

TM-1045他

並列処理シンポジウム91発表論文集

May, 1991

© 1991, ICOT

ICOT

Mita Kokusai Bldg. 21F
4-28 Mita 1-Chome
Minato-ku Tokyo 108 Japan

(03)3456-3191 ~ 5
Telex ICOT J32964

Institute for New Generation Computer Technology

- | | | |
|--------|------------------------------|---------------------------|
| TM1045 | 将来の並列処理のあるべき姿
ー今なにをすべきかー | 瀧 和男 |
| TM1046 | 並列推論マシンPIM/iの命令レベル並
列性の評価 | 大原 輝彦、武田 浩一、
佐藤 正俊 (沖) |
| TM1047 | WTC方式を用いた分散プロセス制御
方式 | 六沢 一昭 (沖)、
市吉 伸行 |

将来の並列処理のあるべき姿 — 今なにをすべきか — *

瀧 和男†

(財) 新世代コンピュータ技術開発機構‡

1 大規模 MIMD 上の記号処理

本稿では、大きな将来性を持つ一つの方向として、「大規模 MIMD 型並列マシン上の記号処理」を取り上げる。今後、知識処理や非数値データ処理の比率が、飛躍的に上昇すると考えるためであるが、実は純粋の記号処理に限定するのではなく、「データ並列性が低く動的性質の強い大量計算」はすべて、対象と考える。このような計算は、SIMD 型並列マシンが不得意とするものであり、MIMD でなければ効率の得られない処理である。

以下では、このような対象に関し、(1) ハードウェアが実現可能か、(2) プログラムできるか、(3) 使ってもらえるか、の3点を点検すると共に、第五世代コンピュータプロジェクトで開発中の並列推論マシン PIM を例にとりながら、将来の大規模並列マシン像を描いてみる。また、今ももっとも注力すべき研究テーマとして、並列ソフトウェアに関する研究と技術の蓄積を上げ、とるべきアプローチと問題点について考える。

2 ハードウェア像

PIM の代表的モデルの一つは、階層構成を取り、下の層は、8 台のプロセッサが密結合されたクラスターで、共有メモリ構造を持つ。上の層は、クラスターどうしが高速のネットワークで接続された、分散メモリ構造である。個々のプロセッサは、汎用大型計算機に近い性能を持ち、記号処理の効率を上げるための少量のハードウェアを装備している。これは、大雑把に言って、記号処理向きの大規模 MIMD マシンの将来像に、ほぼ合致すると考えている。

分散メモリ構造は、大規模システムを実現するのに適しており、将来の高性能マイクロプロセッサを用いて、大規模システムを組もうとするときの、もっとも素直な実現方法の一つであろう。一方、共有メモリ構造を部分的に用いる利点は、通信の局所性が

低い問題に対しても効率を得易いこと、プロセッサ 1 台当たりのメモリ容量を、完全な分散メモリ構造の場合より少なくできること等である。

一方、不均質な処理、動的な処理を対象とする記号処理向き MIMD マシンの場合、数値計算のような均質な処理だけを扱う MIMD マシンと比べて、プロセッサあたりのメモリ容量は多く必要となる。PIM の場合、メモリに使うトランジスタ数は、プロセッサに使うトランジスタ数の、100 倍程度大きい。決められた数のトランジスタを使ってシステムを作るとき、メモリに多く、演算器に少なく使えば、ピーク性能が低くなるのはやむを得ない。

現在の実装技術では、PIM/p の構成で 1000 プロセッサを実装すると、大型筐体 10 本では、実装しきれない。大きさも、コストの面でも、まだ実用的には問題がある。しかし、半導体の集積度向上が今のペースで続くならば、1990 年代の後半には、筐体 1 本で 1000 プロセッサの PIM/p が実装可能となる。記号処理向き大規模 MIMD マシンが、実用も考えて「実現可能となる」のは、このころであろう。

3 プログラムできるか

「プログラムできるか」とは、対象とする応用問題について、(1) アルゴリズム設計、プログラム作り、そしてデバッグができること、(2) 並列処理性能が最大限に引き出せるよう、プログラムのチューニングができること、の2点と考えよう。逐次マシンで作られたプログラムを並列マシンに移植することは、データ並列性のない問題では性能を得ることが難しいので、ここでは考えない。

大規模 MIMD マシン用に、世の中で使われている並列プログラミング言語のほとんどは、C や FORTRAN などの手続き型言語に、通信と同期のプリミティブを入れたものである。これらの言語によるプログラミングの欠点は、(1) プログラムの構造が、ハードウェアの分散メモリ構造に、きわめて強く影響されること、(2) 通信と同期を陽に記述するため、複雑な構造の並行プログラムを書きにくく、バグが混入し易いことである。(1) はプログラム設計に制約を与

*Expected features of the future parallel processing;
—What to do now—

†Kazuo TAKI, E-mail: taki@icot.or.jp

‡Institute for New Generation Computer Technology

え、性能チューニングの手間を増やし、(2)はプログラムの書き易さ、デバッグのし易さを減少させる。

PIM上のKL1言語系では、これらの問題点を解消するために、次のような試みを行っている。

- (a) ハードウェア構造とは独立にプログラム構造が決められるような、プログラミング言語
- (b) 通信と同期の記述に関する高級言語
- (c) 小粒度、高多重の並行プロセスの記述と、そのスケジューリングが制御できる言語、それを効率良く実行できる処理系
- (d) 問題解法のためのアルゴリズムと、仕事の割り付け(並列処理性能向上)のためのアルゴリズムを分けて扱える言語

PIM上のKL1言語処理系では、以上のような機能を実現し、「大規模MIMDマシンをプログラムすることでは、従来手法の欠点をかなり解消できたことが、実績として示されつつある。ただし性能のチューニングは、問題毎の個別対応で行っており、性能を引き出すためのプログラム改良には、大きな努力を必要としている。

4 使ってもらえるか

「使ってもらえるか」の意味は、(1)アプリケーションがあるか、(2)絶対性能が逐次マシンと比べて十分高いか、などである。

単一プロセッサのマシンも、スーパースカラやLIW技術を用いて、CPI(clock per instruction)値を、限界値で0.4程度まで、短縮してくると言われている。一方、大規模MIMDマシンに用いる要素プロセッサは、使用トランジスタ数対性能比の良い、RISCだと思えば、1000プロセッサMIMDマシンと最高性能の単一プロセッサマシンの性能比は、並列処理のオーバーヘッドを含めると、100倍前後の値ではなからうか。ただしこれは、CPI比が3倍、並列実行の効率が30%程度を仮定した場合である。そのような効率を得ることは、じつは簡単な仕事ではないが。

100倍という値は、専用マシンだと思えば小さい。このくらいの性能のMIMDマシンは、いろいろな応用について、いつでも100倍前後の性能を平均的に示すような、汎用の並列マシンでなければならないと考える。多様なアプリケーションが必要なのである。

アプリケーションがあるかという点、これはいくらでもある。スーパーコンやSIMDでは効率良く解けず、逐次計算機で解くと時間の掛かり過ぎるよう

な問題は、すべて大規模MIMDの守備範囲と考えてもよからう。ただし、プログラムが書けるか、性能が引き出せるかについては、自明ではない。3.節で述べた言語を使って、異なったタイプの各種問題について、実用的な並列プログラムが書いてゆけるといふ実績を、積み上げつつある。

5 今やるべきこと＝並列ソフトウェアの研究

1990年代の後半には確実に手に入る、1000プロセッサ規模のMIMDマシンを、多様なアプリケーションについて、使いものにならしめる技術、その中でやってゆくべきことは、次のとおりである。

コンカレント・プログラミング: 高い並列性を持つプログラムの設計、記述

- 並列性が高く計算量の小さい並列アルゴリズムの蓄積
- 問題の種類別のプログラミング・パラダイムの確立

パラレル・プロセッシング: プログラムに内在する論理的な並列性を、マシンで実行する時の物理的な並列性にマッピングし、性能を引き出す技術

- プログラム特性の類型にあわせた負荷の均等分散方式の確立
- 同じく通信の局所化方式の確立

パラレル・プロセッシングについては、システムが自動的に制御する、という方針と、ユーザープログラムの中に記述するという方針がある。われわれは、「全自動の負荷分散には限界がある」との立場をとり、ユーザープログラムの中では、なんらかのマッピングに関する指示をするべきと考えている。ただし物理プロセッサを扱う厳密な記述より、抽象的なレベルでの記述が望ましかろう。

上記のような並列ソフトウェアの要素技術を確立すべく、多様なアプリケーションの並列プログラム化を進めている。例をあげると、LSIチップ上の配線設計、論理シミュレーション、遺伝子のアミノ酸配列マッチング、事例ベースを用いる法律問題の推論システム、囲碁システムなどである。

負荷分散や通信の局所化に関して、ソフトウェアで解決できる多くの技術課題が残されていると考えている。多様なプログラム開発を通じて技術蓄積を行い、共通技術を見つけてはシステムでサポートする努力を続けてゆくつもりである。