

マルチコア PC クラスタの構築と性能評価

指導教官：市川周一

学籍番号：063720 高木翔一郎

1 はじめに

PC クラスタはコスト性能比が良く、拡張性が高いことから、現在では科学技術計算など幅広く使用されている。PC クラスタは、使用するノード数やプロセス数など、クラスタの構成により性能が変わる。構築可能なクラスタ構成の中から最適な構成を予測するため、河合ら [1] は実測値から実行時間予測モデルを構築し、4つの科学技術応用について (準) 最適な構成が予測できる事を示した。

近年のプロセッサは、消費電力を増やさずに高性能化を行うためマルチコア化が進んでいる。しかし、マルチコア化により、並列度の増加やプロセッサコア (コア) 間のメモリ競合など新たな問題が発生した。本研究では河合らの手法を基に、マルチコア PC クラスタでの最適構築の予測手法を検討する。

2 評価環境

本研究では、表 1 に示すノード 4 台でクラスタを構築した。各ノードの Core2Quad には 4 つコアが搭載されている。クラスタを構成するノードを $P_1, \dots, P_4$ と表し、各ノードで実行するプロセス数を M_i とする ($0 \leq M_i \leq 4$)。表 2 は、本研究で利用した 4 種類の各ベンチマークの測定範囲と評価範囲である。

実行時間予測モデルには、問題サイズ N とプロセス数から実行時間を予測する NP-T モデル [2] を、パラメータ抽出には非負最小 2 乗法を使用した [1]。

3 プロセスの割り当て方法

本研究では、3 種類の異なる規則で 1~16 個のプロセスをノードに割り当て、ベンチマークの性能への影響を確認する。3 種類のプロセスの割り当て方法の概要を以下に示す。

ノード集中方式 ノード間の通信による遅延を防ぐため、できるだけ少ないノード数になるようプロセスを割り当てる方法。1 つのノードに 4 つのプロセスを割り当ててから、次のノードのコアにプロセスを割り当てる。

ノード分散方式 コアがメモリバス帯域やキャッシュを多く使用できるように、各ノードで使用するコア数を少なくして、プロセスを各ノードに分散させる。各ノードに 1 つずつプロセスを割り当ててから、最初のノードに戻ってプロセスを割り当てる。

プロセス数共通 使用する各ノードには常に同数のプロセスを割り当てる。他の 2 種類には無い構成で測定を行える (例: $(M_1, M_2, M_3, M_4) = (2, 2, 0, 0)$)。

4 測定・評価結果

プロセス数共通における総プロセス数が 4 の時の、3 種類の割り当て方法での各ベンチマークの実行時間を図 1 に示す。図中の $(4, 0, 0, 0)$, $(2, 2, 0, 0)$, $(1, 1, 1, 1)$ は、それぞれ、 (M_1, M_2, M_3, M_4) を表す。

HPL では、 $(4, 0, 0, 0)$ の構成での結果が最も良く、使用するノードの台数を増やすほど実測時間が遅くなる傾向になることが分かる。このことから、HPL ではノード集中方式の割り当て方法が適していると思われる。

Himeno BMT では、 N が少ない時は、 $(4, 0, 0, 0)$ の構成が良いが、 N が大きくなると最も遅い構成となった。 N が大きくな

るにつれ、 $(1, 1, 1, 1)$ といった各ノードの使用コア数を少なくした構成ほど良い結果となったことから、ノード分散方式の割り当て方法が適していると思われる。

FFTE では、常にノード間の通信が無い構成の $(4, 0, 0, 0)$ が最も良い結果となっているので、ノード集中方式が適していると思われる。

hpcmw-solver-test では、 $(1, 1, 1, 1)$ の構成が最も良い結果となり、各ノードが使用するコア数を少なくした構成ほど良い結果になったことから、ノード分散方式が適していると思われる。

以上のことから、各ベンチマークによって最適なプロセスの割り当て方法が異なることがわかる。また同じベンチマークでも、 N によっても最適な割り当て方法が異なる。

このことより、可能な構成やプロセスの割り当て方法について実行時間予測モデルを構築して、各ベンチマークごとに最適な実行時間を予測する必要がある。

本研究では、3 種類のプロセスの割り当て方法について、最適構成の予測を行った。この各プロセスの割り当て方法での、測定・予測結果は論文本文を参照されたい。

各ベンチマークの実測最適構成の構成や、プロセスの割り当て方法での実測最適構成の実測時間の違いなどから推測できる、各ベンチマークの最適なプロセスの割り当て方法は、図 1 から推測した割り当て方法と同様の方法となった。

また、予測結果はベンチマークやプロセスの割り当て方法によって、 N が少ない時や外挿部分で予測精度が低くなる傾向が見られる場合があるが、どの割り当て方法でも、一部の例外を除き誤差 20% 以下の準最適構成を予測することができた。精度が低い場合も、その多くで予測誤差が 1 秒未満と実用上問題の無い誤差となっている。

5 おわりに

本研究では、マルチコア PC クラスタの構成を 3 種類のプロセスの割り当てに限定して測定を行うことで、応用ごとに最適な割り当て方法が違ふことを示した。また、シングルコア PC クラスタの最適構成を予測する手法から、マルチコア PC クラスタでの 3 種類のプロセスの割り当て方法でも最適構成が実用上問題のない精度で予測できる事を示した。

今後は、マルチコア PC クラスタで構築可能な全ての構成についての最適構成の予測と、異なるプロセッサのノードを追加した不均一なクラスタでの最適構成の予測が課題となる。

参考文献

- [1] 河合裕, 市川周一: 実行時間予測モデルの構築法の改善, 情報処理学会研究報告 2007-HPC-109, pp. 79-84 (2007).
- [2] 高橋翔, 市川周一: 不均一クラスタの最適構成予測モデルの各応用への適用と評価, 情報処理学会研究報告 2006-HPC-105, pp. 97-102 (2006).

表 1: 測定環境

CPU	Intel Core2Quad Q6600 (2.4GHz)
Memory	4GB
OS	FedoraCore 6
Compiler	icc 10.0, ifort 10.0
Library	mpich-1.2.7p1(Buffer 128KB), Atlas3.60

表 2: 測定・評価範囲

	測定範囲	評価範囲
HPL	400~6400 (9 点)	400~9600 (11 点)
Himeno BMT	32~192 (9 点)	32~256 (11 点)
FFTE	$2^{16} \sim 2^{20}$ (5 点)	$2^{16} \sim 2^{23}$ (8 点)
hpcmw-solver-test	60~442 (7 点)	60~600 (12 点)

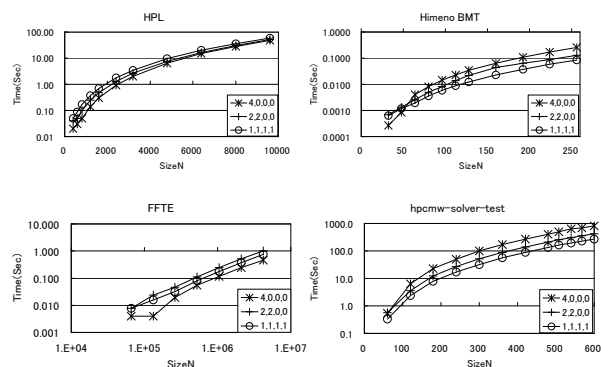


図 1: 各ベンチマークの評価