HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Wireless OFDM Channel Estimation using a Stochastic Approach [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	萩原, 淳一郎
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第12485号
Issue Date	2016-12-26
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/64461
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Junichiro_Hagiwara_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　博士 (工学)　　氏名　萩原淳一郎

審査担当者　主　査　教　授　大鐘 武雄
副　査　教　授　宮永 喜一
副　査　教　授　齊藤 晋聖

学位論文題名

Wireless OFDM Channel Estimation using a Stochastic Approach
（確率・統計的なアプローチを用いた無線 OFDM チャネル推定）

近年無線通信に対する需要は一層拡大しつつあり, この様な要望には広帯域伝送に適した信頼性の高い伝送技術である OFDM (orthogonal frequency division multiplexing) 伝送の適用がふさわしい. 移動通信環境ではマルチパスフェージング (周波数選択性フェージング) が不可避であるものの, 伝送路のフェージング歪を推定し補償することで緩和が可能である. 従って, 伝送路推定の精度向上は無線容量を改善する重要な課題であることがわかる. 本論文では, 無線 OFDM 伝送における伝送路推定精度の改善を目的とし, 確率・統計的なアプローチを用いて伝送路統計量 (時変) を適切に考慮する方法について検討を行っている. さらに, 理論的には等価な一括型の推定処理と逐次型の推定処理の間の現実的な差についても明確化が図られている.

具体的な内容は次のようになっている. まず第 1 章では, 研究の背景・目的, 及び論文の構成について述べている. 続いて第 2 章では, 検討の予備情報として, 前提条件,OFDM 伝送の定式化, 確率フィルタリングの基礎について述べている.

第 3 章では, 伝送路統計量を適切に反映するモデル化について提案している. このモデル化は二つの方法からなっており, 一つは推定精度を改善する方法, もう一つは計算量を低減する方法である. 最初の方法では, 状態空間モデルに基づいて周波数相関を明示的に考慮する. 続く方法は最初の方法に基づいており, 周波数相関行列を打ち切って疎な三重対角行列に近似することで乗除算回数を低減する. 提案法の効果は数値的に検証され, 従来のカルマンフィルタに基づく方法に比べ, 符号化利得が最大 3dB 程度向上し, 計算量の増加は 2% で済む事が確認されている.

第 4 章では, 時変化する伝送路統計量に追従するために, 伝送路とその統計量の同時推定手法を提案している. 具体的には, 逐次モンテカルロ法に基づく非線形フィルタリング手法である Liu and West filter (LWF) 法をベースとし, 伝送路はパイロットチャネルの周波数応答として, またその統計量はモデルの超パラメータとして推定を行う. その結果, 従来の LWF には課題があり, 雑音が多い環境では過学習が発生して尤度の精度が劣化し, 超パラメータの推定に大きなバイアスが発生することが明らかになった. この課題は既存の平滑化法では解消できないため, カルマン平滑化を用いた新たな正則化法により LWF の改善を図るものとした. 伝送路統計量として最大ドップラ周波数と遅延スプレッドの両方が未知の場合, 従来の LWF では大幅に特性が劣化し LS (least-squares) 法より悪くなる場合もあるのに比べ, 提案法は超パラメータの推定の失敗を回避することで従来法を上回る特性を示し (符号化利得は最大 10dB 程度向上), 性能の下界に迫る良好な特性を達成できることが明らかとなった.

第 5 章では, 伝送路統計量が急変した場合にも対応が可能なように, その検出方法を提案している. 伝送路統計量の急変が適切に検出できれば, それに応じて伝送路推定処理をリセットすることで速やかな追従が可能となり, 伝送路推定精度の劣化を防止することができる. この目的のために, カルマンフィルタで得られるイノベーションを活用した検出法を提案した. 遅延スプレッドが急変する場合の計算機シミュレーションを通じ, 統計理論に基づく急変の検出が可能であることが明らかとなった.

第 6 章では, 定常過程に対するウィナーフィルタとカルマンフィルタに関して現実的な比較を行い, 推定の処理形態に応じた特性の差を初めて明らかにしている. 具体的には, 計算機シミュレーションと机上計算を通じ, 公平な条件の下で各手法の推定精度と計算量を数値的に検証した. その結果, 推定精度に関しては逐次処理による累積誤差がない分ウィナーフィルタの方がわずかに良く, 計算量に関しては大規模な行列演算がない分カルマンフィルタの方が大幅に少なくなることが明らかになった.

最後に第 7 章では, それまでの章で検討した内容をまとめ, 結論を述べている.

これを要するに, 著者は, 伝送路の状態が時変化する移動通信環境において OFDM 伝送を行う際, 確率・統計的なアプローチを用いて伝送路の推定精度を向上させる手法を確立したものであり, 周波数選択性フェージング歪を高精度に補償することを可能としたという点で, 無線通信工学に貢献するところ大なるものがある. よって, 著者は北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格あるものと認める.