

氏名	森山 英明
授与した学位	博士
専攻分野の名称	工学
学位授与番号	博甲第4547号
学位授与の日付	平成24年 3月23日
学位授与の要件	自然科学研究科 産業創成工学専攻 (学位規則第5条第1項該当)
学位論文の題目	継続概念に基づく CMP 向けソフトウェアスケジューリング法の研究
論文審査委員	教授 谷口秀夫 教授 名古屋彰 准教授 乃村能成

学位論文内容の要旨

計算機の性能の向上に伴い、1 台の計算機上で複数の処理を高速に並列実行する手法として、同一のチップ上に複数のコアを搭載するチップマルチプロセッサが実用化されている。チップマルチプロセッサの環境において、サービスを細粒度に分割することで、高い並列性でサービスを実行することができる。一方、スレッド間の通信、システムコールの発行、およびコンテキストの切り替えの処理が頻発し、これらの処理のオーバーヘッドが問題となる。データフローマシンを用いてスレッド管理によるオーバーヘッドを削減する方法もあるが、スレッドの優先度による制御を行えない問題や特別なアーキテクチャの命令セットを用いるため実装が困難であるという問題がある。

そこで、データフローモデルを基盤とした細粒度スレッドの並列実行の手法が研究されている。Face (Fusion of Communication and Execution) プロセッサは、この手法を採用しており、複数のスレッド実行ユニットを持つチップマルチプロセッサである。Face プロセッサでは、サービス実現を多数の細粒度のスレッドで構成し、ハードウェアのスレッドスケジューラによってスレッドの実行管理を行う。このため、ソフトウェアのオーバーヘッドを隠ぺいすることができる。しかし、複数のサービスを同時に並列実行する場合に、特定のサービスの優先実行や各サービスの均等実行を行うことができないという問題がある。

本論文では、この問題への対処として、ハードウェアスケジューラのスレッド実行をソフトウェアによって支援するソフトウェアスケジューリング法について記述する。ソフトウェアスケジューリング法では、ハードウェアスケジューラがスレッド間の継続を管理してスケジューリングを行っていることに着目し、ソフトウェアスケジューラによって継続を制御する。

ソフトウェアスケジューリング法として、サービスのスレッド実行順番を考慮した制御を行うリスト解析法を提案した。リスト解析法では、ソースコードの静的解析結果を用いて制御を行うことで、サービスの実行を考慮した効率の良い制御を行うことができる。一方で、静的に解析を行うため、サービスの実行中に動的に生成されるスレッドやスレッドループ処理を解析によって検出できず、これらの処理を含むサービスを制御できないという問題がある。

そこで、サービスの実行中に動的に制御を行う継続制御法を提案した。継続制御法により、動的に生成されるスレッドやスレッドループ処理を含むサービスを制御することができる。この制御法を用いて単数サービスを制御した場合の評価を行い、サービスの使用するスレッド実行ユニット数を目標とする値に制御できることを示した。また、複数のサービスを同時に実行したときの評価として、サービス数が2個、3個、5個の場合において、各サービスの優先度を変更して測定を行い、複数サービス実行時に各サービスの優先度に基づいて優先実行や均等実行の制御を行えることを示した。

論文審査結果の要旨

ハードウェア技術の進歩により、一つのプロセッサ LSI チップの中に複数の実行ユニットを有するチップマルチプロセッサ (CMP) が登場し、並列処理を可能にしている。しかし、並列処理においては、頻繁な通信が発生し、ハードウェアの性能を生かしたソフトウェア処理の実行は容易でない。

論文提出者は、データフローモデルを基盤とした細粒度スレッドの並列実行手法である「継続概念に基づく CMP」に着目し、その上でのプログラム実行制御法を明らかにしている。特に、ソフトウェアスケジュールのオーバーヘッドが少ない手法を確立した点が素晴らしい。

まず、既存ソフトウェアスケジュール法の問題点を明らかにし、三つの要求 (制御の効果が確実であること、動的スレッド生成処理を含む場合も制御できること、およびスレッドループ処理を含む場合も制御できること) を満足する継続制御法を提案している。また、提案手法のオーバーヘッドが少ないことを示している。さらに、具体的な事例により、複数のスレッドから構成されるサービスを複数実行した場合において、優先実行制御あるいは均等実行制御が可能であることを示している。

以上のように、本研究は、継続概念に基づく CMP 向けのソフトウェアスケジュール法として、オーバーヘッドが少なく、かつ優先実行制御や均等実行制御が可能手法を確立しており、情報工学に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士 (工学) の学位論文に値すると認める。

なお、論文発表会では、適切な説明が行われ、また質疑に対する応答も適切であった。これにより、十分な学力を有することが確認でき、研究者として自立して研究活動を行うに必要な能力を有することも認められた。