

研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名： ヒューマノイドのための実時間分散情報処理

2. 研究代表者名： 松井 俊浩 ((独)産業技術総合研究所デジタルヒューマン研究センター 副センター長)

3. 研究概要

本プロジェクトは、ヒューマノイドロボットの性能および信頼性の向上のための新しい実時間分散型の情報処理を研究開発する。従来のヒューマノイドロボットは、1-2 個のプロセッサによる集中制御が行われていたが、30 個程度のプロセッサによる分散制御を実現することを目的とする。これによって、処理能力のスケラブルな拡張が可能になり、並列処理を活用することで低消費電力で従来以上の処理性能が得られる。プロセッサをセンサやアクチュエータの近くに配置することで、信号線の延長を大幅に削減し、高い信頼性が得られる。一方、従来モノリシックなプロセスで制御可能であったものを分散化させるため、通信およびマルチプロセス(スレッド)を実時間化し、優先度や資源割り当て等を行う基盤ソフトウェアが必要になる。

本研究は、次の三つから構成される。①RMTP の設計・開発： 実時間性にすぐれたマルチスレッド向きアーキテクチャ、低クロックでも性能を発揮するための並列性、実時間通信チャネルを備えたプロセッサを作成する。②実時間基盤ソフトウェア： Linux-2.6 を拡張して優先度に基づく実時間スケジューリングを可能にし、プログラムの実行時間を静的に予測する技術の研究。③ロボット実証： 認識、対話、歩行、経路計画などの機能をモジュールに構成することで分散化し、並列処理を活用して性能向上を図る。

4. 中間評価結果

4-1. 研究の進捗状況と今後の見込み

1)進捗状況

予定していたマイクロプロセッサの設計は完了しているが、実装が遅れている。しかし、他の研究項目としてのソフトウェア開発と小型モータ制御モジュールへの組み込みは順調である。

2)新たな展開

プロセッサ実現の遅れにより、その高性能版の作成に問題が生じており、プロセッサを用いてのロボットシステム実装にも支障をきたす恐れが出てきた。確実を期すために、新プロセッサによる分散制御はロボットの2脚の制御と知能部分に集中し、従来の PC 制御と併存する形式に再計画した。プロセッサ方式の一部である Responsive Link は国際標準化が進んだ。また、新しく IPC 制御方式のアイデアが生まれた。これらは新たな望ましい展開である。

3)類似研究との比較

この分野で同種のプロジェクトは世界的にも存在しない。この研究は、ロボット制御のためにプロセッサアーキテクチャから実時間性実現システムまで含んだプロジェクトで、十分にユニーク且つ先進的である。マルチスレッド方式自体は他にもあるが、実時間用に実装されたものは無い。特に、実時間性の保証解析システム、それを動かすOSの支援などは実装システムとして優れており、プロセッサアーキテクチャも先進的である。

4)研究実施体制

プロセッサ実現の研究開発作業に於いて、プロセッサ論理設計の検証が不十分なまま実装に進むという問題があったが、他のグループの研究状況には問題が無い。前者に関しては急遽予算を移し、専門家外注により対処している。

5)研究費の執行

プロセッサ論理のバグ取りに、マンパワーをかけ、外部の知見を利用することを、もう少し早期に行うべきであった。しかし、その後、検証作業を改めて開始し、そのための予算に対しては、次年度予算のやりくりで対処している。

6) 今後の進め方

今後は、プロセッサの完成度を高めることとその SiP 搭載の状況に依るが、それがうまくゆけば比較的妥当な進め方となる。全く新しいアーキテクチャの CPU を類似希な高密度で実装するという高度な目標に起因する問題であり、先端的な研究を進める上ではある程度のリスクが伴うことは容認すべきである。ソフトウェアやデモを含めたシステムとして最終目標を追求する一方で、個別の要素技術の研究開発成果を出していくことでリスクをヘッジする考え方も必要である。現状は、チップを完動させることの難しさが全体の進行を止めている感があり、そこからの脱却が急務である。

4-2. 研究成果の現状と今後の見込み

1)現在の成果

ポータブルな実時間 OS や、応用の実時間解析手法の実現が進んでおり、優れた成果となっている。プロセッサも設計が完了している。実装上の問題があるが、その方式は優れたもので実現すれば大きな成果となり得る。しかし、対外発表は、特許の取得に努力しており、ソフトウェアの公開による成果発信も期待されるが、論文発表は余り多く無く、その努力が望まれる。シンポジウムでの招待講演が複数あり、企業の興味を引く技術であるので、効果的なデモを構成していくことも重要な課題となる。

2)成果のインパクト

分散制御ロボット技術など、この分野における技術的なインパクトは高く、世の中で求められているシステムである。しかしながら、新しいロボットで何が可能になるかという最終達成レベルが現状では不明確で、その明確化が求められる。

3)今後見込まれる成果

プロセッサの完成度が上がり、分散制御のロボットへの実装が進めば、明確で大きな成果となる。その実装が完成しない場合でも、技術要素として、プロセッサチップ、SiP 化による小型省電力実装、実時間 Linux、実時間解析、電力制御、など優れたものがあり、期待できる。

4-3. 今後の研究に向けて

プロセッサが完成して所期の目標を達成できるか否かに関わらず、早期に最終目標を再定義して明確化するとともに、分散システムや高レベルロボット技術をロボット上へ実装する作業に進んで貰いたい。その結果を評価し、小型・高性能・低電力など、提案システムの有効性を形で示すことが重要である。また、デモシステムにおいては、システムの有効性を分かりやすく示す応用やデモの仕方を工夫すると同時に、このシステムが効果的に使える場面を明確化するのが良いであろう。

4-4. 戦略目標に向けての展望

今後、自動車、情報家電などに多くの組み込みプロセッサが使われる。その一つがロボットの分野であるが、そこではまだまだプロセッサへの要求は高いものがあり、処理性能、分散化、省電力などに関して現状は不十分である。更に、ロボットの高級化が進めばこの要求は限りが無い。

このプロジェクトは、ロボットに向けたプロセッサを提案し、それをを用いた実時間ソフトウェア方式、そして、総合システムとしてのロボット実装という大きなプロジェクトであるが、その基本方式を提案することで大きなインパクトを与える可能性がある。しかし、プロセッサ実装の状況によってはデモシステムが不十分になる恐れがあり、その

場合は工夫が必要になろう。

プロセッサ間を結ぶリンク方式は、優れたものとして国際標準化がすすめられていることは、特記すべきである。

4-5. 総合的評価

ロボットに向けたプロセッサを提案し、それを用いた実時間ソフトウェア方式、更に、総合システムとしてロボットを実装してみせるという大きなプロジェクトである。これはこの分野においては世界的にもユニークで優れた仕事である。しかし、プロセッサの実装に想定外の困難があり、プロジェクト全体の力をそいでいるのは残念である。しかしながら、オペレーティングシステムを含む実時間ソフトウェア方式や、ロボット用分散実装方式などの要素技術は世界的にも優れた成果である。最終的に達成する目標を明確にして、ロードマップを明示し、優れた技術による大きなインパクトを見せるべく努力して欲しい。