

## 3B-9

並列推論マシンPIM  
— リダクション方式の評価 —

杉江 衛, 米山 貢, 岩崎 正明, 菅谷 正弘 (日立中研)  
清水 肇, 松本 明 (ICOT)

## 1. はじめに

第五世代コンピュータ・プロジェクトの一環として、リダクション方式に基づく並列推論マシン(PIM-R)のアーキテクチャが提案され[1]、また、このアーキテクチャ検証を目的としてハードウェア・シミュレータ[2]が試作された。今回、このハードウェア・シミュレータを用いて、推論モジュール(IM: Inference Module)アーキテクチャおよびIM接続方式と負荷分配方式を評価したので報告する。

## 2. 推論モジュール・アーキテクチャ

PIM-Rでは、高度の並列動作のために、プロセス制御ユニット(PCU)とユニフィケーションユニット(UU)はネットワークによって結合されており[1]、データはバケットの形で転送されていた。ハードウェア・シミュレータ上処理系の動的ステップ数の測定の結果、PCU-UU間のデータ転送の負荷が非常に重いことが判明した。そこで、共有メモリを介してPCU、UUを結合する方式を導入し、高速化を図った。図1に共有メモリ上におかれたヒープメモリの構造を示す。ヒープメモリは、4つのブロックに分割されており、ユニフィケーションの際の、変数、構造体エリアの増加に対して使用中の領域に連続する空領域を使用できるようにした。これによって、エリア増加に対処するためのワークエリアへの退避が不要になった。その他、組み込み述語の処理方式の改良によって、従来[2]に比して約3倍の高速化を達成した。

## 3. 接続および負荷分配方式評価

2次元メッシュ接続方式と2階層等距離接続方式をハードウェア・シミュレータ上で評価した。後者については、子ゴールの分配に指定を加えた方式と無指定方式を評価した。

## 3.1 シミュレーション・モデル

- (1) 衝突のないネットワークを仮定する。
- (2) 無限大のバッファを仮定する。
- (3) メッシュ接続方式では、  
自IM→東IM→南IM→自IM→……

の規則に従って、子ゴールを分配する。

(4) 2階層等距離接続方式の分配無指定方式では、分配先をランダム決定し、かつ、クラスタ外への分配率を10%とする。

(5) 2階層等距離接続方式の分配指定方式では、(a)クラスタ外へ分配するゴール、(b)自IMへ分配するゴール、(c)その他に分ける。(a)については、分配先クラスタをランダム決定し、(c)については、自クラスタ、自IMを含めて分配先をランダム決定する。この場合にも、クラスタ外への負荷分配を10%とする。

## 3.2 シミュレーション結果

図2にIM台数効果を示す。同図には、1階層等距離接続方式の結果を比較のために示した。同方式では、分配先をランダム決定した。ベンチマークは8-Queensである。図2から次の4点が結論される。

(1) リテラルを粒度とし、等距離ネットワークによるランダム負荷分配によって、100台規模まで性能が改善される。

(2) 2次元メッシュ接続方式では、IM台数効果は約16台で飽和する。

(3) 2階層等距離接続方式では、単純にクラスタ外への負荷分配を10%に減少させると、約1/2に性能が低下する。

(4) 3.1節(5)に述べた分配指定を加えると、クラスタ間ネットワークの性能をクラスタ内ネットワークのその1/10にしても、1階層等距離接続方式とほぼ同等の性能が得られる。

図3に2次元メッシュ接続方式における稼働率分布、図4に2階層等距離接続方式の分配無指定方式における稼働率分布、図5に2階層等距離接続方式の分配指定方式における稼働率分布を示す。図3は、最も稼働率が高くなった#54のプロセッサ・エレメントの近傍の約13台のIMに負荷が集中していることを示している。これが、2次元メッシュ接続方式に

PIM Evaluation of Reduction-Based Parallel Inference Machine

M.SUGIE<sup>1</sup>, M.YONEYAMA<sup>1</sup>, M.IWASAKI<sup>1</sup>, M.SUGAYA<sup>1</sup>, H.SHIMIZU<sup>2</sup>, A.MATSMOTO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>HITACHI, Ltd. <sup>2</sup>ICOT

においてIM台数効果に約16台で飽和が現れた原因である。図4は、クラスタ外への分配率を10%にしたことによって、初期ゴールが分配されたクラスタ#0以外への負荷分配が妨げられていることを示している。これに対し、図5からは、重負荷が予想されるゴールのクラスタ外分配を指定することによって、クラスタ外への分配率の低下にもかかわらず、全クラスタにわたって負荷が分散されていることがわかる。

4. おわりに

本稿では、IM内共有メモリ方式を提案し、PIM-Rが100台システムまで並列性を抽出できること、クラスタリングによって並列性をそこねることなく、ネットワーク・トラフィックを低減できることを確認した。最後に、日頃御指導いただいた内田 俊一 ICOT 第4研究室長に深謝する。

参考文献

1) 尾内 他; "リダクション方式並列推論マシンPIM-Rのアーキテクチャ", The Logic Programming

Conf.'85,2.1(1985)

2) 杉江 他; "並列推論マシン

PIM-Rのハードウェア・シミュレータ試作", 同上 2.2(1985)

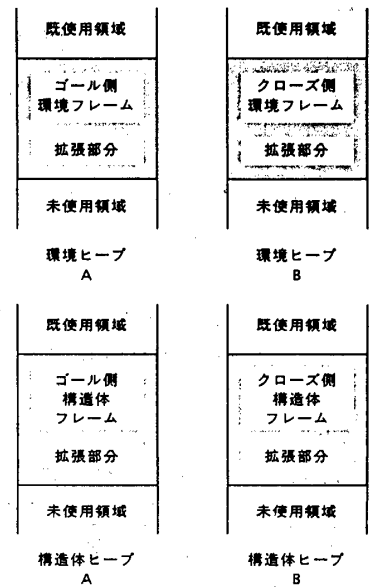


図1 ヒープメモリの構造

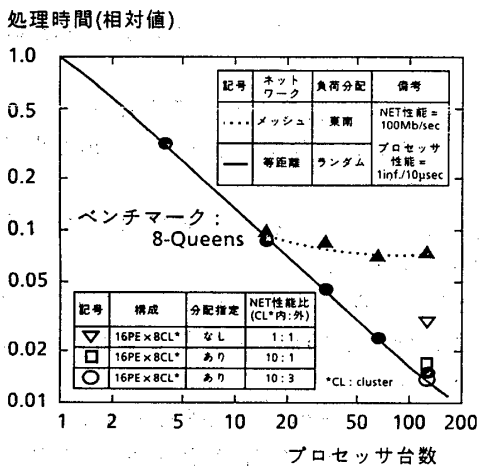


図2 台数効果

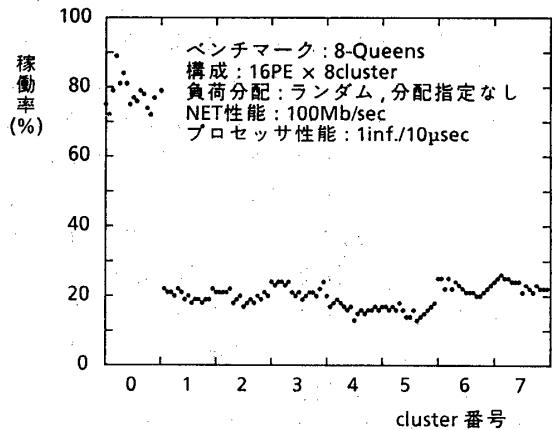


図4 稼働率分布

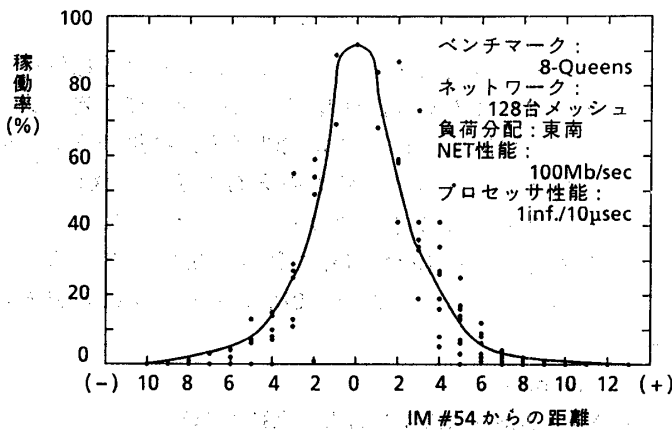


図3 稼働率分布

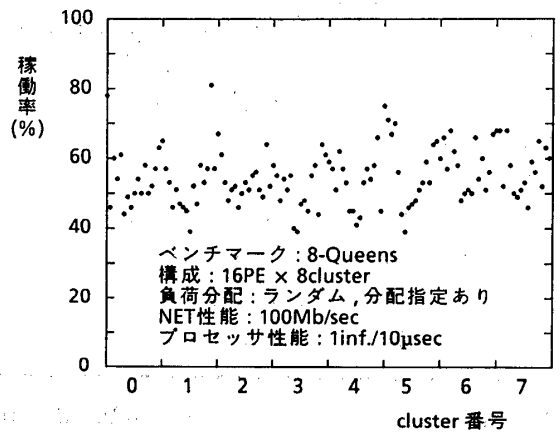


図5 稼働率分布