

Title	マルチコアクラスタ向けチップレベルハイブリッド並列化に関する研究
Author(s)	中尾, 哲也
Citation	
Issue Date	2009-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/8135
Rights	
Description	Supervisor:井口 寧, 情報科学研究科, 修士

マルチコアクラスタ向け チップレベルハイブリッド並列化に関する研究

中尾 哲也 (0710052)

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

2009 年 2 月 5 日

キーワード: マルチコアプロセッサ, クラスタ, ハイブリッド並列, 並列プログラミングモデル, MPI, OpenMP.

1 はじめに

近年, マルチコアプロセッサの普及が進んでいる. マルチコアプロセッサとは, 1 つのプロセッサパッケージ内に複数のコアを搭載したプロセッサのことである. またコア間が密に結合した構造になっており, 大規模な 2 次キャッシュもしくは 3 次キャッシュをコア間で共有する構造となっている場合が多く, マルチコアプロセッサの特徴でもある. 並列計算機においても, マルチコアプロセッサが搭載されたものが増えている. 世界の高速な計算機をランク付けしているプロジェクト TOP500 によると, 2008 年 11 月のランキング中 336 台がクアドコアプロセッサを, 153 台がデュアルコアプロセッサを搭載している. 本学においても 2009 年 1 月時点でデュアルコアプロセッサを 98 個, 全 192 コア搭載した SGI 社の Altix4700 が稼働しており, 3 月にはクアドコアプロセッサを 256 ノード, 全 2048 コア搭載した Cray 社の Cray XT5 が導入される. 今後もこのような, 従来のシングルコアプロセッサとは異なるアーキテクチャを持つマルチコアプロセッサが次々と並列計算機に搭載されるようになることは確実である.

そこで近年特にマルチコアプロセッサを搭載した並列計算機の性能を最大限引き出すことができる並列化手法が求められるようになってきた. 従来から考えられてきた手法はすべてのコア間でメッセージパッシングを行う PureMPI と呼ばれる手法や, ノード間はメッセージパッシングを行い, ノード内では共有メモリ並列化を行う NodeHybrid と呼ばれる手法である. PureMPI は共有キャッシュを有効活用できない点や通信がボトルネックとなる. 一方 NodeHybrid ではノード内のすべてのコアを用いた共有メモリ並列化がボトルネックとなる可能性がある. したがって, マルチコアプロセッサを搭載した並列計算機では, アーキテクチャの性能を最大限引き出すために, プログラムの並列化において工夫が必要になる.

2 チップレベルハイブリッド並列化

本研究では，マルチコアプロセッサを搭載したクラスタにおいて，ノード間及びマルチコアプロセッサチップ間で MPI ライブラリを用いたメッセージパッシングによる並列化を行い，チップ内のコア間では OpenMP を用いた共有メモリ並列化を行う，チップレベルハイブリッド並列化を提案する．これはマルチコアクラスタのノード内に生まれる複数のマルチコアプロセッサチップ構造（共有キャッシュ）を利用したハイブリッド並列化である．本提案手法を実現するには，ノード内に生成される複数のプロセスとスレッドをコントロールし，1 プロセスを 1 チップに，そのプロセスから生成されたスレッドをチップ内の各コアに割り当てる必要がある．本研究ではプロセッサアフィニティ機構を用いてプロセスとスレッドをコアに割り当てた．

従来手法と比較すると，すべてのコア間でメッセージパッシングを行う PureMPI よりも MPI 通信オーバーヘッドを抑え共有キャッシュを有効利用することができる利点がある．またノード内のすべてのコア間で共有メモリ並列化を行う NodeHybrid よりも，共有メモリ並列化のオーバーヘッドを抑えることができるので，本提案手法の方が高速に処理できる可能性がある．

3 評価

提案手法の有効性を示すために基礎的な数値計算による評価として行列積，実際のアプリケーションによる評価として一般逆行列の数値計算による実験を行った．一般逆行列の数値計算は，近年研究が盛んに行われている蛍光トモグラフィーでボトルネックとなっている計算であり，マルチコアプロセッサを搭載した計算機での高速処理が求められている．比較を行うための従来手法は，1 節で示した PureMPI 及び NodeHybrid を用いた．実験で使用した計算機は，クアッドコア Opteron プロセッサを 2 ソケット搭載したノードが 4 台ギガビットイーサネットで接続されたマルチコアクラスタである．

行列積による評価実験では，PureMPI と比較してほぼ同じ性能が得られた．また NodeHybrid と比較して性能向上が見られた．これは行列積が MPI 通信のオーバーヘッドが少ない処理であったために PureMPI との性能差が少なくなったのである．しかし共有メモリ並列化のオーバーヘッドが大きかったために NodeHybrid の処理時間増加が起きた．一方，一般逆行列による評価実験では，すべてのノードを使用した場合，行列一辺のサイズ 3840 で PureMPI と比較して約 57%、NodeHybrid と比較して約 51%の処理時間短縮を行うことができた．これは本提案手法が MPI 通信のオーバーヘッドや OpenMP による共有メモリ並列化のオーバーヘッドのバランスが従来手法と比較して優れていたためである．

4 まとめ

本研究では，マルチコアプロセッサを搭載したクラスタに対してノード内のチップ(共有キャッシュ)構造を利用したチップレベルハイブリッド並列化を行い，従来手法よりも高速に処理を行うことを目的とした．行列積による評価実験では従来手法と同程度の性能，また一般逆行列による評価実験では従来手法よりも処理時間を短縮することができた．したがって本提案手法は，マルチコアプロセッサを搭載したクラスタによる並列処理を想定した場合，最適な並列化モデルの1つになるといえる．