

Title	シングルキャリア広帯域無線通信のためのスペクトラム利用効率に優れたターボ受信技術
Author(s)	高野, 泰洋
Citation	
Issue Date	2016-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	ETD
URL	http://hdl.handle.net/10119/13514
Rights	
Description	Supervisor: 松本 正, 情報科学研究科, 博士

氏 名	高 野 泰 洋
学 位 の 種 類	博士(情報科学)
学 位 記 番 号	博情第 342 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 28 年 3 月 24 日
論 文 題 目	Spectrally Efficient Turbo Reception Technologies for Single-Carrier Broadband Wireless Communications (シングルキャリア広帯域無線通信のためのスペクトラム利用効率に優れたターボ受信技術)
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 KURKOSKI, Brian Michael 同 准教授 大鐘 武雄 北海道大学 教授 Monica Nicoli Politecnico di Milano 助教 Christoph Mecklenbräuer Technische Universität Wien 教授

論文の内容の要旨

Future broadband wireless communication systems are expected to increase both their transmission (TX) rate and their spectrum efficiency under the constraints of low TX power and a low computational complexity. In general, a data sequence is transmitted together with overheads such as training sequence (TS) required to perform energy- and computationally-efficient reception techniques. We hence have a trade-off between the spectral efficiency and the receiver performance. The objective of this thesis is to enhance robustness of the receiving algorithms with reasonable complexity, aiming to improve the trade-off.

For this purpose, ℓ_1 regularized channel estimation techniques are studied under an assumption that broadband wireless channels observed at a receiver does not fully exhibit dense nature in a low to moderate signal-to-noise ratio (SNR) regime. This thesis proposes a novel conditional ℓ_1 regularized minimum mean square error (MMSE) channel estimation and chained turbo estimation (CHATES) algorithms to solve the inter-block-interference (IBI) problem incurred as the result of pursuing spectral efficiency. A new ℓ_1 least squares (LS) and ℓ_2 MMSE-based hybrid channel estimation algorithm is also proposed to solve the tracking error problem often observed with intermittent transmission. Moreover, performance analysis shows that an ℓ_1 regularized MMSE channel estimation algorithm can achieve the Cramér-Rao bound (CRB) asymptotically even when random TSs are used.

This thesis further studies frequency domain turbo equalization techniques without cyclic prefix (CP) transmission to improve the spectral efficiency. The previously-proposed chained turbo equalization, referred to as CHATUE1, allows us to use a lower rate code. However, it can suffer from the noise

enhancement problem at the equalizer output. As a solution to the problem, this thesis proposes a new algorithm, CHATUE2. The theoretical analysis supported with simulation results shows that the proposed CHATUE2 can solve the problem after performing enough turbo iterations by utilizing a new composite replica constructed with the conventional soft replica and received signals.

Keywords: Subspace-based channel estimation, compressive sensing, turbo channel estimation, turbo equalization, spectral efficiency.

論文審査の結果の要旨

本学位論文は、広帯域シングルキャリア伝送で生じるシンボル間干渉を除去するための周波数領域ターボ等化に関連するいくつかの難しい問題を解決している。主要な成果は以下の3点に要約できる。

- (1) 従来のマルチバーストサブスペースチャネル推定に L1 ノルム拘束圧縮センシングを適用するためのアルゴリズムを提案している。その結果、従来から知られている L2 ノルム拘束と比較して、チャネルを生成する共通サブスペースの変動が激しい場合に、L1 ノルム拘束が有効な手段であることを明らかにしている。さらに、演算量の厳密な比較を行い、L1 ノルム拘束アルゴリズムではアクティブセット解析が演算の主要部分を占めることを明らかにしている。アクティブセット解析の頻度を低減させるために、共通サブスペースの変動が緩慢な場合には L2 ノルム拘束を、激しい場合には L1 ノルム拘束併用するハイブリッド型チャネル推定法を提案している。これによって、演算量を増大させることなく良好なターボ等化特性が達成できることを示している。
- (2) スペクトラム利用効率を改善させるために、周波数領域ターボ等化に必要なサイクリックプリフィックスを除去しつつ、雑音強調を受けないアルゴリズムとそれに適するフレーム構成を明らかにしている。さらに、この処理に適したチャネル推定アルゴリズムを提案している。これにより、スペクトラム利用特性に優れかつ雑音強調を発生させない受信特性の達成が可能となった。
- (3) 上述の(2)に(1)を適用することで、上述(2)の周波数領域ターボ等化器が、チャネルを生成する共通サブスペースの変動が激しい場合でも適用可能とした。

学位申請者はオウルデュアル協働教育プログラムの参加者であり、テレビ会議システム等を用いて両会場、及び外国人審査委員がお互いを見ることができ環境下で共同審査会が進められた。両校で合意されたプロトコルに従って、章毎に審査委員が質問を行う形式の審査会で極めて厳格に行われた。本学位論文の骨格を成す部分は全て関連分野のトップジャーナルで出版(IEEE フルジャーナル 2 本、ショート 1 本)されている。審査委員の評価にも明記されるように、非常に高い評価(審査委員全員が A 評価)を得た。オウル側の評価基準においても Pass with Honor (トップ 15% のレベル)に相当することを評価者全員が確認した(現在、オウル大学内でトップ 15% のレベルに評価されるかを認定中)。以上、述べたように本論文は、学術的に貢献するところが大きい。よって博士(情報科学)の学位論文として十分価値あるものと認めた。