

## PIEの試作UPの性能評価

2B-6

小池 汎平, 相田 仁, 田中 英彦, 元岡 達

( 東京大学 工学部 )

## 1. はじめに

高並列推論エンジンPIEの基本処理要素である単一化プロセッサ(UP)の試作機の構成についてはすでに報告した[1, 2]。現在、試作UPは、ハードウェア、マイクロプログラムともデバッグを完了し、当初の目標通り動作することが確認されている。試作UPを用いてPrologの簡単な処理系を作成し、試作UPの評価を行なったので、本報告ではその結果について述べる。

## 2. 評価用処理系

評価用のProlog処理系では、単一化と縮退をマイクロプログラム制御のハードウェアであるUNIREDが実行し、GF(Goal Frame)の転送、GFの格納、UNIREDの制御等をSVP(68000)が実行する。処理系のプログラムはC言語で記述し1000行程度であり、マイクロプログラムは専用のアセンブラで記述し200行程度である。

## 3. 評価用プログラム

試作UPの評価用プログラムとして、以下に示すように特性の異なった2つのプログラムを用いた。  
《NREV30》

要素30ヶのリストの反転を行なう、Prolog処理系の評価用として(なぜか)よく用いられるプログラムである。このプログラムは、

- ・推論が決定的に進む。
- ・1回の単一化で進む処理の量は少なく、その分、推論の回数が多い。

という特徴を持つ。

## 《8Qa》

Prologの特徴を巧妙に利用して、チェス盤に見たてた構造データのパターンマッチングを行なうことにより、8 Queensの全解を求めるプログラムである。プログラム(の一部)を図1に示す。このプログラムは、先のプログラムとは逆に、

- ・推論は非決定的に進む。
- ・1回の単一化で多くの処理が進行し、少ない推論回数で処理が完了する。

などの特徴がある。

## 4. 測定とその結果

評価用データとして、

- ①成功した単一化の回数と1回あたりのマイクロクロック数の平均
- ②失敗した単一化の回数と1回あたりのマイクロクロック数の平均
- ③縮退の回数と1回あたりのマイクロクロック数の平均
- ④縮退で生成されたGFのリテラル部及び構造部の大きさの平均
- ⑤UNIREDの総稼動時間、及びSVPのオーバーヘッドを含めた処理時間の測定を行なった。

```
?- eightq([A,B,C,D,E,F,G,H|_]),fail.
```

```
eightq(A) :-
```

```
A=[_|B],B=[_|C],C=[_|D],D=[_|E],
E=[_|F],F=[_|G],G=[_|H],H=[_|_],
check(A),check(B),check(C),check(D),
check(E),check(F),check(G),check(H).
```

```
check([c(o,x,x,x,x,x,x,x),
c(x,x,_,_,_,_,_,_),
c(x,_,x,_,_,_,_,_),
c(x,_,_,x,_,_,_,_),
c(x,_,_,_,x,_,_,_),
c(x,_,_,_,_,x,_,_),
c(x,_,_,_,_,_,x,_,_),
c(x,_,_,_,_,_,_,x)|_]).
```

```
check([c(x,o,x,x,x,x,x,x),
c(x,x,x,_,_,_,_,_),
c(,x,_,x,_,_,_,_),
c(,x,_,_,x,_,_,_),
c(,x,_,_,_,x,_,_),
c(,x,_,_,_,_,x,_,_),
c(,x,_,_,_,_,_,x,_,_),
c(,x,_,_,_,_,_,_,x)|_]).
```

図1 評価用プログラム 《8Qa》

①～③のマイクロクロック数はUNIREDに設けた測定用カウンタを用いて測定し、⑤はSVPに備えられたインターバルタイマを用いて測定した。

表1に測定結果を示す。表には、単一化と縮退の処理時間の比率、GF1セルあたりの縮退に要するマイクロクロック数、DEC-10 Prolog (DEC-2060)での評価用プログラムの処理時間も掲げている。

## 5. 検討

UNIREDの稼動時間とDEC-10 Prologの処理時間を比較すると、UNIREDの速度は、《NREV30》の場合、インタプリタと比べて2.5倍、コンパイラと比べて1/7程度であり、一方、《8Qa》ではコンパイラと比べても3倍以上速いことがわかる。《NREV30》のように、単一化の処理が単純なプログラムでは、単一化の処理に対する縮退の処理時間の比率が高く、縮退によるオーバーヘッドが無視できない。《8Qa》のように単一化の処理が複雑な問題では、その分縮退の処

理時間の比率は小さくなる。《8Qa》の場合、この値は約4であり、縮退の時間の比率がこの程度におさえられていれば、UNIREDは十分高速に動作することがわかる。

実際の処理時間にはSVPのオーバーヘッドが60～70%ある。これは、

- ①GFの転送をSVPがプログラムで行っており、しかも、1セルを16ビットずつ2回に分けて転送している、
  - ②GFを取り出し、UNIREDに単一化を指示する等の実行制御をSVPがプログラムで行っている、
  - ③評価用データの収集のためのプログラムが加わっている
- 等によるものである。
- ①は、GFの転送をDMA転送にし、更に、縮退の処理期間とオーバーラップさせることにより高速化できる。②は、実行制御をマイクロプログラム化することで高速化できる。これらを実現するため、ハードウェアの追加を進めている。

## 6. おわりに

評価の結果、試作UPは、十分高速に動作することがわかった。しかし、問題によっては、縮退の処理時間のオーバーヘッドが無視できないこともわかった。この問題を解決するためには、

- ①構造体メモリを用いて構造データを共有しGF長を小さくすることにより、縮退の時間をおさえる、
  - ②不必要な縮退処理を行わない実行メカニズムを採り入れる、
- などの対策が必要であり、現在これらの検討を進めている。

## 【参考文献】

- [1] 湯原 他, “PIEの試作単一化プロセスサ～ マイクロプログラム”, 第28回情報全大, 6F-5, 1984
- [2] 小池 他, “PIEの試作単一化プロセスサ～ システム構成”, 第28回情報全大, 6F-6, 1984

program		NREV30	8Qa
① succ unif	num	496	2065
	av. clk	50.5	386.6
② fail unif	num	496	13664
	av. clk	30.0	88.0
③ red	num	496	2065
	av. clk	674.3	1531.3
④ GFlen [cell]	lit	57.9	20.1
	str	60.0	133.0
⑤ time [s]	UNIRED	0.074	0.999
	+SVP	0.195	3.375
red / succ unif		13.4	4.0
red / GFlen		5.8	9.9