

# 7B-1 RISC プロセッサを用い割り込みを重視した パーソナルロボット用の 機能別モジュールの設計と実装

山本 純 澤村 省治 山崎 信行 安西 祐一郎\*

慶應義塾大学†

## 1 はじめに

本研究室では、近い将来ロボットがオフィスや家庭で人間の仕事を支援すると想定し、人間・ロボット・コンピュータの相互のインタラクションの問題について様々な角度から研究している。この種の問題を実際の自律移動するロボット上に実装しようとする、その問題の複雑さ、モデル化の困難さ、処理能力の不足などから問題解決が困難であった。

このような自律移動ロボットとして本研究室では、ASPIRE(ASynchronous, Parallel, Interrupt-based and REsponsible)アーキテクチャを提案している [1]。このアーキテクチャは、ロボットを機能別のモジュールに分割し、起きたイベントの伝達を割り込みによって実現するものである。

既にこのアーキテクチャは、CISC チップである Motorola 68000 系の PU(プロセッシング・ユニット)を用いて本研究室で設計および実装されているが、その処理能力は十分とはいえない。そこで本研究では、RISC プロセッサである SPARClite を用いてこの機能別モジュールを設計・実装・評価し、プロトタイプとの性能比較を行なう。

## 2 設計方針

人間の仕事を支援するパーソナル・ロボットを考えた場合、ロボットは人間の指示を受けることなく自律的に行動する必要がある。そのためには、ロボットが得たセンサ情報を元にして瞬時に次の行動を決定できなければならない。この「瞬時」、これを行なうには、割り込みに対する応答が速く、割り込みルーチンの処理を高速に行なうプロセッサが必要になる。

プロトタイプのロボットでは、CISC チップである Motorola 68000 系の PU をコアとした TOSHIBA 製 TMP68301-16F(16MHz)を用いていた。また1台のロボットを1つのプロセッサで管理するのではなく、幾つかに分けられた機能別モジュールとこれらのモジュールを総括するためのメイン・モジュールなど、各モジュールに1つ以上のPUを置く分散並列プロセッシングの

形態をとる。これらの機能別モジュールは、VMEバスによって結合され、新たに機能を追加しようとする場合でも柔軟に拡張することができるようになっている。そして ASPIRE アーキテクチャにおいて最も重要な機能であるのが、発生したイベントは割り込み線を通じて瞬時に他のモジュールに知らされることである(図1参照)。しかし RISC プロセッサは、一般にパイプライン構造を持ち、割り込み処理には向いていない。しかし、本研究で用いた SPARClite プロセッサは、コンパニオン・チップが割り込み処理を円滑にし、本来 RISC プロセッサの弱点であった割り込みが多く掛かる条件下での使用を可能にしている。自律移動ロボットの機能別モジュールのように割り込み処理が多く掛かる条件下では、このプロセッサの選択は妥当であると考えられる。

そこでこれらの設計思想を踏襲し、RISC プロセッサである SPARClite を用いて、RISC チップの演算処理速度を生かしつつ敏捷性および反応性の良い自律移動パーソナルロボットの機能別モジュールを設計・実装する。

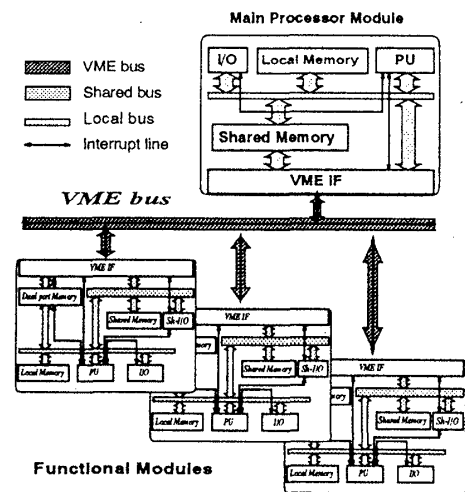


図1: 機能別モジュール構成の概念図

\* Jun Yamamoto, Shoji Sawamura, Nobuyuki Yamasaki and Yuichiro Anzai

† Keio University

### 3 設計および実装

本研究の機能別モジュールを設計する上で、与えた設計仕様は以下の通りである。

- 高速な演算処理速度の獲得→ RISC プロセッサの導入
- 分散並列プロセッシングのためのコミュニケーション・バス→ VMEバス
- 全てのイベントの伝達手段→ 割り込み
- 各モジュール間の相互割り込み
- モジュール間コミュニケーションメモリ

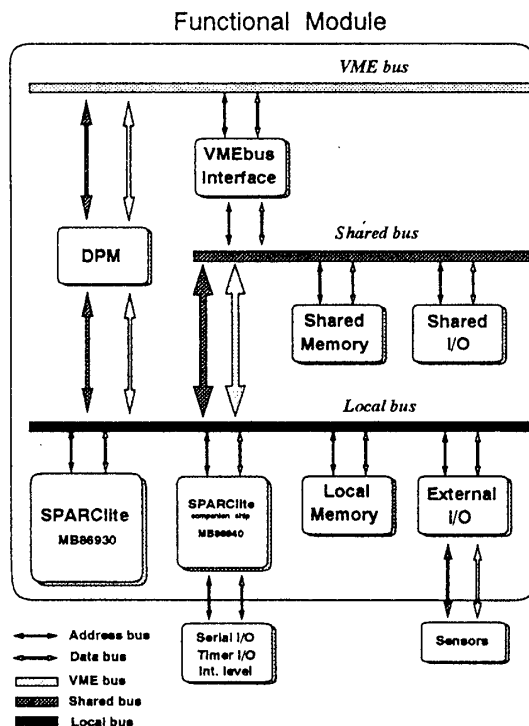


図2: SPARClikeを用いた機能別モジュール

ASPIREアーキテクチャのモジュール間通信に、ここではVMEバスを採用した。その理由として、マルチプロセッサ対応、優先順位付多重割り込みをサポートし、規格が厳密に定まって設計しやすいことなどが挙げられる。

次にこのアーキテクチャで最も重要なのが、割り込み処理である。すなわち、全てのI/O毎に割り込み線を張り巡らせて、イベントが発生すると即座にイベント発生を知らせる機構を持つことである。ソフトウェア的には、そのI/O毎にスレッドが張りついて、割り込みが掛かる度にそのスレッドが起動されるという仕組みを持つ。本研究室では、マルチタスク、マルチスレッドベースのOS、 $\mu$ -PULSER [2] が並行して開発されている。

モジュール間の通信をするために、モジュールとモジュールの間にコミュニケーション・メモリを搭載して

ある。このため、3つの異なるコミュニケーション・バスを持つ(図2参照)。PUに直接接続され、ローカルなROM、RAM、I/Oが置かれているバスをLocal bus、各モジュールからはVMEバスを経由してアクセスできるが、モジュール内のPUはVMEバスを介さずにアクセスできるバスをShared bus、いわゆる並列計算機における共有バスとしてVME busを設けてある。

この機能別モジュールには、Shared Memoryのほかにもう1つ、DPM(Dual Port Memory)の、合わせて2系統の分散共有メモリを持たせてある。このメモリは、Local busとVME busの間に配置され、どちら側からも高速にアクセスできる。つまり、コミュニケーション・メモリには、比較的低速で大容量なShared Memoryと、高速であるが小容量のDPMの2種類のコミュニケーション・メモリを配置して、その用途はユーザで使い分けできるようになっている。

### 4 評価

本研究の最終的な目的は、プロトタイプのロボットがCISCプロセッサベースで構成され処理能力の不足から、より処理速度の速いRISCプロセッサを用いてその解決策の糸口を見出すことである。現在本論文の実装は、ラッピングによる試作基板の状態を終え、比較・検討するための評価を取っているところである。

### 5 おわりに

本研究では、パーソナルロボット・アーキテクチャとしてのASPIREアーキテクチャに基づき、RISCプロセッサの高速な処理速度を生かしつつ、割り込み処理を重視した機能別モジュールの設計・実装および評価を行なった。これは従来のCISCプロセッサベースのアプローチより優れていることを実証できるものと考えられる。

### 参考文献

- [1] 山崎 信行, 安西 祐一郎, “パーソナルロボットのためのアーキテクチャの提案” 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会論文集, pp.51-56, 1992
- [2] 菅原 智義, 飯田 浩二, 秋庭 朋宏, 紺田 和宣, 矢向 高弘, 安西 祐一郎, “パーソナルロボットのための敏感で柔軟なOS  $\mu$ -PULSERの設計と実装” 日本ソフトウェア科学会第9回大会論文集, pp.253-256, 1992