

氏名(本籍)	山崎 剛 (東京都)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	博甲第2,131号
学位授与年月日	平成11年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	分散共有メモリシステムにおけるキャッシュ一致性の維持方式に関する研究
主査	筑波大学教授 理学博士 板野 肯 三
副査	筑波大学教授 工学博士 海老原 義 彦
副査	筑波大学教授 理学博士 大保 信 夫
副査	筑波大学併任教授 工学博士 山口 喜 教 (工業技術院電子技術総合研究所)
副査	筑波大学助教授 工学博士 安 永 守 利
副査	筑波大学助教授 学術博士 和 田 耕 一

論文の内容の要旨

本研究は、分散共有メモリシステムの実現方式として、木構造データを用いたコピーの配置管理方式と、アクセスレイテンシの隠蔽が可能なキャッシュコピーレンシプロトコルSVCを提案し、性能評価を行うものである。

近年、独立性の高い計算機システムをネットワークで接続して構成した分散システムは、コンピュータアーキテクチャとして実用上重要な位置を占めるようになってきた。近い将来の技術的動向を見ても、LSI技術の進歩によりプロセッサの演算性能が急速に向上するのに対し、システム全体にまたがる大域的な通信性能については同等の向上が見込めないことが予測されるため、大域的なデータ参照に頼らずに性能向上を図る分散システムの重要性はこれからも向上すると考えられる。本論文では、以上のような動向を踏まえ、分散システム上で複数のプロセッサから参照可能な共有データを実現する、分散共有メモリ(Distributed Shared Memory: DSM)の実現方式について述べている。

まず、分散共有メモリを実現する際に問題となるコピーの配置管理については、木構造の管理データを用いてデータオブジェクトのコピーを管理する方式を提案している。本方式では、木構造ネットワークでプロセッサを接続したシステムを想定する。それぞれの木の節に、リンクごとに1ビットのフラグを設け、リンクをたどって到達できるプロセッサにオブジェクトが存在するか否かを記録する。木構造を用いることにより、システムの分散制御が可能となり、データを共有するプロセッサの数によらず対数オーダーの要求転送手順で共有データ管理を実施できる。本論文では、木構造データ管理に基づいたプロトコルを策定し、正当性について述べている。また、具体的なハードウェアモデルを提示し、実現性を示している。さらに、シミュレータを用いて複数のアプリケーションを実行したときの性能を示し、本方式の有効性を示している。

また、本研究では、プロセッサ間データ転送量削減と通信レイテンシの隠蔽を可能とするキャッシュコピーレンシプロトコルSVCを提案し、分散共有メモリシステムシミュレータ上で実装、アプリケーションソフトを用いた性能評価を行っている。アクセスレイテンシの隠蔽法として、実際にデータが使用される以前に転送処理を起動しておくプリフェッチが良く知られている。しかしながら、プリフェッチは、データ参照順序に関する精密な予測を行う必要があり、また、完全な予測が可能であったとしても十分な効果を得られない場合が存在する。本研究では、読み出し、書き込みに加え、データオブジェクトの配置を調整してデータ転送の制御を行う新しいメ

メモリアクセス「リンク」を導入することにより、レイテンシの隠蔽を図っている。あるプロセッサがリンクを行うと、そのプロセッサのキャッシュメモリに共有データオブジェクトのコピーを保持する領域が確保され、「リンク」状態にセットされる。もし、既にデータオブジェクトがそのキャッシュメモリにおいて有効であったなら、有効かつリンク状態となる。以後、そのデータオブジェクトへの更新が実施されると、リンク状態の共有データへ更新が反映される。本論文では、SVCプロトコルの詳細について述べ、サイクル単位でメモリシステム及びネットワークの動作をシミュレートできるシミュレータを作成し、この上にSVCプロトコルを実装、動作を検証している。その結果、本SVCプロトコルは、極めて少ないデータ転送量でコピー間のコピーレンシを維持でき、かつ効率良くメモリアクセスレイテンシを隠蔽できることを明らかにした。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は、分散共有メモリシステムの構成方式に関して、木構造データを用いた新たなコピー配置管理方式を提案している。現実のパラメータに基づいたハードウェアモデルも提示されており、次世代の並列計算機の構成方式として注目すべき成果といえる。また、本論文で提案されたSVCプロトコルは、データの予約という新しい概念の基に組み上げられており、効率良いレイテンシ隠蔽を可能とする。リンクと呼ぶ命令は、スケジューリングの容易さの点で、従来のプリフェッチ命令にはない優れた特性を持つ。アクセスレイテンシへの対処は、分散共有メモリにおける重要な課題である。本SVCプロトコルは、アクセスレイテンシの問題に対する有効な解決策と認められ、高く評価できる。

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。