

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Design of Distributed Sensors-based Wireless Geolocation and Tracking System for Fast-Moving Target with Temporal Empirical Non-Stationarity
著者(和文)	JIANGLEI
Author(English)	Lei Jiang
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京科学大学, 報告番号:甲第19号, 授与年月日:2024年12月31日, 学位の種別:課程博士, 審査員:高田 潤一,山下 幸彦,笠井 康子,秋田 大輔,青柳 貴洋
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Institute of Science Tokyo, Report number:甲第19号, Conferred date:2024/12/31, 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	JIANG Lei		
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	青柳 貴洋	准教授
	審査員	山下 幸彦	教授			
		笠井 康子	教授			
		秋田 大輔	准教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は“Design of Distributed Sensors-based Wireless Geolocation and Tracking System for Fast-Moving Target with Temporal Empirical Non-Stationarity”と題し、英文5章よりなる。 第1章“Introduction”では、民間航空機における航法機器の冗長化のために電波による位置推定および追跡の必要性が高まっており、特に局間同期を必要としない到来方向(DOA)推定を使用した分散センサによる位置推定が有力な手法であると述べ、既存の手法について概観した課題として、高分解能 DOA 推定を実現する部分空間法における多重伝搬波の分離、有限時間の観測に起因する非定常性の取り扱い、分散センサに対する非線形の位置推定、高速移動に対する位置追跡があるとし、本研究の目的を、高速移動する航空機からの電波の到来方向推定を行う分散センサにより位置推定・追尾を行うシステムを構築することにある、としている。 第2章“Distributed Sensors-based Geolocation and Tracking System”では、アレーアンテナを用いた既存の DOA 推定手法、分散センサにおける位置推定および追跡手法に関する既存研究を整理し、原理、長所、短所について検討している。DOA 推定では、部分空間法がビームフォーミング法や最尤法に比べて分解能が高い一方、多重波伝搬により生じた複数のコヒーレント信号を分離するためには空間平均や時間平均といった平滑化処理により信号間の相関を下げる必要があるとしている。位置推定では遅延時間を用いた多重測位と DOA を用いた三角測量に大別でき、測定誤差を考慮して最大事後確率(MAP)推定を効率的に行うファクタグラフ(FG)法が計算効率の観点から有利であるとしつつも、高速な変動に対する追従性には課題があるとしている。非線形問題で広く用いられる拡張カルマンフィルタ(EKF)を追跡手法として取り入れることで、高移動度の位置推定および追跡に対処するための頑健なアルゴリズムの必要性に言及している。 第3章“Two-Dimensional Smoothing for DOA Estimation and Tracking”では、観測に起因する非定常性を有するコヒーレント信号間の相関抑圧について検討している。高速に移動する航空機から伝搬経路が異なる2波が到来する場合、両者の角度差およびドブラ周波数差を用いて相互相関を抑圧するために、空間軸および時間軸上での2次元平滑化を行う手法を提案している。観測に起因する非定常性は多重波干渉の位相差により生じることからこれを変数とし、理論解析および数値シミュレーションにより提案法を従来法である1次元平滑化と比較し、常に提案法の方が高い分離性能が実現できることを示している。さらに、時間変化する信号部分空間を再帰的に追跡するLORAF(low rank adaptive filter)アルゴリズムを、部分空間法のひとつであるMUSIC(multiple signal classification)法と組み合わせたMUSIC-LORAFを提案し、信号部分空間の推定に要する計算量を大幅に削減するだけでなく、観測に起因する非定常環境での信号部分空間の追跡性能を向上し、頑健で高精度の信号分離および到来方向推定が行えることを明らかにしている。 第4章“FG-based geolocation and tracking”では、高速で飛行する航空機の位置を推定するために、DOA 情報を用いたファクタグラフによる位置推定手法(FG-GE)を提案している。FGの入力となるDOA 情報は第3章の手法により取得し、角度と位置の非線形関係を1次テイラー展開することで誤差のガウス性を保持し、位置に関するMAP 推定を行うFG-GEを提案し、計算機シミュレーションにより、観測に起因する非定常環境において従来手法より計算量が少なく、より正確な位置推定が可能であることを示している。さらに、FG-GEにEKFによる追跡の機能を追加したFG-GE-TRを提案し、追跡を安定に行うために2つの忘却係数を導入し、運用条件に即した最適な忘却係数の決定法についても議論し、安定した追跡が行えることを示している。 第5章“Conclusion”では、本論文の主な結論と貢献について整理するとともに、提案法の適用範囲と今後の課題について延べている。 以上を要するに、本論文では民間航空機の航法支援を目的として、航空機からの電波の到来方向推

定を行う分散センサにより位置推定・追尾を行うシステムの構築方法を提案したもので、工学上ならびに工業上寄与するところが多い。よって、我々は本論文を博士（工学）の学位論文として十分価値あるものと認める。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。