

並列推論マシン PIM/i 向き KL1 言語処理系の評価

久野英治, 佐藤正俊, 吉田裕一

kuno@okilab.oki.co.jp

沖電気工業株式会社

1 はじめに

我々は、第五世代コンピュータ・プロジェクトの一環として並列推論マシン PIM/i[1] の研究開発を行っている。PIM/i は、並列論理型言語 KL1 を対象とするマシンであり、複数のクラスタから構成される。クラスタは、8 台のプロセッサと共有メモリを共有バスで接続した密結合型のマルチプロセッサである。このようなバス結合型密結合マルチプロセッサにおいては、バスがシステム性能に大きく影響する。PIM/i では、バスへのアクセスを減らすために一貫性制御を行なう更新型並列キャッシュを採用した [2]。また、言語の処理系を実装するにあたってはバスアクセスを減らすことを考慮して設計した [3]。

本稿では、PIM/i 向き KL1 処理系の評価を実機で行なったので報告する。評価に当たっては、ゴール通信コストの安価な処理系を作成して、プログラム実行による台数効果や実行時のバス上のトラフィックについて比較した。

2 PIM/i 向き処理系

PIM/i では、プロセッサ間で共有されたメモリが更新されるとバス上に更新データを放送するキャッシュシステムを採用している。PIM/i で実現した処理系は、共有状態のメモリ更新による不要なバスアクセスの抑制を主眼としている。そのために、プロセッサ間通信専用の領域を設け、実行単位であるゴールコンテキストを通信領域に複製することとした。これによってコンテキストを格納するレコードの共有状態を回避できるので、更新データの放送が無くなる。この処理系を以下、COPY と呼ぶ。

3 評価方法

3.1 通信コスト

比較のために作成した処理系は通信処理だけが異なる。この処理は、COPY と比較してゴールレコードを直接渡すため安価なコストで実現できるが、通信されたゴールレコードを共有状態に置くことになる。この処理系を以下、PTR と呼ぶ。二つの処理系のゴール通信コストを示したのが表 1 である。項目内は、左から順にプログラムのステップ数、データの読み書き回数である。

*Evaluation of the KL1 system for Parallel Inference Machine: PIM/i. Eiji KUNO, Masatoshi SATO, Yuichiro YOSHIDA
Oki Electric Industry Co., Ltd.

表 1: 通信コスト

方式	COPY(read,write)	PTR(read,write)
送信	49(r:16,w:18)	5(r:1,w:2)
受信	78(r:17,w:18)	35(r:2,w:1)

3.2 測定方法

プログラムの実行時間は実機のタイマカウンタの計数結果によって、ゴール通信頻度等は処理系のブロープによる計数結果によって、プログラム実行終了後に得られる。また、バス上のデータはプログラム実行時に適当な等間隔でバス上に現れたデータ 2K サイクル分のスナップショットをメモリに格納することによって得られる [4]。

データ収集に用いたベンチマークは、Pascal, Qk, Qs の 3 種類である。実行サイクル数やブロープデータは、プロセッサ数を変えて収集した。これによって、台数効果が得られる。また、バスのデータは 8 台のプロセッサで収集した。実行中のバスの平均的なアクセス状況を知るため 30 から 40 箇所をサンプリングし、そのうちプログラムの立ち上がりと収束部を除く 25 サンプル、3 回 (150K サイクル) 分を収集データとした。同名のプログラムは、サンプリング間隔を変えてある。

4 考察

4.1 台数効果

図 1 に、各プログラムの台数効果を示す。台数が増加するにつれて、COPY の台数効果が高くなる。8 台のプロセッサでは、PTR は 5 倍程度だが、COPY は 7 倍程度の台数効果を得ている。COPY の台数効果が高い要因としては、通信コストだけで考えれば PTR のゴール通信頻度が COPY と比べて非常に多い場合が考えられる。

表 2 は、プログラム実行時における各プロセッサの平均ゴール通信回数を示している。この表によれば、PTR と COPY との間に通信回数の顕著な差は見られないし、プロセッサ数の増加による通信回数との相関も見られない。このため通信コストは COPY と PTR との台数効果の差異に影響を与えていない。また、通信回数が台数効果にも影響を与えていない。

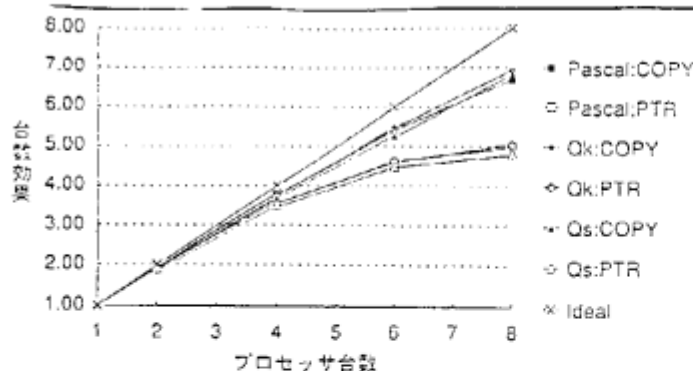


図 1: プログラムの台数効果

表 2: プロセッサあたりの平均ゴール通信回数

PEs		2	4	6	8
Pascal	COPY	4605	5095	6538	7470
	PTR	4373	4219	6886	7658
Qk	COPY	3202	3411	2736	2656
	PTR	2997	2662	3157	3451
Qs	COPY	7166	11251	9042	6630
	PTR	4233	6883	8837	10013

4.2 バス競合

図 2 は、バスの空き率とバス要求の競合台数を示している。Idle は、バスアクセスや要求が全く無いことを示している。2 以上のデータ系列はバス要求を同じサイクルで発しているプロセッサの台数を示している。これは、1 台以上のプロセッサがバス要求を得るまで待たれることを意味している。このため 2 以上のデータ系列の割合が多いほどシステム性能が低下する。

いずれのプログラムも 2 以上のデータ系列の割合は、COPY の方が 30% 前後であるのに対し、PTR は 70% ないし 80% 程度である。これが、図 1 における COPY と PTR との台数効果の直接の要因の一つであるといえる。

4.3 バスコマンド発行数

図 3 は、サンプルあたりのヒープの平均バスコマンド発行数を示している。LBC や STBC は、共有データの更

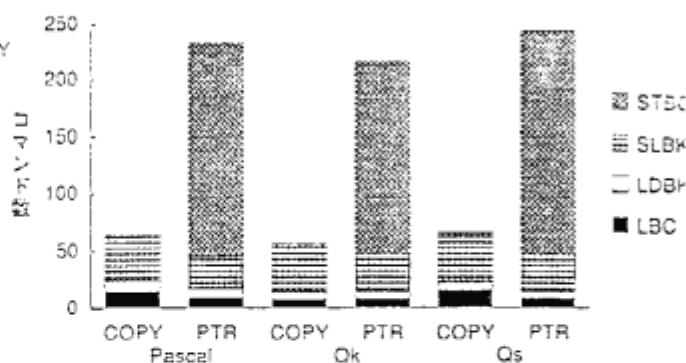


図 3: ヒープの平均バスコマンド発行数

新時に放送されるコマンドであり、SLBK や LDBK は、キャッシュミス時に発行されるコマンドである。いずれも、COPY の方が PTR の 1/3 程度のバスコマンド数である。通信領域はヒープ内に無いが、通信領域アクセス時のバスコマンド数はこれらのバスコマンド数と比べて、COPY で 1/5 前後、PTR で 1/40 程度である。また、COPY のコマンド数は PTR の 3 倍程度である。このため、通信領域アクセスはバスの性能にそれほど影響を及ぼさない。

ヒープのバスコマンド発行数の内訳を見ると共有データ更新によって放送される STBC コマンドが PTR では非常に多い。COPY と PTR との相違はゴール通信処理と通信されたゴールレコードが PTR では共有されることである。しかし、COPY と PTR とで実行時の通信回数に顕著な差がなく、ヒープ内に通信領域がないため、STBC が PTR で多数発行されるのは、共有されたゴールレコードの更新が頻繁に行なわれていると判断できる。従って、COPY は、共有状態のメモリ更新によって発生するバスアクセスを抑制する効果があると結論できる。

5 おわりに

PIM/i 向きの処理系がバスアクセスの抑制に有効であると確認できた。今後は、さらに規模の大きなベンチマークによる評価を行なっていく予定である。また、現在 KL1 のフルセットの処理系である VPIM の実装を進めている。この処理系でも、同様な通信処理により、バスアクセスの抑制が可能である。

最後に、日頃、御助言を頂く ICOT 第一研究室、および、沖電気の PIM 担当者諸氏に感謝する。

参考文献

- [1] A.Goto et al.: Overview of the Parallel Inference Machine Architecture(PIM). In FGCS 1988, (1988)
- [2] 武田他: 並列推論マシン PIM/i のメモリシステムの概要, 情報処理学会第 41 回全国大会予稿 (1990)
- [3] 久野他: 並列推論マシン PIM/i におけるゴール通信方式の評価, 情報処理学会第 42 回全国大会予稿 (1991)
- [4] 吉田他: 並列推論マシン PIM/i におけるバスの競合, 情報処理学会第 43 回全国大会予稿 (1991)

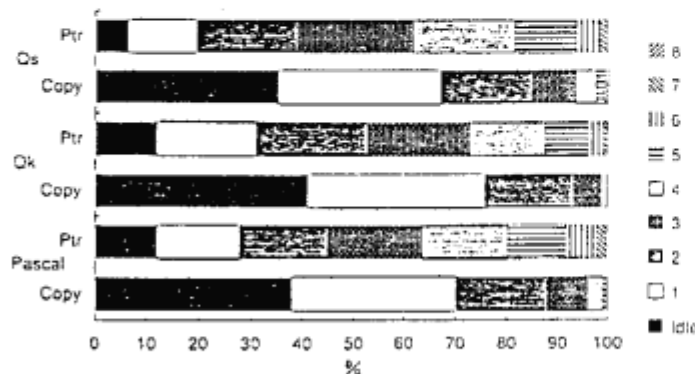


図 2: バスの空き率とバス要求の競合台数