

放送型定並列計算機BSCPコンピュータの提案

5P-7

山内博史 シャルマビノド 小島聖司 古橋信一 有田隆也 曾和将容
名古屋工業大学

1. はじめに

従来のメモリ共有型並列計算機では、共有メモリに対するアクセス競合による“共有メモリ・ボトルネック”がシステムのスループット向上に対して大きな障壁となっていた。本稿で提案する放送型定並列計算機BSCPコンピュータは、この障壁となるボトルネックの問題を取り除こうとするものである。

BSCP (Broadcast Satellite Constant Parallelism) コンピュータは、定並列処理を基本とするCPコンピュータ¹⁾²⁾の一つの実現形態として、プロセッサ間の全てのデータ通信を、放送(broadcasting)とリスニングプログラムと呼ばれるプログラムの実行によって行う定並列計算機である。

2. 放送型定並列計算機の原理

我々はこれまで定並列計算機CPコンピュータを提案し、研究を続けてきた。CPコンピュータは従来の並列計算機におけるインスタンスの区別化の必要性によるオーバーヘッド、動的スケジューリングによるオーバーヘッドの問題を解決するものであった。しかしながらプロセッサ間のデータ通信は共有メモリを介して行われていたため、この点にアクセス競合などの問題を残していた。

CPコンピュータのようなメモリ共有型アーキテクチャにおいては、“あるプロセッサから共有メモリに対するバス経路のアクセスは、他の全てのプロセッサによって参照可能である”ことが分かる。このことは、データが共有バスに対して放送されていると考えることができる。放送型定並列計算機BSCPは、この特性を積極的に利用するものであり、したがってスヌープキャッシュを必要としない。プロセッサは全ての放送を受信し、そのデータが必要であれば取り込み、不必要であれば取り除く、ということをデータ通信の基本原則とした定並列型の計算機である。

3. 放送型通信の特長

放送型定並列計算機BSCPコンピュータでは、プロセッサ間の共有データ、分岐のためのデータなど、全てが放送によって通信される。

この放送型通信とそのシステムの特長を以下に述べる。

(1)放送型通信は、共有メモリを介して行われるデータ通信に比べて高速な通信が可能である。図1はプロセッサPU0からPU1とPU3へのデータ通信について、共有メモリを介する通信と放送による通信を比較したものである。図1(a)の共有メモリを介する通信では、PU0がデータを送信してからPU1とPU3がデータの受信を完了するまでに、独立したバスアクセスが3回必要である。それに対して図1(b)の放送による通信では、PU0のデータ送信(バスアクセス)によって他の全てのPUが受信可能となる。この図の場合、PU2では受信したデータを必要としないため、内部でデータを取り除くことになる。

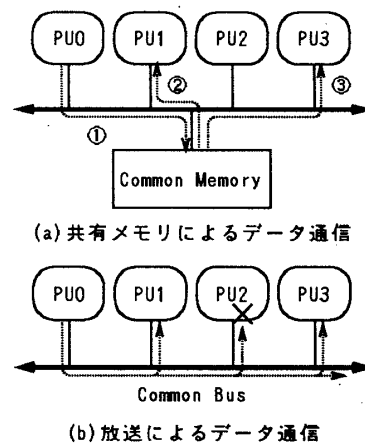


図1. データ通信の比較

(2)放送型通信を実現するシステムは、共有バスを監視するスヌープキャッシュの機能をリスニングプログラムという形で明示化したものであり、従来のスヌープキャッシュと同等の機能を包含している。

(3)放送型通信は、メッセージパッシング型のデータ通信と違い、通信情報に送信先を含める必要がないため、バス幅を小さく抑えることが可能である。

(4)各プロセッサがハードウェア的に独立しており、プロセッサ台数の増加などに対して柔軟性が高い。

(5)放送型通信は、共有バス型のネットワークで実現できるため、ハイパーキューブなどの複雑なプロセッサ間ネットワークに比べ、ネットワークのハードウェアが簡

単である。

(6) プログラムによって、共有メモリと同等の機能を実現できる。

4. 放送型定並列計算機BSCPコンピュータのアーキテクチャ

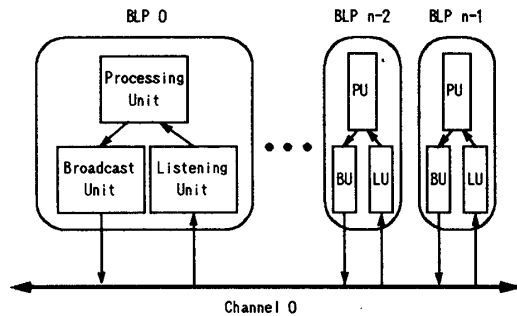


図2. BSCPコンピュータの全体構成

BSCPコンピュータの全体構成を図2に示す。要素プロセッサであるBL (Broadcast and Listening) プロセッサは、①プログラムを実行する処理ユニットPU (Processing Unit)、②放送を送信する放送ユニットBU (Broadcast Unit)、③放送を受信する受信ユニットLU (Listening Unit)の3つのユニットから成る。BLプロセッサはチャンネルと呼ばれる共有バスによって結合される。チャンネルは、BLプロセッサの台数が増えるのに伴い複数化される。

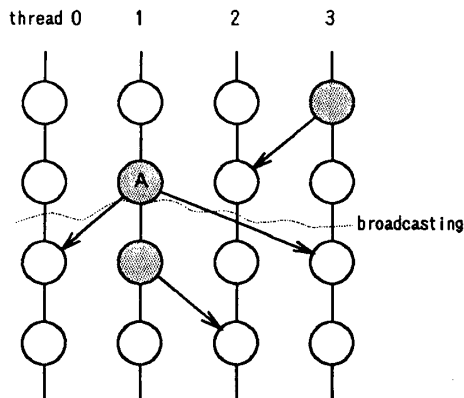


図3. 定並列コントロールフロープログラム

BSCPコンピュータは図3のような定並列コントロールフロープログラムを実行する。縦一列の命令列はスレッドと呼ばれる。またアークはBLプロセッサ間のデータ依存関係を示している。各BLプロセッサは静的に割り当てられたそれぞれのスレッドを実行する。

処理ユニットPUは放送命令の実行毎に、放送内容に送信ユニット名を加えた放送データを、放送ユニットBUを経由してチャンネルに放送する。全ての受信ユニット

LUは、常にチャンネル上の放送データを受信し、自分に必要なデータのみを処理ユニットPUへ送り、不必要なデータを捨て去る。この動作は受信ユニットLU内のリスニングプロセッサが、リスニングプログラムを実行することによって実現される。リスニングプログラムには他のBLプロセッサの各放送に対してそのデータを取り込むか、取り除くかの情報が書かれている。

図3において、BLプロセッサ1の放送ユニットBUは命令Aの実行によりデータを放送する。放送されたデータは全てのBLプロセッサの受信ユニットLUによって受信される。このデータは、BLプロセッサ0と3においては受信ユニットLUから処理ユニットPUへ送られるが、BLプロセッサ1と2はこのデータを必要としないので、受信ユニットLUはデータを処理ユニットPUに送らずに捨て去る。

BSCPコンピュータでは、このような方法によってBLプロセッサ間のデータ（分岐関連データを含む）通信を行う。

5. おわりに

本稿で提案した放送型定並列計算機BSCPコンピュータは、キャッシュシステムを包含する放送型アーキテクチャによるデータ通信を実現するトータルアーキテクチャコンピュータである。このBSCPコンピュータによって、従来からの問題であったプロセッサ間データ通信の高速化に対して新しいアプローチが可能になったといえる。

現在BSCPプロトタイプハードウェア設計が進行中である。BSCPコンピュータでは、従来のコンピュータにはなかった受信ユニットLUを持っているので、このLUの設計がこのコンピュータの成否をにぎるキーポイントとなっている。また同時にBSCPコンピュータのソフトウェアに関して、コンパイラの研究もなされている。さらに、BSCPコンピュータでは特定のBLプロセッサに共有メモリ機能を持たせることにより、データの通信をさらに柔軟にするシステムの構成も原理的に可能であり、このことに関する研究も行われている。

参考文献

- (1) M.Sowa: A Control Flow Parallel Computer Architecture, IPS Japan, SIGACHI, 48-2 (1983).
- (2) 曾和, 有田: コンスタントパラレリズムコントロールフローコンピュータの提案, 信学技報, CPSY89-6 (1989).
- (3) Vinod Sharma, K.Yamada, M.Sowa: Architecture and Design of CP Parallel Computer, 並列処理シンポジウムJSPP'90 論文集, pp.129-136 (1990).