

1H-9

リバモアループによる データパラレル計算モデルの性能評価

前田栄一郎¹⁾ 迫田行介²⁾ 斉藤鉄郎³⁾ 太田寛²⁾ 山本俊之³⁾
日立ニュークリアエンジニアリング(株)¹⁾ (株)日立製作所システム開発部²⁾ (株)日立マイコンシステム³⁾

1. はじめに

科学技術分野での高速演算への要求に対して、並列処理が脚光を浴びている。我々は分散メモリ型並列計算機上で並列処理を実現するための計算モデルとしてホスト計算機制御型のデータパラレル計算モデル(DPモデル)を提案している¹⁾²⁾。DPモデルは大規模な配列データを各PEに分割して割付け、各PEはこの割り付けられた部分配列データについて処理することにより、全体の処理にかかる経過時間を減らすという考えに基づいている。ここではリバモアループを用いて、分散メモリ型並列計算機のDPモデルの性能評価を行い、その結果とその考察について述べている。

2. 並列計算機の構成

DPモデルが対象とする並列計算機は、図1に示すようにシステム全体を制御するホスト計算機とそのホスト計算機に接続する多数の要素プロセッサ(PE)、それらのPEを結合する相互結合ネットワークから構成される分散メモリ型の並列計算機である。

PEは、局所メモリ(LS)を持った処理ユニット(PU)と他のPEへデータを送る送信ユニット(SU)および他のPEから送られてきたデータを受ける受信ユニット(RU)などのユニットから構成され、これらがそれぞれ独立に動作する。またこれらのユニットでは、あるPEから他のPEへメッセージを送ることによってそのPEのLSデータの読み出し、書き込み、あるいは四則演算を行うリモートオペレーションや後述のコピー制御機能、セマフォによる同期機能が実現されている¹⁾²⁾。

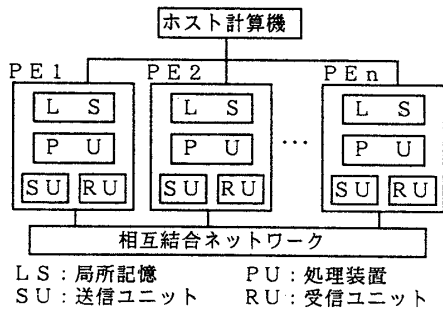


図1 並列計算機の構成

3. DPモデル

前述した並列計算機上で並列処理を実現するにはホスト計算機用とPE用の並列プログラムを用意する。この並列プログラムを作成する一つの手段として、通常の逐次処理用に記述されたプログラム(オリジナルプログラム)を、ホスト計算機用とPE用のプログラムに分割変換(以後この分割変換を並列化と呼ぶ)する³⁾。DPモ

デルはこの並列化のための一つのパラダイムを与えるものである。

DPモデルでは、配列データを添字によって分割し⁴⁾、これを定義する繰返しループの処理(並列処理タスクと呼ぶ)とともに各PEに割り付ける(PEに割り付けられた配列を分散配列と呼ぶ)。そして並列処理タスク以外の入出力処理やスカラ処理はスカラデータとともにホスト計算機に割り付ける。こうしてFORTRANで記述されたオリジナルプログラムを並列化すると図2のようになる。つまり、PE用プログラムは、並列処理タスクがENTRY文とRETURN文によってその入口と出口が与えられたかたちでサブルーチンとして構成する。一方ホスト計算機用プログラムはオリジナルプログラムの並列処理タスク部分をPEプログラムの制御手続き(*STARTAL, *WALL)と入れ替えたもののほかにPE用プログラムのロード、並列処理のための初期化処理、などで構成する。

ところでDPモデルでは、他PEのLSに割り付けられている分散配列データへのアクセスを、自PEのLSアクセスとして実現するためにPE間でコピー制御を行う。これはデータの実体を更新したPEが、ただちにそのデータを必要とするPEにデータのコピー(コピーデータ)を転送するというもので、このコピー制御は本来のプログラムの処理とは独立に行われる。この時のコピーのコピーレンスはセマフォ(P命令、V命令)によ

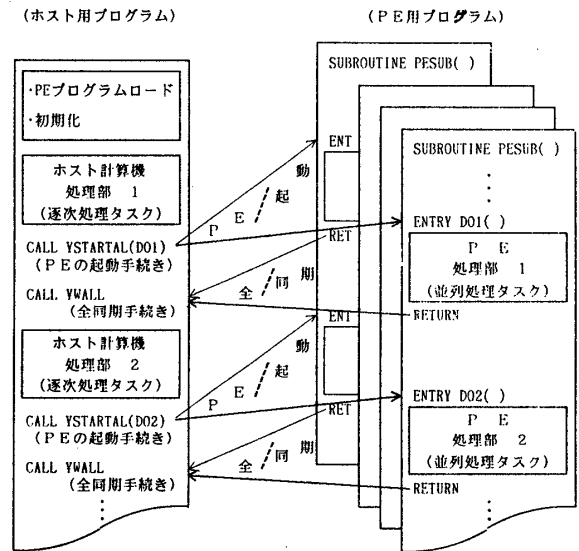


図2 DPモデルに基づく並列化プログラム

Performance Estimation of the Data Parallel Computing Model by Livermore Loops

Eiichiro MAEDA¹⁾, Kousuke SAKODA²⁾, Tetsuo SAITO³⁾, Hiroshi OHTA²⁾, Toshiyuki YAMAMOTO³⁾

Hitachi Nuclear Engineering Co., Ltd.¹⁾, Hitachi Ltd.²⁾, Hitachi Microcomputer Engineering Ltd.³⁾

て保証する。また任意のPE間のデータのアクセスにはリモートオペレーションと呼ぶ命令を用いる。

3. 性能評価

ベンチマークプログラムとして、浮動小数点演算性能を評価する代表的なプログラムとして知られているリバモアープを用いた。このプログラムはFORTRANによる14種類のDOループの計算からなり、それぞれが大規模科学技術計算の主要演算部に対応している。

このリバモアープをDPモデルに基づいてホスト計算機用とPE用のプログラムに並列化する。そして、これらをそれぞれFORTRANコンパイラを用いてコンパイルし、この時に得られるオブジェクトの命令ステップ数をもとにDPモデルの並列処理性能を評価した。

4. 評価結果と考察

PEが64台構成での各ループの加速倍率を図2に示す。縦軸はオリジナルプログラムの実行時間と並列化プログラムの実行時間の比(加速倍率)、横軸はループ番号である。DPモデルに基づく並列処理による加速倍率は0.9から18.2倍の間でループごとにバラツキがある。これはループによって並列化できる度合いが異なるため、実際には1PE当たりの処理するデータ量やPE間の通信量が異なっている。

なかでも加速倍率の低いループ5、6、11はループの核心部の処理がアルゴリズム上完全に逐次的な処理であり、並列処理による効果は得られない。

ループ1、2、3、7、9、10は核心部の計算自体はPEで独立に処理しているにもかかわらず加速倍率はそれほど高くない。これはループ1、7、12ではコピーデータの初期化が必要で、これが大きなオーバーヘッドになっているためである。またその他のループでは

PE台数に対してオリジナルプログラムでのループ長が100から1000程度と短く、1PE当たりの処理するデータ量が少ないためである。従って図4に示すようにループ長が十分長い場合には、加速倍率は大きく向上する。

またループ13、14はループ内で参照する配列のインデックスがDOループの制御インデックスから間接的に計算される間接参照型配列の再帰的な代入計算を含んでいる。このような計算に対してDPモデルでは、リモートオペレーションを用いてPE間で排他的に処理可能である。

5. おわりに

ベンチマークプログラムにリバモアープを用いて、分散メモリ型並列計算機上でのDPモデルの性能を評価した。その結果、アルゴリズム上完全に逐次的な演算のループを除くと並列処理による効果が現れていることが分かった。またそれらのループにおいて、PE台数に対してループ長が十分長い場合には、十分に高い加速倍率が得られることが分かった。

参考文献

- 1) 村松、他：分散型共有メモリを持つデータパラレル計算機のアーキテクチャ、第38回情報処理学会論文集、1989
- 2) 村松、他：データパラレル計算モデルとその実行方式、並列処理シンポジウム、JSPP'89、1989
- 3) 太田、他：並列計算機用FORTRANの並列化トランスレータの基本構想、第40回情報処理学会論文集、1990
- 4) 齊藤、他：並列計算機用FORTRANのDOループ実行制御方式、第40回情報処理学会論文集、1990

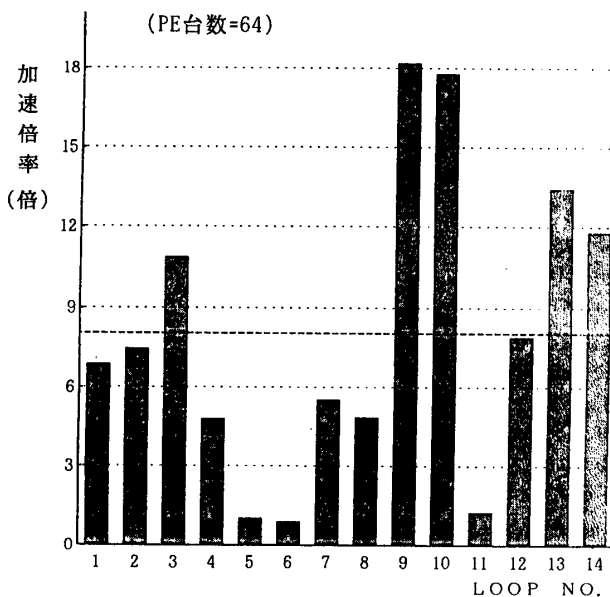


図3 リバモアープの並列処理による加速倍率

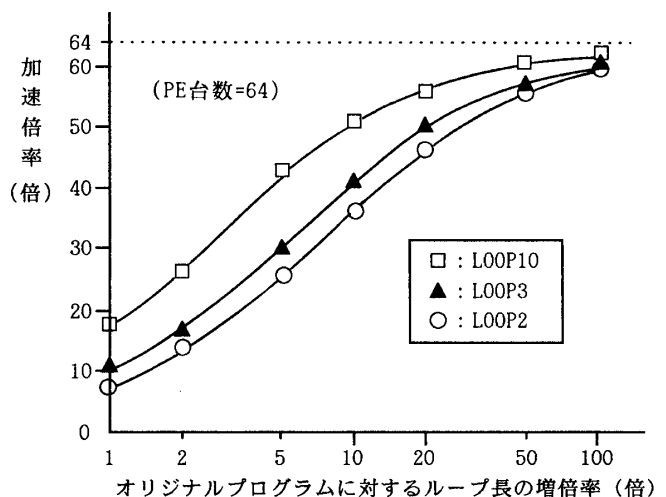


図4 ループ長に対する加速倍率の変化