

Compressive Sensing Multi-User Detection Approaches for Sporadic Communication

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Ingenieurwissenschaften (Dr.-Ing.)

vorgelegt dem Fachbereich 1 (Physik/Elekrotechnik)

der Universität Bremen

von

Dipl.-Ing. Henning F. Schepker

Tag des öffentlichen Kolloquiums: 15.10.2015

Gutachter der Dissertation: Prof. Dr.-Ing. A. Dekorsy

Prof. Dr.-Ing. V. Kühn

Weitere Prüfer: Prof. Dr.-Ing. C. Bormann

Prof. Dr.-Ing. S. Paul



Bremen, Dezember 2015

Dissertationen aus dem Arbeitsbereich Nachrichtentechnik der
Universität Bremen

Band 1

Henning F. Schepker

**Compressive Sensing Multi-User Detection
Approaches for Sporadic Communication**

D 46 (Diss. Universität Bremen)

Shaker Verlag
Aachen 2015

Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek

The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche

Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available in the Internet at

<http://dnb.d-nb.de>.

Zugl.: Bremen, Univ., Diss., 2015

Copyright Shaker Verlag 2015

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publishers.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-4111-8

ISSN 2366-276X

Shaker Verlag GmbH • P.O. BOX 101818 • D-52018 Aachen

Phone: 0049/2407/9596-0 • Telefax: 0049/2407/9596-9

Internet: www.shaker.de • e-mail: info@shaker.de

Preface

Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Arbeitsbereich Nachrichtentechnik des Instituts für Telekommunikation und Hochfrequenztechnik der Universität Bremen.

Zuerst möchte ich Herrn Prof. Dr.-Ing. A. Dekorsy herzlich dafür danken, dass er meine Promotion ermöglicht hat. Insbesondere, dass er mir die Gelegenheit gegeben hat mit Compressive Sensing basierter Mehrnutzerdetektion ein völlig neues Thema zu untersuchen und mich hierbei mit hilfreichen Anregungen und Hilfestellungen unterstützt hat. Ausserdem möchte ich Herrn Prof. Dr.-Ing. V. Kühn von der Universität Rostock für die Übernahme des Zweitgutachtens danken. Den Herrn Prof. Dr.-Ing. C. Bormann und Prof. Dr.-Ing. S. Paul bin ich für ihre Tätigkeit als Prüfer verbunden.

Ich möchte meinen Kollegen am Arbeitsbereich Nachrichtentechnik für die angenehme Arbeitsatmosphäre und den anregenden Austausch zu den verschiedensten Themen danken. Insbesondere bedanke ich mich bei Herrn Dr.-Ing. Carsten Bockelmann, der das Thema Compressive Sensing am Arbeitsbereich Nachrichtentechnik maßgeblich gefördert hat und mit zahlreichen Diskussionen geholfen hat meine Forschung weiter zu entwickeln. Zusätzlich möchte ich den Herrn M.Sc. Yafei Ji, M.Sc. Fabian Monsees und M.Sc. Tobias Schnier dafür danken, dass sie durch ihre Forschungen das Themengebiet des Compressive Sensing im Kontext von Kommunikation erweitert haben. Nicht zuletzt waren die Diskussionen der Manuskriptfassungen mit Herr Dr.-Ing. Carsten Bockelmann und Herr M.Sc. Fabian Monsees sehr hilfreich und konstruktiv für das entstehen der jetzt vorliegenden Fassung der Arbeit.

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gilt mein Dank für die

Förderung während der Projektlaufzeit.

Dezember 2015

Henning F. Schepker

Contents

Preface	III
1 Introduction	1
1.1 Motivation	1
1.2 Goal of this Thesis	3
1.3 Main Contributions of this Thesis	4
1.4 Thesis Structure	6
1.5 Conventions and Nomenclature	7
2 Compressive Sensing based Multi-User Detection	9
2.1 Chapter Overview	9
2.1.1 Main Contributions of this Chapter	9
2.1.2 Chapter Structure	10
2.2 Sporadic Transmission Model	11
2.2.1 Uplink Transmission	11
2.2.2 Downlink Transmission	14
2.3 Compressive Sensing	15
2.3.1 Origins of Compressive Sensing	16
2.3.2 Applying Compressive Sensing to Multi-User Detection	17
2.3.3 New Aspects for Compressive Sensing	18
2.4 Compressive Sensing Reconstruction Approaches	24
2.4.1 Convex Optimization	24
2.4.2 Iterative Thresholding	26
2.4.3 Greedy Compressive Sensing Algorithms	27
2.4.4 Block-Sparse Reconstruction	32
2.5 Parameter Setup for Simulations	34
2.6 Evaluation of Reconstruction Performance	35
2.6.1 Recovery Guarantees	36
2.6.2 Error Rates	41
2.6.3 Phase Diagrams	46

2.7 Chapter Summary	54
3 Impact of Wireless Transmission on CS based MUD	57
3.1 Chapter Overview	57
3.1.1 Main Contributions of this Chapter	57
3.1.2 Chapter Structure	58
3.2 Medium Access for CS based MUD	59
3.2.1 Code Division Multiple Access	60
3.2.2 Multi-Carrier Code Division Multiple Access	74
3.2.3 Other Multiple Access Schemes	78
3.3 Coping with Wireless Channels	79
3.3.1 Delay Estimation	81
3.3.2 Joint Channel, Activity and Data Estimation	86
3.4 Chapter Summary	99
4 Combining Channel Coding and CS Reconstruction	103
4.1 Chapter Overview	103
4.1.1 Main Contributions of this Chapter	103
4.1.2 Chapter Structure	104
4.2 Channel Coding in Sporadic Communication	105
4.2.1 Segmentation into Subproblems	106
4.3 Node Activity Decision after CS Reconstruction	109
4.4 Exploiting Channel Decoding via Iterative Feedback	113
4.5 Incorporating Decoding into CS Reconstruction	120
4.6 Extension to Soft-Decision	126
4.7 Chapter Summary	129
5 Summary	131
Acronyms	135
List of Symbols	139
Bibliography	142
Index	153