

データフロー方式PROLOGマシンの シミュレーションによる評価

畠田 嘉彦 伊藤 雅彦 清水 豊
(財団法人 新世代コンピュータ技術開発機構)

1. はじめに

並列性を自然な形で実現できるデータフローの概念は、高並列処理システムのベースとなる可能性を秘めている。また、PROLOGは推論の基本機能を内蔵しており、PROLOGの実行過程とデータフローの概念は相互に密接な関係を持っている[1]。筆者等はPROLOGをデータフロー方式で実行する並列推論マシンの検討を進めているが、そのマシン・アーキテクチャをソフトウェア・シミュレーションによって評価した最近の結果を報告する。

2. データフロー方式PROLOGマシンの構成

図1. にシミュレーションを行ったマシンの構成を示す。本マシンの特徴は以下の通りである[1], [2]。

- (1) 基本的には実行可能なUnification プロセスを同時に起動するBreadth-first アプローチ。
- (2) ストリームを用いたOR並列/ANDパイプライン処理。
- (3) Unification プロセスをあらかじめ引数ごとのUnificationに分解し、これをデータフローグラフで表わすことによって引数間の効率良い並列処理実現。

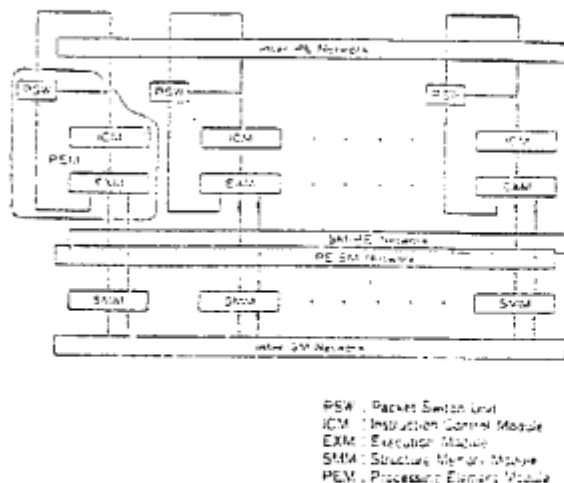


図1. マシンの構成

3. シミュレーションの方法

本シミュレータはデータフロー方式PROLOGマシンの機能レベル・シミュレータであり、Simulaによって記述されており、実行はDEC2060 上で行う。シミュレーションは、PROLOGで記述された原形プログラムをデータフローグラフで表わし、それを専用のアセンブラによりアセンブルし、その結果をシミュレータにより実行することにより行う。

本シミュレータは将来におけるマシンの実現性を考え、きめ細かいシミュレーションを目標としており、モジュール間の非同期動作の遅延も考慮している。PE-SM ネットワークの通信遅延、及びEXM とPE-SM ネットワーク間のインターフェイス遅延については、ここではそれぞれ10マシン・サイクルに遅延を設定している。但し、Inter-PE、Inter-SMネットワークについては、まだ小規模システムのシミュレーションということで未実装であり、理想状態でのシミュレーションを行っている。また、EXM についてはICM (Instruction Control Module)の処理速度とのバランスを考慮し、複数台のAPU (Atomic Processing Unit)から成るマルチプロセッサ構成としている。

シミュレーションにおいては、EXM を複数台のAPU から成るマルチプロセッサ構成とする場合のAPU の必要台数を考察し、更に各モジュールの台数を増加して行った場合の並列台数効果について考察した。評価プログラムは以下の通りである。

```
(1) factorial (Divide & Conquer)
factorial(J,X):-factb(0,J,X).
factb(I,I,1).
factb(I,J,J):-J is I-1.
factb(I,J,X):-J > I+1, A is I+J, H is A/2,
factb(I,H,Y), factb(H,J,Z), X is Y*Z.

(2) reverse
reverse([], []).
reverse([X:Y],Z):-reverse(Y,W), append(W,[X],Z).
append([],X,X).
append([_:X],Y,[_:Z]):-append(X,Y,Z).

(3) 4 Queen
```

(省略)

4. シミュレーションの結果

4.1. APU の稼働率と必要台数

モジュール (PEM およびSMH)数が1台の場合の4 Queen のシミュレーションにおいて、APU の台数を1台から4台まで変化した場合の名モジュールにおける稼働率を表1. に示す。APU を1台にするとAPU の稼働率は大幅に向上するが、ICM の待ち時間が大きくなり処理時間が大きくなる。即ち、APU がボトルネックになる。これに対して、APU が4台の時にはAPU の負荷が小さくなるが、4 Queen プログラムの全体の処理時間はそれほど減少しない。この場合、ボトルネックがAPU 以外の部分、主にICM やPE-SM ネットワークに存在すると推察される。以上のことから、2台のAPU で十分に高速処理が実現できると考えられる。

4.2. 並列台数効果

EXM をAPU 2台のマルチプロセッサ構成に設定し、モジュール数を1台から4台まで変化した場合の性能について調べた。各評価プログラムについて、シミュレーションにより述語呼び出し総数 (call 数)、所要マシン・サイクル数を求め、マシン・サイクルを250nsと仮定した場合の単位時間における推論性能 KLIPS (Logical Inference Per Second) 値を算出した (表2)。なお、評価プログラム factorial に関してはdeterministic な純関数とも見做せるのでストリームを用いた場合と用いない場合の両方について評価を行った。その結果、ストリームを用いない場合の処理の方が用いた場合に比べて2~3倍程度の性能を得た。このようなケースを考慮し、コンパイラにはモード指定を導入することにより高速化をはかる予定である。

図2. はモジュール台数の変化と評価プログラムの性能との関係を示す。これにより並列性のある評価プログラムに対しては十分な並列台数効果が得られるということが確かめられた。

5. おわりに

本稿では、現在検討を進めているデータフロー方式によるPROLOGマシンをソフトウェア・シミュレーションによりアーキテクチャ上の評価を行なった。その結果、評価プログラムの内容によっては十分に高い並列度が得られることが考察された。今後は評価プログラムの範囲を広げ、更に詳細な評価を進める予定である。

最後に、日頃御指導をいただく第一研究室村上室長はじめ並列推論マシングループ諸氏に感謝の意を表する。

<参考文献>

- [1] 伊藤, 尾内, 益田, 清水, "データフロー機構に基づくPROLOGマシン", 情報処理第26回全国大会.
- [2] 伊藤, 尾内, 益田, 清水, "データフロー方式の並列PROLOGマシン", The Logic Programming Conference '83, Tokyo (1983.5).

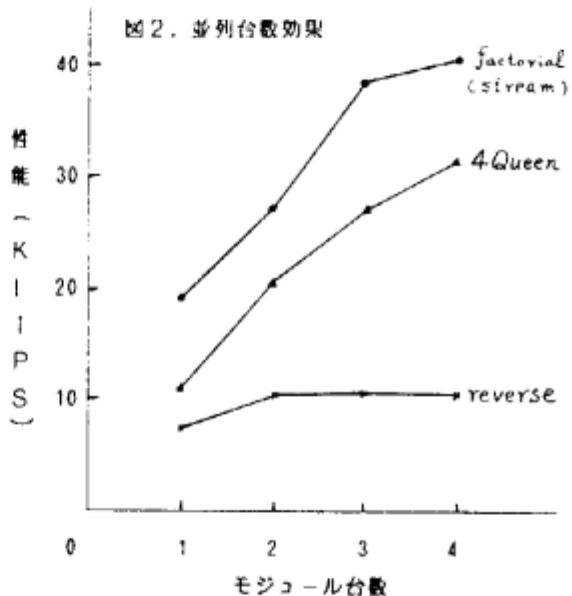


表1. 4 Queen における各モジュールの稼働率

APU 台数	処理時間 (サイクル)	稼働率 (%)			
		ICM	av. APU (EXM)	SMH	PE-SM Network
1	153487	40.57	47.06	18.16	37.85
2	100349	62.05	35.99	27.78	57.90
3	88971	69.99	27.16	31.32	65.30
4	84947	73.30	21.24	32.81	68.40

表2. 評価プログラムの性能 KLIPS (所要サイクル数)

Module 台数	factorial (no-stream) [call数]	factorial (stream) [58]	reverse [12]	4Queen [272]
1	47.21 (4914)	19.16 (12107)	7.53 (6376)	10.84 (100349)
2	81.37 (2851)	26.95 (8609)	10.22 (4697)	20.28 (53641)
3	97.81 (2372)	38.42 (6039)	10.30 (4661)	27.00 (40298)
4	110.06 (2108)	40.21 (5769)	10.12 (4742)	31.13 (34955)