

氏 名	山 村 周 史
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	博 甲 第 248 号
学位授与の日付	平成 13 年 3 月 26 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専攻	工学科学研究科 情報・生産科学専攻
学位論文題目	プロセッサアーキテクチャにおける高速メモリアクセスとプロセッサ間通信処理に関する研究
審 査 委 員	(主査) 教 授 柴 山 潔 教 授 新 美 康 永 教 授 若 杉 耕 一 郎 助 教 授 平 田 博 章

論 文 内 容 の 要 旨

本研究は、メモリアクセスとプロセッサ間通信処理という、現代のコンピュータシステムに不可欠な2つの処理の高速化を目的としたプロセッサの構成方式に関するものである。本研究では、メモリアクセスと通信処理について、それぞれの処理を高速化する2つの手法を提案し、それぞれを採用したプロセッサアーキテクチャについて検討を行っている。

本論文は、以下の全5章で構成されている。

第1章では、本研究の背景と主題について述べている。

第2章では、スーパスカラプロセッサを対象として、様々な連結データ構造の基本的なデータ構造を有する連結リスト構造について、そのメモリアクセス遅延時間の隠蔽を図るために、連結リスト構造の特徴を活かしたデータプリロード方式を新たに提案し、本方式を実現するハードウェア機構を設計している。本章で提案している方式は、連結リスト構造の各データ要素の先頭アドレスのみをプリロードし、プロセッサ内部のキューに格納するものであり、わずかなハードウェアの追加で優れた性能を発揮する。ソフトウェアシミュレーションによる評価を行い、本方式を実装することで、命令レベル並列処理の効率を高め、プロセッサ性能を大きく向上できることを明らかにしている。

第3章では、連結リスト構造以外の連結データ構造への適応性を考慮して、第2章で述べたデータプリロード方式の改良を行っている。様々な観点から本方式の詳細な評価を行った結果、本方式を実装することで最大で24.3%の性能向上を得ている。また、連結リスト構造や木構造、あるいはそれらを組み合わせた連結データ構造を対象とするプログラムにおいてプロセッサ性能の向上を確認している。

第4章では、超並列コンピュータにおける通信処理の高速化を目的として、Active Threaded Message (AT-Message)と呼ぶ高速メッセージ通信方式を提案している。AT-Messageは受信側プロセッサ上で動作するユーザプロセス内に、独立した制御の流れであるスレッドを2つ設け、それぞれのスレッドで計算処理と通信処理とを並列に行うことで、低オーバーヘッドで、かつ安全な通信を実現する。AT-Messageを実装する具体的な要素プロセッサアーキテクチャの設計を行い、その特徴について述べている。さらに、AT-Messageを実装する超並列コンピュータ向き要素プロセッサおよびネットワークインタフェースを含めた要素プロセッサノードの構成方式について検討している。

最後に、第5章で、本研究で得られた成果をまとめ、本研究の総括を行っている。

論文審査の結果の要旨

本論文では、コンピュータシステムの性能向上を達成することを目的として、メモリアクセスとプロセッサ間通信処理のそれぞれの処理を高速化する2つの手段を提案し、それらを実現するプロセッサアーキテクチャについて検討・評価を行っている。

メモリアクセスを高速化する手法として、連結データ構造を対象とするデータプリロード方式を新たに提案している。本研究の特筆すべき成果は、連結データ構造に対する処理におけるポインタ値を読み出すロード命令の重要性について着目し、そのメモリアクセス遅延を見かけ上ゼロにすることのみで、スーパースカラプロセッサにおける命令レベル並列性の効果を高めることに成功した点である。

プロセッサ間通信処理の高速化については、超並列コンピュータを対象とした高速メッセージ通信方式AT-Messageを提案している。それによって、汎用プロセッサに対し、各スレッドの命令の実行順序を抑制するシーケンサ部と、演算対象のレジスタセットのみを追加し、プロセッサ内の各機能ユニットを共有するマルチスレッドプロセッサを設計できるようになった。

本論文は、関連のある学会の査読付きの論文誌に採録された以下の2編の主要論文をもとにしている。これらはいずれも申請者が筆頭著者である。

1. 山村周史、平田博章、新實治男、柴山潔：線形リストを対象としたデータプリフェッチ機構、情報処理学会など、並列処理シンポジウムJSPP 2000論文集、pp.115-122、2000年5月。
2. 山村周史、門田匡史、平田博章、新實治男、柴山潔：連結リスト構造を対象としたデータプリロード方式の評価、電子情報通信学会・論文誌、Vol.J84-D-1、No.2、pp.136-145、2001年2月。