

Title	通信損失が存在する場合の群ロボットの位置推定の効率化に関する研究
Author(s)	神ノ尾, 淳
Citation	
Issue Date	2016-09
Type	Thesis or Dissertation
Text version	ETD
URL	http://hdl.handle.net/10119/13829
Rights	
Description	Supervisor: 丁 洛榮, 情報科学研究科, 博士

氏 名	神ノ尾 淳
学 位 の 種 類	博士(情報科学)
学 位 記 番 号	博情第 351 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 28 年 9 月 23 日
論 文 題 目	通信損失が存在する場合の群ロボットの位置推定の効率化に関する研究
論 文 審 査 委 員	主査 丁 洛 榮 北陸先端科学技術大学院大学 教授
	浅 野 文 彦 北陸先端科学技術大学院大学 准教授
	新 井 健 生 大阪大学 教授
	谷 川 民 生 産業技術総合研究所 企画室長
	李 根 浩 宮崎大学 准教授

論文の内容の要旨

In this research, in swarm robotics which many robots realize the desired function by cooperating their motions each other, we focus on the formation control which makes many robots to converge to desirable formation from randomly deployed initial position, and address the problem “how can we estimate robots’ positions efficiently and accurately when communication loss among robots has occurred?”

In this thesis, we firstly target the control method especially for equilateral triangle lattice as target configuration in formation control. At first, we proposed the evaluation indices to measure the degree of convergence of robots from randomly deployed initial positions to the target equilateral triangle formation, and validate their efficiency.

Next, we focus on the fact that robots converge to target configuration exponentially. In the intended control method in this time, we proposed novel extrapolating method using exponential function to estimate positional information from past states when communications among robots are lost, discussed its mathematical property and estimation accuracy, and validated its efficiency by simulations. Moreover, we improved this extrapolating method using exponential function, and succeeded to improve its estimation accuracy.

Subsequently, at first although we assumed that robots obey first order differential equation in the algorithm which forms equilateral triangle lattice, but we showed that the extrapolating method using exponential function proposed in this time is applicable to the case robots obey second order, $\cdots$, n -th order differential equation.

key words: swarm robot, formation control, triangle formation, communication loss recovery, exponential extrapolation

論文審査の結果の要旨

自律移動ロボット群が近距離無線通信を用いて協調的、かつ分散的にフォーメーション形成を行う問題において、受信データ欠損に対する制御システムの頑強性の向上を目指した論文である。主に以下の内容から構成されている。(1) ロボット群の配置位置から目標形状への収束度を適切に評価するための定量的な指標を提案し、その妥当性を検証した。(2) 一定の確率で起こる通信データの欠落に対応するために、失われた他のロボットの位置情報を効率よく、かつ高精度に実時間推定する新たな計算モデルを提案した。制御工学分野において、観測値を用いて通信損失を補う手法や動的システムの状態を推定する手法は数多く提案され、幅広い分野で応用されている。但し、推定精度の保証と計算量の観点から計算リソースの制限のある商用群ロボットの実時間推定に適用することは困難であった。本論文では、数値シミュレーションによって既存の手法に対する提案モデルの優位性を検証するとともに、提案モデルの漸近安定性を数学的に証明した。

特に、個々のロボットが目標位置に向かって収束していく挙動を観察し、指数関数を用いた非線形外挿モデルを提案したことに独創性がある。計算コストを抑えながらも推定精度を向上させることができた。また、指数関数外挿の基本式による位置推定性能を改善するために、ロボット同士の相互作用によって目標形状に収束していくロボットの位置が一方向に変化しないことに着目し、(1) 外挿値をヒューリスティックに変更することと、(2) 線形多項式を加えることで推定精度および収束速度のさらなる向上を実現した。提案手法の推定精度を定量的に評価するために、理論的なクラメール・ラオ下界を求め、シミュレーションにより拡張カルマンフィルター、粒子フィルター並びに従来の外挿手法との比較を行った。また、ロボットの挙動が一般的な高階微分方程式に従う場合を想定し、リアプノフ方法を主とした安定性解析を数学的に行い、提案推定モデルが汎用性のある手法であることを検証した。提案モデルは低計算コスト、高精度、高汎用性を実現したモデルとして商用群ロボットの要求に対応するものとなっている。

以上、本論文は、群ロボットの協調制御における通信データの欠落問題について効率的かつ高精度な推定式を提案したものであり、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。