

1ms 感覚運動統合システムにおける高速並列分散処理

High-speed Parallel Distributed Processing in 1ms Sensory-Motor Fusion System

○ 並木 明夫 (東大) 中坊 嘉宏 (東大) 石井 抱 (東大) 正 石川 正俊 (東大)

Akio NAMIKI, Yoshihiro NAKABO, Idaku ISHII, Masatoshi ISHIKA A, University of Tokyo

Abstract: To realize robotic manipulation tasks in the real world in which there are dynamic changes, sudden accidents or uncertainty of parameters, we have developed a high-speed sensory processing system called 1ms sensory-motor fusion system. This system consists of three parts: a hierarchical parallel sensory processing system with multi-DSPs, an active vision with the parallel processing vision system called SPE-256, and a multi-fingered hand-arm system like a human hand. On this system a grasping algorithm is implemented making use of multiprocess and multithread programming. As a result the ability to process sensory feedback at high speed, that is, in about 1ms is realized. Experimental results about grasping of an moving object at high speed are presented.

Key Words: sensory-motor fusion, multi-DSP processing system, active vision, dextrous hand-arm, multiprocess and multithread, grasping

1. はじめに

実環境で動作するマニピュレーションシステムでは、環境パラメータをあらかじめ知ることのできないといった未知性や、観測誤差やモデル化誤差によって生じる不確実性を補償する多角的な認識能力が必要とされる。また、それらの環境パラメータは作業中に動的に変化し、多くの場合はその変化を完全に予測することは困難であり、環境の変化に遅延なく追従する高速な認識能力も必要とされる。

このように、実環境に対応するためには、計画された環境の下で動作するマニピュレーションシステムとは異なり、高度なセンサ情報処理能力をもつシステムが必要になる。しかし、従来開発されてきた多くのシステムでは、機構部分の構成と制御指令の計算アーキテクチャに重点が置かれており、センシングとセンサ情報処理アーキテクチャに重点を置いて開発されたシステムは少なかった。

このような背景のもとに、我々は、高速なセンサ情報処理機能を持つ汎用マニピュレーションシステムとして、1ms 感覚運動統合システムを開発した [1]。本システムは、高速なセンサ情報処理能力を重視して設計されたシステムであり、結果として、視覚を含む全てのセンサフィードバックを約 1ms のサイクルタイムで実行する能力を実現することができた。本論文では、このシステムの構築方針、構成要素、その能力について説明する。

2. 1ms 感覚運動統合システムの設計方針

本システムの目的は、高速なセンサ情報処理能力を用いることによって、実環境における様々な問題、例えば、パラメータの不確実性や、パラメータの動的な時間変化、等を克服するマニピュレーションを実現することである。このため、次の 2 つの設計方針に基づいてシステム構築を行うことにした。

(1) センサフィードバックの高速化 (サイクルタイム 1ms)

環境の変化に対する高い応答性能を実現するために、内界センサと外界センサによる全てのセンサフィードバックの高速処理を実現する。特に、全てのセンサフィードバックを 1ms のサイクルタイムで実現することを目標とする。これは、ロボットなどの機械システムを機械的共振をおこさずに安定に制御するために必要とされる周波数として知られている。

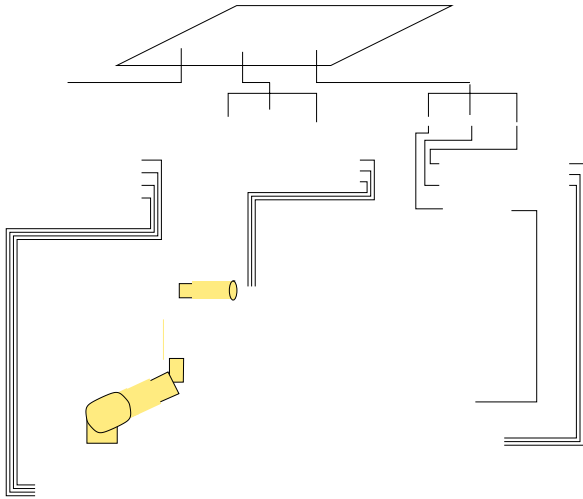
(2) センサフィードバックの階層並列化

高速センサフィードバックによって実現される高応答なマニピュレーションを、多様な環境状態や複雑な作業目的に対応させるために、複数のセンサフィードバックの階層並列処理が可能なシステム構造を採用する。また、その階層並列構造は、環境の変化や作業目的の変化に対応できるように、可変で柔軟性の高いものとする。

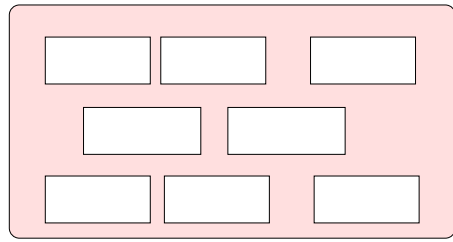
3. 1ms 感覚運動統合システム

Fig.1 (a) に、構築したシステムのアーキテクチャを示す。これは、DSP 階層並列情報処理システム、アクティブビジョン、多指ハンド、アームの 3 つのサブシステムを統合したものとなっている。

このうち、DSP 階層並列情報処理システムは、浮動小数点 DSP である TMS320C 0 (Texas Instrument Ltd. 製、処理速度:275MOPS、データ転送速度:120Mbyte/sec を階層並列的に並べたマルチプロセッサシステムであり、センサフィードバックを 1ms のサイクルタイムで処理するための主要部分となる。その階層並列構造は、7 つの C 0 を 1 対 1 に接続することで、通信のボトルネックが最小になるように構成されている。また、多数の I/O



(a) Architecture of 1ms Sensory-Motor Fusion System



(b) Processing Modules in the C40 processor