25 MHz トランスペュータを用いた ボードの開発と その FORTRAN 演算性能評価

井門 俊治*,
辻 龍介**, 中井 泰明**

(1988年 10月31日 受理)

(1988年 11月21日 再受理)

Development of Board Using 25 MHz Transputer and Its Performances of FORTRAN Calculations

By Shunji IDO,
Ryusuke TSUJI and Yasuaki NAKAI

KEYWORDS: 25 MHz transputers, T800-25, T800-20, parallel FORTRAN, FORTRAN benchmark tests, Livermore loop, LINPACK, 80286/80287, 68020/68881, SPARC, computer codes, computer calculations

原子力およびプラズマ・核融合の研究分野においては、大型計算によるシミュレーション解析が必須の手段となっている。このためにベクトル計算機(スーパーコンピュータ)、並列高速演算機を用いた大型計算コードの開発が行われている。われわれはパソコン内蔵型の高機能並列マイクロプロセッサ(トランスペュータ)に注目し、アプリケーションプログラムの開発に着手している⁽¹⁾⁽²⁾。

並列システムで高速の科学技術計算を実行するためには、ハードウェア・ソフトウェア・物理問題の並列化について考察することが必要であることはいうまでもないが、一方必要とされる並列プロセッサ数を確定するためにも単体としてのCPUの能力についてもよく調べる必要がある。ここでは、クロック周波数、内部SRAM、主記憶(DRAM)アクセス時間とFORTRANプログラムの実行速度との関係について考察する。

このために、最新の25 MHz(従来は20 MHz)のトランスペュータ(T800)を用いたボードを試作した。言語はParallel FORTRAN⁽³⁾を用いた。その理由は、他の計算機との比較のためによく知られているFORTRANベンチマークプログラムを用いるためと、従来

のシミュレーションプログラムのほとんどがFORTRANで書かれているためである。

1. ハードウェアとソフトウェア

パソコンに内蔵する3種類のトランスペュータボードについて比較評価した。これらのボードの特徴をTable 1に示す⁽⁴⁾⁽⁵⁾。これらのボードは、CPUのクロック周波数以外に主記憶へのアクセスサイクルとアクセス時間が異なる。プログラムおよびデータがCPU内部のSRAM(4kB)に入り切らなくなり、主記憶上に展開されると、メモリアccess時間の差により処理時間が異なってくる。今回の試作ボードは、20 MHzでメモリアccessが3サイクルのボードのCPUを25 MHzのT800に差し替え、25 MHz対応のために結線を追加したものである。更に高速化するためには、今後出荷予定の30 MHzのT800や、メモリアccessが2サイクルのT801等を採用していく必要がある。

Table 1 Specification of transputer boards

	Concurrent Systems Ltd. (Japan)		Quintek Ltd. (UK)
	(ad hoc sample)	TRPM-001	FAST 4
Host computer	PC-9801	PC-9801	IBM-PC
CPU	T800-25	T800-20	T800-20
Cycle (MHz)	25	20	20
Cycle time (ns)	40	50	50
Number of CPU	1	1	4
Addition of CPUs	Available	Available	Available
SRAM in CPU	4	4	4
(kB)			
Main memory per CPU (MB)	1	1	1
Memory DRAM (Mbit)	1	1	1
Memory access cycle	3	3	4
Memory access time (ns)	120	150	200

Parallel FORTRANの機能は、Parallel Cの機能とほぼ同じであり、

- (1) 標準 FORTRAN 互換機能
- (2) タスク割り付けによる並列化機能
- (3) 非割り付け並列化機能(flood-fill 機能)

の3種類がある⁽²⁾⁽⁶⁾。PC-9801上でParallel FOR-

* 埼玉大学工学部(Dept. Elec. Eng., Fac. of Eng., Saitama Univ.)

** 茨城大学工学部(Dept. Elec. Eng., Fac. of Eng., Ibaraki Univ.)

** コンカレントシステムズ(株)(Concurrent Systems Ltd.)

RAN/Cを実行するため、IBM-PCとT800間の通信ソフト(Cプログラム)をPC-9801用に書換えて用いた。

2. ベンチマークプログラム (FORTRAN)

標準FORTRAN互換機能によりFORTRANベンチマークプログラムを実行した。この時、従来の数値計算のFORTRANプログラムがそのままトランスピュータ上で実行できるという利点がある。

(1) 四則演算と関数(倍精度 FORTRAN)

倍精度実数の四則演算と6種類の関数についてFORTRANプログラムの⁷⁾により演算時間を測定した結果を、Table 2に示す。25 MHz ボードは同一のメモリアクセスサイクル(3 サイクル)の20 MHz ボードに対して正確に5/4(=25 MHz/20 MHz)倍の速度向上を示している。2種類の20 MHz ボードを比べると、

Table 2 FORTRAN execution time of floating operations (double) (Unit: μ s)

Computer	Transputers			IBM-PC/AT	Sun-3/50	S-3300
CPU	T 800-25	T 800-20	T 800-20	80286-10 80287-10	68020-15 68881-16.67	Fujitsu super mini computer
Memory access time (ns)	120	150	200			
+	0.64	0.80	0.80	49.4	16.0	6.79
-	0.72	0.90	0.90	50.4	15.8	6.77
*	1.24	1.55	1.55	58.7	17.2	7.43
/	1.72	2.15	2.15	67.0	19.2	8.90
SQRT	11.0	14.0	14.0	80.1	15.0	41.5
SIN	36.0	45.0	48.5	387.7	32.6	76.7
COS	31.0	39.0	42.0	401.5	32.6	155.5
TAN	39.0	49.0	52.5	297.1	37.2	85.2
EXP	40.5	51.5	56.0	297.1	39.0	72.7
LOG	32.0	40.5	44.0	217.4	46.2	80.8
Compiler	Parallel FORTRAN			Pro-FORTRAN 77	FORTRAN 77 (f77 -f 68881)	FORTRAN 77 (OPT-1)

Table 3 Tests of Livermore loop (single) (Unit: MFLOPS)

Transputers				IBM PC/AT	Sun-3/50	S-3300	Sun-4/260	VP-200	
CPU	T 800-25	T 800-20	T 800-20	80286-10 80287-10	68020-15 68881-16. 67	Super mini computer	SPARC Weitek 1164/1165	Super computer (Scalar)	
Memory access time (ns)	120	150	200						
Loop No.	1	1.05	0.83	0.80	0.036	0.141	0.41	1.79	11.1
	2	1.11	0.87	0.83	0.037	0.110	0.44	2.08	12.3
	3	0.74	0.61	0.59	0.028	0.154	0.33	2.19	8.3
	4	0.29	0.23	0.21	0.022	0.085	0.21	0.78	6.0
	5	0.48	0.37	0.33	0.024	0.093	0.30	0.88	10.8
	6	0.44	0.35	0.32	0.024	0.085	0.29	0.83	9.7
	7	1.48	1.20	1.07	0.044	0.150	0.54	1.91	15.2
	8	0.40	0.33	0.31	0.020	0.129	0.40	1.28	14.9
	9	1.00	0.74	0.71	0.039	0.120	0.47	1.90	14.0
	10	0.24	0.20	0.18	0.009	0.073	0.23	0.79	8.1
	11	0.22	0.18	0.15	0.018	0.063	0.16	0.55	4.8
	12	0.35	0.28	0.24	0.022	0.069	0.13	0.83	4.8
	13	0.11	0.09	0.08	0.010	0.044	0.09	0.32	2.6
	14	0.47	0.38	0.34	0.017	0.085	0.14	0.76	4.3
Total	8.37	6.64	6.14	0.348	1.400	4.14	16.88	126.9	
Average	0.60	0.47	0.44	0.025	0.100	0.30	1.21	9.1	
Compile condition					f77 -o -f68881	OPT-3	f77 -o3	Scalar	

Table 4 LINPACK performances of 100×100 Gaussian elimination
(double precision FORTRAN)

Computer	OS/Compiler	MFLOPS
T800-25(120 ns)	Parallel FORTRAN	0.484
T800-20(150 ns)	//	0.390
T800-20(200 ns)	//	0.337
Sun-4/260	f 77 -o sys 4-beta 2	1.1†
Sun-4/260	f 77 -o3	1.09
VAX 8800	VMS v 4.5	0.99†
Pyramid 9810	OS x 4.0	0.50†
VAX 8600	VMS v 4.5	0.48†
Sun-3/260+FPA	3.2/f 77 -o -ffpa	0.46†
Sun-3/260, 20 MHz 68881	3.2/f 77 -o -f 68881	0.11†
Sun-3/50, 16 MHz 68881	3.4/f 77 -o -f 68881	0.09
Sun-3/50, 16 MHz 68881	3.2/f 77 -o -f 68881	0.087†

† Dongarra's report

四則演算および SQRT の速度は変わらないが、関数演算では差が生じる。これは、関数計算の場合 CPU 内部の SRAM の他に主記憶を用いているためである。ただし、その差は10%以内であり、メモリアクセス時間の比 (1.3=200 ns/150 ns) ほども大きくない。

(2) Livermore Loop (単精度 FORTRAN)

リバモアループは本来、ベクトル計算機の演算能力を測定するために考案された14個の DO ループであるが、スカラ演算の能力を調べる目安ともなる。Table 3 に各種ボード、機種の結果を示している。

2種類の 20 MHz ボードを比較すると、メモリアクセスが速くなると 5~20% 程度の速度向上が見られることがわかる。25 MHz ボードではやはり5/4倍の速度向上が実現しており、ワークステーションの4倍以上、スーパーミニコン(S-3300)の2倍程度の速度を示す。Sun-4/260に対しては0.5倍程度の速度を出している。また名古屋大学プラズマ研究所のスーパーコンピュータ VP-200 をスカラ機として用いた時の速度に対しては、約1/15の速度を出している。

(3) LINPACK (倍精度 FORTRAN)

LINPACK は倍精度変数についての多元連立方程式をガウスの消去法で解く FORTRAN プログラムであり、パソコンからスーパーコンピュータまで 200 以上の機種についての数値が報告されている⁽⁶⁾。このベンチマークプログラムを T800 で実行した結果を Table 4 に示す。

このテストにおいて、25 MHz ボードの演算速度は 20 MHz ボードの5/4倍であり、VAX 8600 と同程度である。68020/68881 を用いた UNIX ワークステーションに対しては 4~5 倍、Sun-4/260 に対しては、0.44

倍程度となっている。

また、このプログラムでは主記憶へのアクセスが多いため、2種類の 20 MHz ボードではメモリアクセス時間の比 (1.3 倍) が速度比 (1.16=0.390 MFLOPS/0.337 MFLOPS) に反映されている。

3. 結 論

25 MHz の T800 を用いたパソコン内蔵用のボードを試作・評価した。クロック周波数比に比例した速度向上が確認でき、Livermore loop で 0.60 MFLOPS、LINPACK では 0.48 MFLOPS の性能が測定された。したがって、単体としてもスーパーミニコン級の能力を持つとともに、数10個の T800 によりスーパーコンピュータ級の演算能力が実現する可能性があることがわかる。

われわれの研究・開発を終始支援してくれた兼松電子部品㈱とエヌピーエス㈱に心より感謝する。

— 参 考 文 献 —

- (1) 井門俊治, 辻 龍介: 原子力誌, 30(11), 999 (1988).
- (2) 同上: 同上, 30(12), 1103 (1988).
- (3) "Parallel FORTRAN User Guide", (1988), 3 L Ltd.
- (4) "The FAST 4 a Four-Transputer Board for the IBM PC", (1988), Quintek Ltd.
- (5) "トランスピュータボード TRPM-001取扱説明書", (1988), コンカレントシステムズ.
- (6) "Parallel C User Guide", (1988), 3 L Ltd.
- (7) 矢部 孝, 井門俊治: "FORTRAN & C 言語によるシミュレーション技法入門", (1988), 日刊工業新聞社.
- (8) DONGARRA, J.J.: "Performances of Various Computers Using Standard Linear Equations Software in a Fortran Environment", TM-23, (Sep. 30, 1988), ANL.