

氏名(本籍)	木 ^き 村 ^{むら} 英 ^{ひで} 明 ^{あき} (栃木県)			
学位の種類	博士(工学)			
学位記番号	博甲第5668号			
学位授与年月日	平成23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	A Study on Energy Efficient Parallel Computing on Power-scalable PC Cluster for Scientific Applications (科学技術計算のための電力制御可能なPCクラスタにおける省電力化に関する研究)			
主査	査	筑波大学教授	理学博士	佐藤三久
副査	査	筑波大学教授	工学博士	朴泰祐
副査	査	筑波大学教授	学術博士	和田耕一
副査	査	京都大学教授	博士(工学)	中島浩
副査	査	筑波大学准教授	博士(理学)	高橋大介

論文の内容の要旨

高性能計算機システムにおいて消費電力の急増は大きな問題になっており、本研究は電力制御可能なPCクラスタにおいて頻繁に実行される科学技術計算の省電力化を目的とするものである。PCクラスタに用いるプロセッサにおいては、動作可能な周波数と電圧の組である動作P-Stateを適切に制御することで電力を削減できる。本研究では、まず、並列プログラムにおいて発生する“同期のための待ち時間”を利用し、性能を低下させることなく省電力化を実現するアルゴリズムを提案、その有効性を評価している。このアルゴリズムでは、非循環有向タスクグラフで表現される並列プログラムを対象とし、クリティカルパスに沿って動作P-Stateを制御する。次に、処理特性に応じてソースコードを自動的に複数の領域に分割し、各領域の動作P-Stateを適切に制御するコードを挿入することにより、わずかな性能低下で消費エネルギーを削減する手法を提案している。この手法では挿入されたコードにおいて、実行時に動作状態を取得し、動作P-Stateを動的に決定するために少ない手間でも効果的な制御が可能となる。最後に、プログラム領域分割を伴う消費エネルギー最適化手法を対象とし、システム規模と消費エネルギー、消費エネルギー最適化効率の関係についてモデルを構築することにより、消費エネルギー削減手法に関するスケーラビリティについて議論している。小規模システムの電力特性のデータからモデルにより、大規模PCクラスタにおける消費電力最適化の効果を推測した結果、ノード数の増加により消費エネルギー最適化効率が向上し、プログラム分割による消費エネルギー最適化が有効である見込みを得た。

審査の結果の要旨

科学技術計算アプリケーションの特徴と電力制御可能なPCクラスタの連携による省電力化を提案し、実環境における評価より有効性を示している。同期のための待ち時間を利用した省電力化のアルゴリズムや、

処理特性に応じてソースコードに自動的に電力制御のコードを挿入し、特定処理の反復実行に着目した動作 P-State 制御する方式の提案など、評価できる。最後の大規模システムにおける消費電力削減効果の評価については実際の電力測定による評価が難しく野心的な試みといえるが、残念ながら、まだ性能モデリングが単純でいくつかの複雑なプログラムでは予測精度に問題がある。大規模並列システムにおける消費電力最適化の有効性を示す結果とはなっているが、その精緻化はこれからの研究に期待したい。全体として、本論文で議論されている課題はこれからの高性能計算機システムにとって非常に重要な課題であり、本論文の知見は今後の高性能計算機システムの省電力化に役立つものと期待できる。

よって、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。