JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	マルチユーザ・マルチアンテナ繰り返し受信機における電力配分法の研究
Author(s)	Tervo, Valtteri Topias
Citation	
Issue Date	2015-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	ETD
URL	http://hdl.handle.net/10119/12752
Rights	
Description	Supervisor:松本　正，情報科学研究科，博士

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

氏　　名	VALTTERI TOPIAS TERVO		
学位の種類	博士(情報科学)		
学位記番号	博情第 319 号		
学位授与年月日	平成 27 年 3 月 20 日		
論文題目	Joint Multiuser Power Allocation and Iterative Multi-antenna Receiver Design （マルチユーザ・マルチアンテナ繰り返し受信機における電力配分法の研究）		
論文審査委員	主査	松本　正	北陸先端科学技術大学院大学　教授
		金子　峰雄	同　教授
		Brian Kurkoski	同　准教授
		村田　英一	京都大学　准教授
		Henk Wymeersch	Chalmers University　准教授
		Li Ping	City University of Hon Kong　教授

論文の内容の要旨

This thesis concentrates on joint optimization of transmit power allocation and receive filtering in multiuser, multi-antenna communications. Due to the increasing number of wireless devices, the design of energy-efficient communication links is becoming increasingly important. In cellular mobile communications, reducing the average power consumption in uplink transmission is beneficial for users in order to extend battery life and, hence, energy efficiency in general. However, the power consumption of the high power amplifier (HPA) at the transmitter depends on the peak power of the transmission. This thesis focuses on power allocation problems for single-carrier (SC) frequency division multiple access (FDMA) and orthogonal FDMA (OFDMA) transmission assuming iterative reception.

The goal in the first scheme presented in this thesis is to reduce the average power consumption by designing a power allocation method that takes into account the convergence properties of an iterative receiver in multiuser uplink communications. The proposed scheme can guarantee that the desired quality of service (QoS) is achieved after a sufficient number of iterations.

Reducing the peak-to-average power ratio (PAPR) in any transmission system is beneficial because it allows the use of inexpensive, energy-efficient power amplifiers.

The goal in the second scheme presented in this thesis is to control the PAPR of the transmitted signal. Hence, in addition to the QoS constraint, the instantaneous PAPR constraint is derived for SC-FDMA and OFDMA transmission. Moreover, a statistical approach is considered in which the power variance of the transmitted waveform is controlled. The QoS and PAPR constraints are considered jointly and, therefore, the proposed power allocation strategy jointly takes into account the channel quality and the PAPR characteristics of the power amplifier. However, the PAPR constraint can be adopted to any SC-FDMA or

OFDMA framework and it is not restricted to the scheme presented in this thesis. The objective of the optimization problems considered through-out the thesis is to minimize the sum power. The majority of the derived constraints are non-convex and therefore, two alternative successive convex approximations (SCAs) are derived for all the non-convex constraints considered.
The numerical results show that the proposed power allocation strategies can significantly reduce the average transmission power of users while allowing flexible PAPR control. Hence, the proposed methods can be used to extend battery life for users and especially improve the QoS at the cell edges.

Keywords: Power minimization, soft interference cancellation, MMSE receiver, multiuser detection, single carrier, OFDMA, EXIT chart, convergence constraint

論文審査の結果の要旨

ターボ等化とは、等化信号処理部と復号器の間で対数尤度比を交換する繰り返し処理によって、マルチパス電波伝搬による符号間干渉を除去する技術で、復号器と等化信号処理部の相互情報量伝達特性（Extrinsic Information Transfer curve：EXIT 曲線と言われる）が乖離なく整合していれば、通信路容量に漸近する特性が得られることが知られている。ターボ等化は、ターボ符号・復号の応用技術であり、第四世代 LTE 通信システム、第五世代モバイルワイヤレス通信システム等の広帯域ワイヤレス通信システムに不可欠な技術である。

通信路に周波数選択性がある場合、送信側において送信電力を一定に保ったまま「注水定理」に基づく周波数領域電力配分を行えば、通信路容量を最大にすることができる。しかし、受信側でターボ等化を行う場合、周波数領域電力配分によって通信路特性が変化するために、等化信号処理部と復号器の EXIT 曲線が整合しなくなり、期待される最適特性が得らなくなる。学位申請者この問題を EXIT 曲線上に複数の拘束条件を付けた最適化問題として定式化し、マルチユーザ・マルチアンテナ・マルチキャリアシステムの環境において、周波数領域電力配分問題の最適解の導出に成功した。さらに、送信信号の瞬時電力対平均電力比(Peak-to-Average Power Ratio: PAPR)を拘束条件に追加することで、システム全体の送信電力最小化に成功した。手法は、繰り返し凸最適化や直交拘束などの、高度な最適化手法を駆使したもので、高い学術性を有する。得られた結果は、実用システムに適用可能であり、地球にやさしい通信システム（電力消費量の低減）に寄与する。

学位申請者はオウル大学・JAIST デュアル学位プログラムへの参加者であり、学位審査会はオウル大学において、両校の審査条件を満たすように実施された。学位申請者は短時間のプレゼンテーションの後、5 名の審査員との 2.5 時間にわたる質疑応答を行うという、極めて厳しい条件が課された。学位申請者は過酷な質問に対して明確にわかりやすく回答した。審査会直後において行われた審査委員会（両校、個別に行われた）において「合格」の評価を得た。学位申請者は、教授会による承認を経て、オウル大学・JAIST デュアル学位プログラムによる最初の学

位取得者となる予定である（オウル側では、最初のデュアルディグリー取得者としてメディア報道されている）。