

マルチPSIにおける処理系動特性の評価

杉野栄二 古市昌一 井上久美子 宮崎敏彦 瀧和男
(ICOT) (三菱電機株式会社) (沖電気工業株式会社) (ICOT)

1. はじめに

第五世代コンピュータ・プロジェクトでは、並列ソフトウェア研究開発環境を提供するためにマルチPSI第1版を試作し[1],[2],[3]。引続き第2版の開発を進めている。

マルチPSI第1版は、6台の逐次型推論マシンPSIを要素プロセッサとして格子状に接続したシステムであり、この上にPSIのシステム記述言語ESPを用いて、並列論理型言語KL1の処理系を実装した。

現在、KL1による並列プログラムをマルチPSI上で動作させ、データの収集を行っている[4]。

本稿では、マルチPSIにおける並列プログラムの動作結果をもとに、本処理系の動特性について検討・評価する。

2. 測定項目・測定方法

測定項目としては、処理性能と台数効果、通信量、負荷バランスを知るために各PEでのリダクション数、サスペンション数、稼働時間と全体の実行時間、PE間通信のためのバケット数とその内のゴール送信用バケットthrow-goal数を測定した。測定方法としては、測定オーバーヘッドを定量的に求める事が困難であるため、オーバーヘッドをほとんど考慮する必要のない方法をとった。

リダクション数、サスペンション数と稼働時間は、処理系に組込んで計測した。全体の実行時間は、メタコールとタイマー用に作成した粗み込み述語を用いて計測した。throw-goal数はクロスシステム上の処理系で別に求めた。通信はマルチPSI用に作成されたマイクロ命令により行なわれるため、送信・受信バケット数は、PSIの評価用に設けられたマイクロ命令専用カウンタGeneral-Evaluation-Counterを用いた。このカウンタは、ハード・ウェアでサポートされているためオーバーヘッドを考慮せずに測定できるものである。

3. 計測用プログラム

マルチPSIでは、ゴールの送出先を物理PE番号で指定する方式をとっており、負荷分散のさせかたはユーザにゆだねられている。今回は、負荷分散方式を変えた2通りの8queenプログラムを測定用に用いた。

まず方式1は、8queenで生じる実行木の枝を頂点から指定の深さまで、それぞれ分散できるようにしたもので、こ

れにより粒度の異なる分散状況を作り出した (Level1の分散単位>Level2の分散単位)。

これに対して方式2は、実行木の葉を台数に応じた量となるように枝を他のPEに投げ出すもので、更には通信量を定量的に増減させるために局所性を崩せるようにしたものである (同台数のCase1の分散単位>Case2の分散単位)。

なお、方式1、方式2共にゴールの投げ出し先となるPEの方向は、同じとした。

4. 測定結果

表1に測定結果の一部を、図1、図2にPE台数による総合性能(Klips値)の変化グラフを示す。

PEの単体性能は、図1、図2のPE台数1の場合に現れているように方式1では0.44Klips、方式2では0.37Klipsとなっている。

並列マシンでは、理想的状態すなわち各PEの負荷が完全に均一に分散し、通信量(通信コスト)が無視し得るほど小さければ、PE単体の性能の台数倍の性能を発揮する筈である。この時の性能(単体性能×台数)が理想値であり、方式1のLevel1の2台、4台の場合がこれに近い。実測値が理想値を下回るのは、(1)各PEの負荷の不均一さから生ずる稼働率の低下、と(2)PE間通信のオーバーヘッド(通信のためのPE内処理時間の増加)によるものである。今回測定に用いた方式1、方式2の8queenプログラムではLevel,Case番号が大きいくほど分散単位は小さい。分散単位が小さいほどPE間通信量が増加し、図1、図2で見られるように(2)による低下が大きくなっている。但し、Level,Case番号の若い方が低下する場面が見られるが、これは(2)よりも(1)が原因となっていると考えられる。

バケット数について見ると、分散単位を細かくする程多くなり通信が増加していることが分かる。バケットのうち、throw-goalの比率が方式1で約22%、方式2で25~32%であるが、送出に対する応答のバケットを含めると45~60%となり、残りの40~55%がユニフィケーション関連(ガード部、ボディ部のユニファイとその応答)の通信になっている。

サスペンションは、自PE内のデータが作られるまで待たされる場合と、PE外のデータを読みに行く間待たされる場合があるが、Level,Case番号の大きい程サスペンションが増えるのは、通信量の増加から見て後者によるものと考えられる。

Dynamic Characteristic Evaluation of the Multi PSI System
E.Sugino(ICOT), M.Furuichi(Mitubishi Electric Corp.),
K.Inoue(OKI Electric Ind.), T.Miyazaki, K.Taki(ICOT)

5. 通信量の増加に伴う総合性能の低下

まず通信量を表すものとしては、
通信比率 $X = (\text{総パケット数} / \text{総リダクション数})$ を用いる。

総合性能の低下は、理想Lips値からの実測Lips値の差とするが、4で述べた様にこれは、(分散の不均一さ+通信オーバーヘッド)による低下である。そこでまず、分散の不均一さによる低下分を差引くために、PEの平均稼働率を理想Lips値に乗ずるものとし、通信オーバーヘッドは、これからの低下率と定義する。すなわち、
通信オーバーヘッド $= Y =$

$$(\text{理想Lips値} \cdot \text{PEの平均稼働率} - \text{実測Lips値})$$

実測Lips値

とする。通信比率 X と通信オーバーヘッド Y の関係を知るために方式1、2のすべての測定結果について X, Y を両対数グラフにプロットしたのが図3である。両対数グラフが直線になる場合、もとの X, Y の関係は、一般に $Y = bX^a$ となるが、グラフから $b=8, a=1$ が得られた。すなわち通信比率 X と通信オーバーヘッド Y は、

$$Y = 8X$$

なる関係になっていることが分かった。従ってマルチPSI第1版では、リダクション数に対してパケット数が決まる

ようなプログラムにおいては、通信によるオーバーヘッドが一様に求まることになる。例えば総リダクション数に対して総パケット数が1/8の場合、通信オーバーヘッドは1、すなわちPEは、リダクションにかかる時間と同じだけ通信処理をしていることになり、負荷が均一であれば総合性能は、理想Lips値の50% となると言える。

また、見方を変えればパケット1個あたりの平均の処理時間は、1リダクションの8倍であるとも言える。

6. おわりに

現在マルチPSI 第1版では、以上の他に並列構文解析プログラム等による測定を続けている。今後は、マルチPSI 第2版開発のためのデータ収集とともに並列マシンの動特性の評価方法の確立をさらに検討して行く。

<参考文献>

- [1] 渡 他, "Multi-PSI システムの概要", 第32回情報処理学会(58-8), 昭和61年 3月
- [2] 木村 他, "マルチPSI システムとその接続方式", 第33回情報処理学会(78-1), 昭和61年10月
- [3] 益田 他, "マルチPSI のネットワーク・ハードウェア構成", 第33回情報処理学会(78-2), 昭和61年10月
- [4] 益田 他, "マルチPSI における接続ネットワークの評価", 本大会予稿集(4P-7), 昭和62年 3月

プログラム (8Queen)		Time	リダク ション	Klips	susp- ond	packet 数	throw- goal	throw 率(X)	PE毎の稼働率(%)					
									PE 1	PE 2	PE 3	PE 4	PE5	PE 6
方 式 1	Level1	22.637	38882	1.703	12	37	8	21.6	98.7	47.2	47.1	47.7	48.0	100
		22.515	38882	1.727	18	85	8	22.9	----	----	100	99.3	95.4	98.6
	Level2	19.238	38882	2.021	161	289	64	22.1	23.3	97.0	99.8	81.3	86.4	95.7
	Level3	21.436	38882	1.814	494	1455	316	21.7	58.2	90.4	93.2	91.1	99.0	89.6
	Level4	31.487	38882	1.235	980	4731	1016	21.5	77.4	80.3	83.2	83.7	87.0	99.6
	Level5	44.910	38882	0.866	1619	11293	2392	21.2	89.9	94.7	92.2	92.4	94.4	99.7
方 式 2	Case 1	23.749	39016	1.643	224	522	133	25.5	99.7	83.6	71.3	67.1	73.9	97.2
	Case 2	23.173	39143	1.689	306	947	260	27.5	100	92.5	91.3	85.0	86.5	86.6
	Case 3	26.171	39275	1.501	360	1404	392	28.0	65.6	98.7	82.4	96.7	78.3	92.3
	Case 8	32.103	39924	1.244	562	3211	1041	32.4	98.2	93.3	74.1	94.6	87.4	89.3

表1 測定データ一覧(6台機及び4台機の二部)

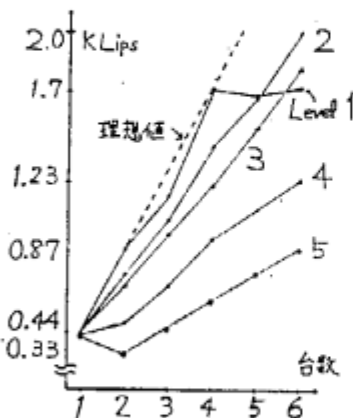


図1 台数に対する総合性能(方式1)

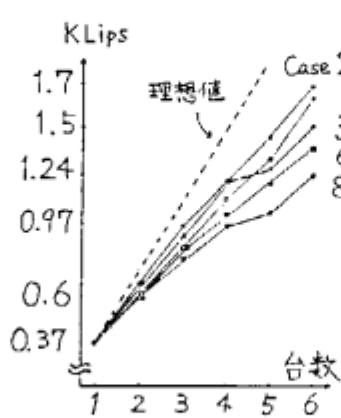


図2 台数に対する総合性能(方式2)

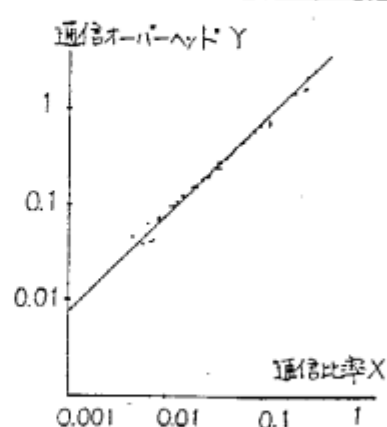


図3 通信オーバーヘッド算出グラフ