

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	時空間相関の統計情報を利用したMIMOチャネル推定に関する研究
Title(English)	MIMO Channel Estimation Exploiting Spatiotemporal Correlation Statistics
著者(和文)	成瀬洋介
Author(English)	Yousuke Naruse
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9464号, 授与年月日:2014年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:高田 潤一,高橋 邦夫,山下 幸彦,荒木 純道,府川 和彦
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9464号, Conferred date:2014/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	成瀬 洋介		
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	高田 潤一	教授	審査員	府川 和彦	准教授
	審査員	高橋 邦夫	教授			
		山下 幸彦	准教授			
荒木 純道		教授				

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は”MIMO Channel Estimation Exploiting Spatiotemporal Correlation Statistics”(時空間相関の統計情報を利用した MIMO チャネル推定に関する研究)と題し、英文 5 章からなる。

第 1 章 “Introduction” では、MIMO (multiple-input multiple-output) 伝送システムにおけるチャネル推定問題の重要性を説明し、チャネル推定性能の向上のためには、時空間チャネル変動の適切なモデル化と、その相関情報を利用した推定手法が重要であることを説明している。また、MIMO システムによる通信路容量の向上を最適サンプリング問題と捉え、MIMO アンテナ選択システムによって通信路容量の向上が可能となる原理を説明している。MIMO アンテナ選択システムにおいては、チャネル測定的手法に関して様々な形態を考慮する余地があることを指摘し、以降において通常の MIMO システムと MIMO アンテナ選択システムの両者を含めた一般的な議論を行う旨を述べている。また、これまでの統計情報を用いたチャネル推定方式に関して述べた上で、以降の章でなされる各技術検討の繋がりと、それぞれが適用可能なシステム要件についてまとめている。

第 2 章 “MIMO Channel Estimation by the Kalman Filtering” では、MIMO チャネルが典型的な時空間特性モデルであるマルコフ・クロネッカモデルに従っていると仮定した場合、かつ、チャネルの確率的性質が時間変化しないという理想的な状況における最適なチャネル推定手法を検討している。この状況では、確率的性質を表すパラメタを事前に統計情報として取得し利用可能であると仮定でき、この仮定の下で最良なチャネル推定を行うカルマンフィルタが出力する誤差共分散情報を利用すれば、毎回の推定に最適なトレーニング系列の設計が可能であることを示し、その有効性をシミュレーションによって実証している。また、アンテナ選択システムにおいて統計情報を活用することで、アンテナの接続を切り替えての複数回の推定を不要とするチャネル推定手法を提案し、時間相関が十分に高い環境下においては、その手法が有効であることをシミュレーションによって示している。

第 3 章 “EM-based Estimation of Spatiotemporal Correlation Statistics” では、実環境では未知であり、かつ時間的に変化する時空間の確率的性質を統計的に推定する手法について議論している。統計情報の時間変化に追従するために忘却係数を導入した上で、チャネルの時間変化に関する統計情報を求める際に必要である確率変数が、直接観測できないことに注目し、期待値最大化アルゴリズムの考え方を導入した推定手法を導出し、その有効性を移動通信における標準的なチャネルモデルである 3GPP-SCME を用いたシミュレーションによって検証している。小さな忘却係数においても精度の高い推定を行うことが可能であり、特に推定誤差の最大値を低減させる効果があると述べている。

第 4 章 “Two-Stage Training Resource Allocation for Antenna Selection Systems” では、アンテナ選択システムのもつチャネル測定の構造を活用することによって、具体的なチャネルの時間変化モデルを仮定することを必要とせずに、チャネル推定の精度を向上させることができることを示している。提案された手法では、粗い時間相関の推定値を使用し、複数のトレーニング系列長を最適に調節することによって、アンテナの選ばれやすさに注目したロバストな推定が可能であるとしている。手法の有効性は 3GPP-SCME を用いたシミュレーションによって検証されている。提案手法を時空間の統計情報を活用したカルマンフィルタによる推定精度の向上と比較すると改善の程度は少ないものの、変化の激しい空間相関情報を利用していない点、正確な時間相関の事前情報を必要としない点、および実装が容易である点が提案手法の利点であるとしている。

第 5 章 “Conclusion” では本研究で得られた成果を総括すると共に、今後の学術的課題について述べている。

以上を要するに、本論文は、MIMO 伝送システムで重要となる高精度なチャネル推定を少ない無線リソースで実現する問題に関して、アンテナ選択システムを含めた一般的な議論において、チャネル統計情報の推定に関する基礎的な問題の定式化と推定手法の構築、統計情報を活用した最適な推定手法の構築と性能の検証結果を示したものであり、工学上並びに工業上貢献するところが大きい。よって本論文が博士 (工学) の学位論文として十分価値あるものと認める。