

科学技術計算専用ロジック組込み型プラットフォーム・アーキテクチャの開発 -プラットフォーム・アーキテクチャ-

佐々木徹, 石橋政一, 荒木健悟, 溝口大介, 大谷泰昭*, 長嶋雲兵**, 村上和彰***

(株)アプリアリ・マイクロシステムズ

〒223-8522 神奈川県横浜市港北区日吉 3-14-1 慶應義塾先端科学技術研究センター14-605

Tel : 045-566-1443, Email : sasaki@a-priori.co.jp

*(株)富士総合研究所解析技術第二部, 〒101-8443 東京都千代田区神田錦町 2-3

**産業技術融合領域研究所, 〒305-8562 茨城県つくば市東 1-1-4

***九州大学大学院システム情報科学研究科, 〒816-8580 福岡県春日市春日公園 6-1

要旨

専用計算機は大きな開発を必要とせず高性能なシステムが作成できるため、今まで数多くトライされて来た。しかし、近年の著しいPCの性能向上のため、ある程度短い期間で開発できないと存在価値が無くなってしまふ。我々は、この問題をハードウェアとしては市販品の汎用プロセッサと分野毎に作成する専用プロセッサを組み合わせることにより解決することができると思え、様々な分野の専用プロセッサを容易に組込むことのできるプラットフォーム・アーキテクチャの提案を行う。また、本アーキテクチャはシステム全体に組込み制御の技術を導入することにより、開発コストの面だけではなく、安定した動作や部品の供給など、将来の実用化に向けて考慮したもとなっている。

A Platform Architecture for Embedded High-Performance Computing - An Architecture Proposal -

Tohru Sasaki, Masaichi Ichibashi, Kengo Araki, Daisuke Mizoguchi,
Yasuaki Ohtani*, Umpei Nagashima**, and Kazuaki Murakami***

A Priori Microsystems, Inc.

14-605 Keio Leading Edge Laboratory,

3-14 Hiyoshi, Kohoku-ku, Yokohama, Kanagawa 223-8522, Japan

Phone:+81-45-566-1443, E-mail:sasaki@a-priori.co.jp

*Fuji Research Institute Corporation

2-3,Kandanishikicho, Chiyoda-ku, Tokyo 101-8443, Japan

**National Institute for Advanced Interdisciplinary Research

1-1-4 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8562, Japan

***Kyushu University

Kasuga-koen 6-1, Kasuga-shi, Fukuoka 816-8580, Japan

Abstract

Special purpose computers can achieve good performances without great deal of development cost, but they often need a large time to develop. It is more serious in the case of the system including custom processors. One of the solutions to shorten the developing time is to use a commercial CPU as controllers for special purpose custom processors. We propose a new architecture as a platform to integrate various kinds of custom processors for high-performance computing.

1. はじめに

処理する対象を特定のものに限定した専用計算機は比較的 low コストの開発費で高いパフォーマンスが得られることが期待できるため、科学技術計算に限らず、今まで様々なトライが行われて来た。例えば、分子軌道計算専用計算機としては、処理を特化した専用 LSI を使用した長嶋・村上らの分子軌道法専用機 MOE[1] や汎用プロセッサを用いた佐々木らの第一原理計算 DVX α 専用機[2]などがあり、専用プロセッサと汎用プロセッサを使用した場合には、それぞれ一長一短があった。性能を追求するには、専用プロセッサを使用するほうが有利であるが、ソフトウェア開発環境や部品の安定供給、さらにはプロトタイプ作成までの開発期間などを考えると汎用プロセッサは確かに魅力的である。ただし、汎用プロセッサを使用するとプロセッサの内部アーキテクチャやメモリ I/F によってシステム構成に強い制約を受けてしまう。そこで、我々は汎用プロセッサをベースとして専用プロセッサを組込むことをアーキテクチャの根本に置いた。

両者に共通して言えることは、専用計算機は PC クラスタなど汎用的なアプローチと比較して、ハードウェアとそれに伴うシステムソフトウェアの開発を伴うため、開発期間がかなり長くなりがちであり、それに付随して開発費も増大してしまう、ということであるので、これも充分考慮に入れておく必要があり、それにはハードウェアはできるだけシンプルな構造が求められる。また、できるだけ多くの分野においてハードウェアやシステムソフトウェアが再利用可能な構造にしておくということも考慮すべきである。

これらの要件を満たすものとして、まず、汎用プロセッサには組込み制御用のマイコン (ex. 日立製 SH-4) を使用するものとし、システムをできるだけコンパクトにするため、外部キャッシュなどは搭載しない。また、マイコンにはマルチタスクで動作できるようにリアルタイム OS (ex. μ ITRON) を搭載する。次にデータ伝送路には組込みシステムの標準技術である CompactPCI (以下 CPCI と略す) を採用した。CPCI バックプレーンには Pentium II/III 等を搭載した CPCI-PC カードをホストスロットに装備し、ホストとして使用する。ホストにはハードディスク、ディスプレイ、キーボード、マウスやネットワーク I/F が具備されている。そのため、ホスト間は単に LAN で接続することができるので、PC クラスタとすることができる。

開発に際して、意図した点と個々の要素技術に関しては以上のとおりであるが、本稿では、これら要素技術を組み合わせることにより、短期間に開発可能な、専用プロセッサの組込みに適したアーキテクチャの概略について述べる。

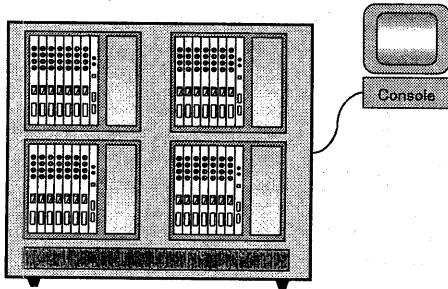
2. システム概観

図 1 にシステムの外観図を示す。これはひとつの筐体に 4 シャーシ実装した場合である。各シャーシの CompactPCI バックプレーンのホストスロットには PC カードが挿入されている。残りの 7 スロットにはプロセッサを 4~8 個搭載したマルチプロセッサボードを挿入する。

PC ボードはホストとして機能し、各ホスト間は高速ネットワークで接続する。一方、マルチプロセッサボ

図1. Hardware Image

-4 Chassis System-



ードのほうは数値計算アクセラレータとして機能するので、システムとしては

- 通常の PC クラスタをベースにし、各 PC に数値計算アクセラレータを付加したものということもできる。

ハードウェアの構造は図2のような階層構造となっている。各階層は上位から、

- ・ネットワーク上の PC クラスタ
- ・CPCI バックプレーン上のボード間並列処理
- ・同一ボード上のマルチプロセッサ

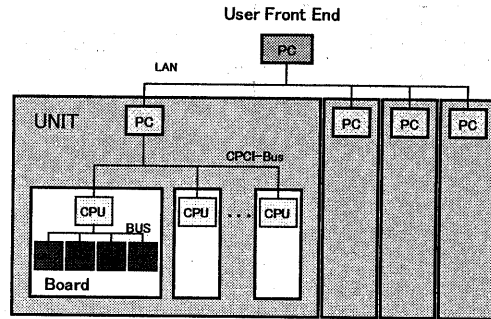
である。また、マルチプロセッサボードは汎用プロセッサ1個と複数個の専用プロセッサを組み合わせで使用し、汎用プロセッサがホストの通信や専用プロセッサの制御を行う。

このような構成を採用する利点としては

- ①ホストに標準的な PC を使用することにより、OS なども通常の Linux や WindowsNT といった標準 OS が利用できること
- ②CPCI バスを使用しているため、部品が豊富に流通しており、市販品であるホストの PC カードを最新のものに置き換えたり、マルチプロセッサボードのアップグレードが容易に行えること
- ③ボード全体の制御を汎用プロセッサが行うので専用プロセッサの内部構造の簡略化できること
- ④専用プロセッサを交換することにより、多くのアプリケーションに対して適用できること

などの点をあげることができる。

図2. Hardware Hierarchy



3. 専用プロセッサの組み込み

最初から専用プロセッサを使用したシステムの完成を目指した場合、以下のようなことが良く問題になる。

- ・開発スケジュール全体が LSI の作製スケジュールに大きく依存してしまうこと
- ・時間の制約があるため、専用プロセッサの仕様検討、特に実装検討が不十分のまま、実装に移行してしまいがちであること

従って、専用プロセッサを組み込む際に我々はこれらの点に留意し、以下のように段階的に開発を進める予定である。

- I. 汎用プロセッサを用いてマルチプロセッサ
- II. 汎用プロセッサ+FPGA 複数個
- III. 汎用プロセッサ+カスタム LSI 複数個

II、IIIが事実上専用プロセッサ使用バージョンといえる。汎用プロセッサのみ使用したバージョンは比較的早期にハードウェアの立ち上げが可能なので、これをプロトタイプシステムとして使用し、

- ・アプリケーションソフトウェアの並列化検討
- ・ホストとの通信ルーチンなどのシステムソフトウェアの作成

を行う。特にシステムソフトウェアは専用プロセッサを使用したバージョンでも大部分再利用可能であることが期待できる。

図3. 専用ボードブロック図

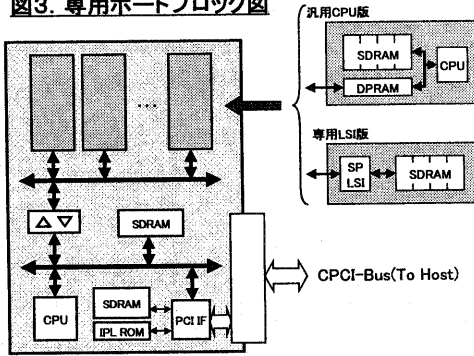


図4. 想定しているLSIアーキテクチャ

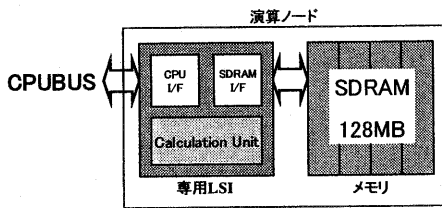


図3にマルチプロセッサボードのブロック図を示す。図中下半分は共通部分であり、この部分のCPUがホストと通信しながら、ボード全体を制御する。上部のプロセッサ部分には汎用プロセッサの場合には、2ポートの共有メモリを介して通信するが、専用プロセッサの場合には直接、ローカルメモリを共有メモリとして通信することを想定している。図4に想定している専用プロセッサの内部構造を示す。

図5Aは4個の汎用プロセッサを使用した場合の、図5Bには汎用プロセッサ1個をボードコントローラとし、4個を数値計算専用プロセッサとして使用した場合のソフトウェアの構成を示している。どちらの場合もI/Fをソフトウェアまで含めた機能コアとして、専用プロセッサを定義する。この機能コアはコントローラCPU上のタスクまで含んだ形で機能コア化すると柔軟性に富んだ設計が可能となる。

図5の例でいえば、汎用プロセッサを使用した場合と

図5A. Software Map (GP CPU Version)

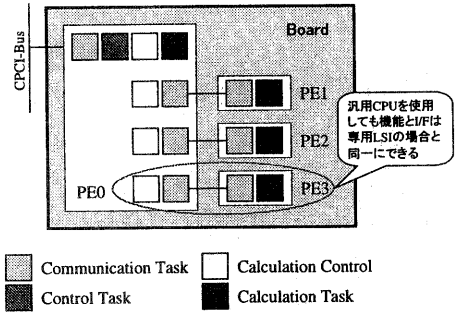
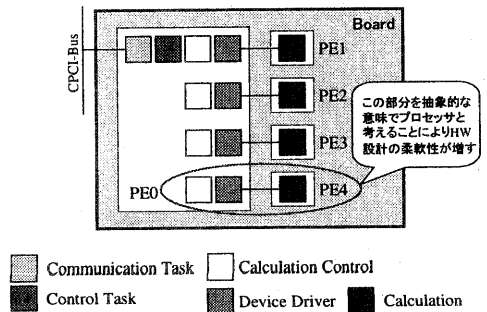


図5B. Software Map (SP Processor Version)



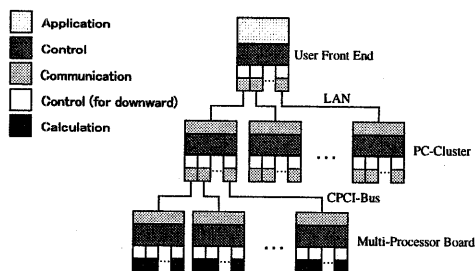
専用プロセッサを使用した場合とでは、ソフトウェアのマッピングが異なるだけで、基本構造自体は変更する必要が無い。また専用LSIの基本構造がマイクロプログラム制御であってもハードワイヤードロジックであっても、ソフトウェアの上部構造には何ら影響は与えないので、専用プロセッサをアップグレードする際の制約は小さい。

4. ソフトウェアの開発環境

図6にソフトウェアの構造を示す。この場合の基本構造はハードウェアの構造とほぼ同様の階層構造している。実際、本プロジェクトがターゲットとしている分子軌道法やGSMAC有限要素法では階層的な構造が良く適合している。

また、階層構造であるため、通信ソフトウェアのAPIが同一であれば、上位のPCクラスタ上で並列化したソフトウェアを下位構造のマルチプロセッサボード上で

図6. Software Structure



動作させることができるので、デバッグ環境の良くないマルチプロセッサボードでのデバッグを避けて、比較的デバッグ環境の良いPCクラスタ上で、ある程度評価した後マルチプロセッサボードに移植することができる。

5. まとめ

今回、提案するアーキテクチャの目標は専用計算機を開発する上で、最大の欠点となっていた開発期間の問題を汎用プロセッサと専用プロセッサを組み合わせるにより回避し、開発のターンアラウンドを改善することにある。開発期間の点では単にハードウェアだけの問題に留まらず、PCクラスタとの併用により、ソフトウェア開発環境の面でも改善できることが期待できる。

また、実用化を強く意識し、組込み制御の技術を取り入れて、部品の安定供給やシステムのアップグレードの容易性まで考慮している。

参考文献

- [1]村上,小原,長嶋,他: CICSJ Bulletin,16(1998),6-12
- [2]佐々木:“科学技術計算のオブジェクト指向化と専用計算機”,計算物質科学フォーラム研究会第1回報告,1999,