

氏名(本籍)	Ahmad Yasser Afaghani		
学位の種類	博士(工学)		
学位記番号	博甲第7301号		
学位授与年月日	平成27年3月25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	システム情報工学研究科		
学位論文題目	On-line Collision and Deadlock Avoidance of PTP Command-Based Industrial Manipulators using Advanced Collision Map (PTP コマンドを基にした産業用ロボットのための拡張干渉地図を用いたオンラインでの衝突およびデッドロック回避手法)		
主査	筑波大学 准教授	博士(工学)	相山 康 暹
副査	筑波大学 教授	工学博士	坪内 孝司
副査	筑波大学 教授	博士(工学)	中内 靖
副査	筑波大学 准教授	博士(情報科学)	望山 洋
副査	東京大学 教授	博士(工学)	太田 順

論文の要旨

本論文では、多数台のロボットマニピュレータが個々に独立した PTP (位置指令) コマンドコントローラで制御されている環境下において、オンラインでの干渉回避およびデッドロック回避を目的とした構築手法を提案している。干渉回避を目的とした構築手法を提案しているが、産業用マニピュレータを想定した PTP コマンドコントローラに適用可能な手法ほとんど存在しない。本研究では、複数のマニピュレータが作業空間を共有し、各マニピュレータに与えられる未来の動作コマンドが事前には不明、という条件のもと、新たなコマンドを受け取ると拡張干渉地図と呼ぶ、コマンド動作と他のロボットの動作間の干渉状況を表すマップを作成する。このマップを用いることで、他のロボットと干渉を起こさないために必要なコマンド動作開始の遅延時間を求めることができる。この求められた遅延時間だけ遅らせてコマンドを発行することで、干渉のない動作を実現することが可能となる。ここで、干渉を起こさない動作が不可能な場合はデッドロックと判定される。デッドロックを回避するためには、コマンドを実行するための障害となっているロボットに対し、干渉をしない地点へ退避する新たな動作コマンドを発行する。この退避動作は拡張干渉地図を用いることで、効率よく短距離で回避可能な地点を求め各台のロボット間について、アルゴリズムの構築とシミュレーションによる検証を行い、その後複数台 (n 台) へと拡張し、様々な配置・動作コマンド列に対してシミュレーションによる検証、確認がされている。

審査の要旨

【批評】

現在行われている多くのロボットマニピュレータの干渉回避動作を前提としているのに対し、本論文は産業用ロボットで標準としている PTP コマンドにおける干渉回避計画を行っており、有益な結果をもたらしている。シンプルなアルゴリズムを構築することでオンラインにおいても実用的な手法を提案している。ただし、 n 台時における計算量は多く、改善の余地は残されている。またより実際のな配置、動作における検証が行われるとより良い考察ができるものと思われる。

本論文では時間の評価に、実行時間と計算時間を合わせて評価を行っているが、アルゴリズムとして重要な点は計算時間である。マップの生成、スケジューリングにかかる時間は、掲載されている例で 25 ミリ秒程度と十分に短時間であり、台数が増えた場合にも線形で増加する、との性質がわかっているとのことであり、これらの考察をより詳細にすることが求められる。

アルゴリズムは完全に閉じていることが重要であり、そのため、デッドロック回避が見つからない場合に、上位アプリケーションプログラムへその旨返すという仕様は妥当なものである。しかし次に重要となるのが、いかに強いアルゴリズムであるか、という点であり、その評価のためには、どのような頻度でデッドロック回避に失敗するのか、より詳細な検討が求められる。

本アルゴリズムでは、動作コマンドはひとつずつ独立にシーケンシャルに送られてくることが前提としており、複数個のコマンドでひとつの作業という考え方は導入されていない。しかし作業の中には続けて実行しなければならず、その途中でデッドロック回避してはまた別の作業へ対応として、今後、コマンドのパッケージ化等の詳細な検討を迫ることが求められる。

本アルゴリズムでは、ロボットコントローラをブラックボックス化しているが、ある程度の情報が得られることが前提となっている。コントローラによって作成される軌道は、手先速度軌道、台形速度軌道、手先速度、加速度、現在位置姿勢は既知であり、コマンド自体は上位アプリケーションにより単体では実行可能と判定されている。これらのほかに、前提とされていることはないか、など、確認と明確な記載が求められる。

【最終試験の結果】

平成 27 年 1 月 26 日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。