

5T-3

並列計算機テストベッド
ATTEMPTの概観

天野英晴†、工藤知宏†、寺沢卓也†、呉燦文†、岩田敏之†

†慶応義塾大学理工学部、‡アルюме株式会社

1 はじめに

並列計算機はいよいよ普及の時代を向かえつつある。ワークステーションのマルチプロセッサ化はきわめて近い将来であるといわれる一方、さまざまな分野における専用並列計算機の進出の可能性も大きくなってきている。

このような並列計算機の開発にはソフトウェア、アーキテクチャの広い分野における研究が必要になる。しかし、現在、特に日本においてこのような研究者のための環境は必ずしも良いとはいえない。汎用並列計算機はある程度普及しているが、高価であり、OSの開発者がシステム全体を占有して用いることは難しい。また、アーキテクチャの研究者が、自分が設計したシステムの有効性をプロトタイプを作成して検証することができるのはかなり資金的に恵まれている場合に限られる。

並列計算機テストベッド ATTEMPT (A Typical Testing Environment of Multi Processor systems) は、並列計算機の研究者に対し、優れた環境を、個人的に用いられるワークステーション程度の価格で供給する目的で開発された。より具体的な目的は以下の2つである。

1. 分散 OS 等のシステムソフトウェア開発者に、個人的に占有できる環境を提供する。
2. 専用並列計算機開発者に対し、プロトタイプの基本となる拡張性に富んだシステムを提供する。

ATTEMPT はソフトウェア的にもハードウェア的にも完全に開放されたシステムであり、拡張性に優れたプロセッサと、規格化されたバスを持つ。ユーザはシステムの供給するソフトウェアを自由に書き替えることができるばかりでなく、ハードウェアを拡張することにより新たに開発する並列計算機の土台として利用することもできる。

本報告では ATTEMPT の概観とその設計方針を述べる。

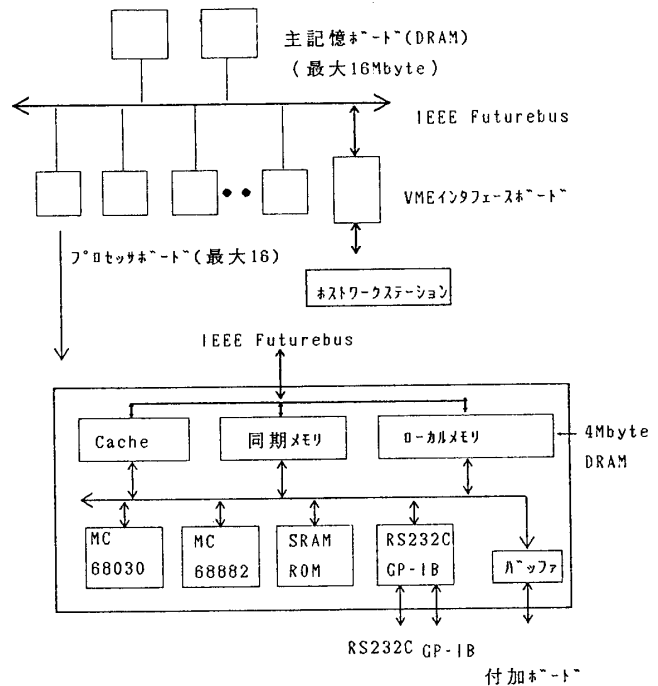


図1 ATTEMPTの構成

2 ATTEMPTの概観

安価に密結合を実現するため、ATTEMPTは図1に示すように共有バスを用いている。ボードはプロセッサボード、主記憶ボード、VME インタフェースボードの種類であり、第1段階ではディスクは持たず、SUN等のUNIXに基づくワークステーションのバックエンドとして機能する。各プロセッサ上にはこのための簡単なソフトウェアが用意される。各プロセッサはローカルメモリ及びボード内インタフェース(RS232C, GP-IB)を持ち、単独に他のホストマシンに接続し動作することができる。また、ボード毎に付加ハードウェアを取り付け、拡張を可能にするためシステムバスを延長できるように配慮されている。

マルチプロセッサとしての ATTEMPT の特徴は以下の点である。

1. 様々なプロセッサ間通信を統合的に実現する通信機構を持つ。
2. 拡張性、柔軟性を高めるため、システムバスに IEEE Futurebus を用いている。

3 ATTEMPTの交信機構

現在典型的なバス結合型のマルチプロセッサにおいては、各プロセッサはバスを介して大容量の共有メモリをアクセスする。この場合、バスの混雑を低減し、アクセスタイムを小さくするためにキャッシュの使用は不可欠であり、複数のキャッシュに分散されたデータの一貫性を保つための様々なプロトコルが提案されている。

しかし、ATTEMPTにおいてはテストベットとして機能するため様々な形態のプロセッサ間相互作用を実現する必要がある。我々はマルチプロセッサにおけるプロセッサ間相互作用を、その性質により以下のように分類した。

共有型: プロセスのコードやローカル変数は、OSの実装を容易にするために、全プロセッサが同様にアクセスできる共有領域上に置く必要がある。この領域は、プロセスのマイグレーション等特殊な場合以外、同期操作無しで特定のプロセッサにより継続的に用いられる。このように、データ交換よりは共有に重点が置かれ、同期操作を伴わない相互作用をここでは共有型と呼ぶ。

交換型: 共有変数を用いた同期操作、メッセージ交換等の交信は、純粋にプロセッサ間の同期と情報交換が目的である。このような相互作用をここでは交換型と呼ぶ。黒板モデルの黒板等で行なわれる共有変数を用いた頻繁な交信もこの中に入る。

本来、キャッシュは共有型に対しては非常に有効であるが、交換型に対してはほとんど効果がない。それにも関わらず、従来多くのマルチプロセッサにおいては、簡単な同期機構で同期操作を行なう以外はほとんどの交換型の交信をもキャッシュを介して行い、またプロトコルの設計、評価もこのことを前提において行なわれる傾向にあった。

これに対し、我々は高度の機能を持つ同期機構をキャッシュと組み合わせることにより、共有型、交換型の両者の交信を統合的に実現する交信機構を設計した。この基本方針は以下の通りである。

1. 交換型の交信のほとんどは同期機構により行なう。このため同期機構は、変数による同期操作、短いサイズのメッセージパッシング、ブロードキャストを高速かつ効率的に実現する必要がある。

2. オブジェクト指向の環境で用いられるメッセージはしばしばそのサイズが大きくなるため同期機構だけで実現することは難しい。そこで、キャッシュとの組み合わせにより実現する。
3. キャッシュのプロトコルは同期機構の存在の下で最も有利になるように設計する。また、同期機構の支援を得て、大きなサイズのメッセージパッシングを実現する機能をプロトコル中に組み込む。

本報告に続く3つの報告で、同期機構、キャッシュプロトコル、IEEE Futurebus インタフェースについてそれぞれ詳細を述べて行く。

4 おわりに

第1版であるATTEMPT0は、図1の構成をそのまま持ち、今年度出荷される予定である。4Mbyteのローカルメモリはジャンパ機能により主記憶として使用できるようになっており、CPUボード2枚で主記憶共有型マルチプロセッサが構成できる。ATTEMPT0においては、Futurebus インタフェースが複雑なためボードの面積が不足し、後の報告で示す高度なキャッシュを実装することができなかった。このため、ATTEMPT0では単純なライトスルーキャッシュを用いている。Futurebus インタフェース関係のLSI化を行った後、今回報告するプロトコルを持つATTEMPT1を開発する予定である。

謝辞

本研究を進めるにあたって貴重なご意見をいただいた慶應義塾大学理工学部 物理学科助手 朴泰佑氏に深く感謝いたします。