zur Verbesserung der initialen Schätzung des räumlichen Separierungsfilters verwendet.

Für den Fall von frequenzselektiven MIMO Kanälen werden ein Subraumansatz und verschiedene Ansätze, die auf OFDM-Übertragungen basieren, vorgestellt und verglichen.

Einige Untersuchungen und Erweiterungen von blinden Verfahren im Bereich der Synchronisation und SNR-Schätzung ergänzen die Arbeit und führen bis zu praktischen Messungen mit den im Arbeitsbereich Nachrichtentechnik / Universität Bremen realisiertem MIMO Demonstrator. Messungen zeigen die praktische Einsetzbarkeit der blinden Quellenseparierung.

Blinde Quellenseparierung in Kommunikationssystemen (Blind Source Separation in Communication Systems)

Abstract

The continuous demand of higher data rates for multimedia applications leads to a shortage of the radio resource bandwidth. Therefore it would be desirable to use the same part of the electromagnetic spectrum by many users at the same time. This is possible by using the resource “space” as an additional radio resource - which is currently used only to a minor degree.

This thesis is a contribution to utilize the resource “space” in a more efficient way. The algorithmic starting point for the receiver side signal processing focused on is blind source separation. For a blind source separation setup signals that have been received with many antennas will be separated based only on the property that the signals were coming from statistically independent sources. The received mixture of signals may originally stem from one antenna array or many sources located at different positions. The general problem of source separation will be extended within this thesis in order to utilize the particular properties of communication signals (e.g. finite alphabet).

Within this thesis different approaches for separation and data detection are investigated: For non frequency selective signal mixtures some algorithms taken from the literature (JADE, MADE, fastICA) are compared and evaluated. These algorithms are based on criteria expressed in higher order statistics. An other family of methods to solve the flat separation problem utilize a geometric property of communication signals (constant modulus). It will be shown that combining the idea of blind source extraction (also used in the fastICA algorithm) with the constant modulus criterion, leads to a new computationally efficient algorithm. A substantial approved performance, compared to classical source separation approaches dimensioning a spatial filter, can be reached with a hybrid combination of estimation and detection approach presented here. The initialization of subsequent estimation and detection iterations is done using a blind source separation, which leads to an overall blind algorithm.

For frequency selective MIMO channels a subspace approach and approaches that are based on OFDM communication systems are presented and compared.

Some research and extensions of blind algorithms for synchronization and SNR estimation problems complete this thesis and enable practical measurements using the MIMO demonstrator that has been realized at the Department of Communication Engineering / University of Bremen. Results of measurements demonstrate the practical application of blind source separation concepts.