

氏名(本籍)	やま ぎわ しん いち 山 際 伸 一 (群 馬 県)
学位の種類	博 士 (工 学)
学位記番号	博 甲 第 2915 号
学位授与年月日	平成 14 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	工学研究科
学位論文題目	クラスタ向け高性能ネットワークアーキテクチャに関する研究
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 工学博士 山 口 喜 教
副 査	筑波大学教授 学術博士 和 田 耕 一
副 査	筑波大学助教授 博士(工学) 安 永 守 利

論 文 の 内 容 の 要 旨

プロセッサ単体の価格/性能比の向上とネットワークデバイスの低価格化に伴い、従来のベクトル型スーパーコンピュータや並列計算機の代替としてクラスタコンピュータが注目されている。

ここで、現在の多くのクラスタは、地理的に極めて狭い環境に構築されるにもかかわらず、ネットワークに関しては LAN や WAN 向けのデバイス、および通信ソフトウェアが用いられる。そのようなネットワークデバイスの例として Ethernet が、通信プロトコルとして TCP/IP が挙げられる。これらを用いた通信においては、データ転送処理やメッセージの順序保証処理、デッドロック回避処理、コネクション維持の処理、バッファ制御とエラー回復処理等、クラスタ上での並列処理にとって冗長な手順を含んでいる。そして、その冗長な手順におけるオーバーヘッドが通信効率を低下させる原因となっている。

本研究は、高性能クラスタ Maestro の実現を目指し、クラスタコンピューティングのための新しいリンクレイヤプロトコルの提案、クラスタネットワークの構築、および性能評価を目的とする。さらに通信プロトコルソフトウェア、デバイスハンドラにおけるオーバーヘッドを軽減する技法の提案、メッセージパッシングライブラリの構築、アプリケーションを用いた Maestro クラスタシステム全体の評価を行うことを目的とする。

本論文では、リンクレイヤにおける高速化技法として packet aggregation と pipelined transfer を提案している。packet aggregation は、複数の送信単位を一度の転送機会で送信する技法である。これにより、送信オーバーヘッドを削減し、通信媒体の利用率高く維持することができる。一方、pipelined transfer は送信単位を小粒度化し、送信時における通信操作がブロックされることを避け、(1) 送信側の通信プロトコルソフトウェアからリンクレイヤへの転送、(2) 送信側と受信側のリンクレイヤ間での転送、(3) 受信側のリンクレイヤから通信プロトコルソフトウェアへの転送、のパイプライン化を図る。また、これらの高速化技法を導入したクラスタコンピューティング向け高性能ネットワーク Maestro Cluster Network の構築について述べている。Maestro Cluster Network は、PCI バスを介してプロセッサ要素と接続されるネットワークインタフェースと、複数ネットワークインタフェースからの IEEE1394 ケーブルを集線するスイッチボックスから構成される。

さらに本論文では、Maestro クラスタ上に開発した通信ライブラリ MMP について述べている。MMP の設計に際して、送信時のメッセージ分割単位であるフラグメントの最適化、および受信におけるネットワークインタフェー

スの自律動作について新たな方式を提案し、評価を加えている。

実際に、通信実験とアプリケーションの実行を行い、性能評価を行っている。その結果、Maestroネットワークにおける高速化技法が通信の高性能化に極めて有効であること、また通信ライブラリMMPのオーバーヘッドが十分に小さいことを明らかにしている。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は、クラスタコンピューティング向けに最適化されたネットワークを持つクラスタであるMaestroの開発研究について述べている。Maestroのネットワークでは、独自のリンクプロトコルを提案し、実際にハードウェア実装を行っている。また、Maestro上に新たな方式に基づいた通信ライブラリMMPを開発している。さらに、詳細な性能評価を行い、提案手法の有効性を明らかにしている。本研究は、クラスタコンピューティングにおける新たなネットワークアーキテクチャの提案として独創的で実用性の高い研究として高く評価できる。

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。