

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2007～2010

課題番号：19300004

研究課題名（和文） 組み込み非対称マルチコアシステムのための仮想基盤環境

研究課題名（英文） Virtual Platform Environment for Embedded Heterogeneous Multi-Core Systems

研究代表者

追川 修一 (OIKAWA SHUICHI)

筑波大学・大学院システム情報工学研究科・准教授

研究者番号：00271271

研究代表者の専門分野：システムソフトウェア

科研費の分科・細目：情報学・ソフトウェア

キーワード：ソフトウェア学、計算機システム、オペレーティングシステム

1. 研究計画の概要

本研究「組み込み非対称マルチコアシステムのための仮想基盤環境」は、将来的なプロセッサのトレンドになっている非対称マルチコアプロセッサを活用するために必要となる機能を、組み込みシステムを対象として研究することを目的としている。そのため、主に次の2点について研究を行う。

(1) 仮想化環境の研究：複数の異なるプロセッサアーキテクチャからなる非対称マルチコアプロセッサを活用するためには、異なるアーキテクチャの差異を吸収する必要がある。そのための手法として、本研究では仮想化環境を用いる。特に組み込みシステムが持つ要件を満たす仮想化環境について研究開発を行う。また、組み込み用途で幅広く使用されているプロセッサについて、要件を満たす仮想化環境の研究開発を行う。

(2) 異なるプロセッサアーキテクチャを持つプロセッサの相互接続手法の研究：性能を最大限生かしつつ、複数の異なるプロセッサアーキテクチャを接続するために、言語レベルでプロセッサの相互接続を行う手法について研究開発を行う。複数のこうしたプロセッサを接続する際に、ランタイムはより仮想化したものとなる。そのような仮想化したランタイムの研究開発を行う。

2. 研究の進捗状況

これまで、実際的な環境での有効性の検証を行なうための実験基盤となる環境の研究、機能面やターゲットとして組み込み用途を考慮したVMMの開発、研究目的に使用でき

る非対称マルチコアプロセッサの検討を行ってきた。

(1) 本研究で作成した仮想基盤環境を実際に行ない、その有効性を検証するためには、実験基盤となる実行環境が必要となる。一般的に使用可能な非対称マルチコアプロセッサがないことから、プロトタイプシステムとしてQEMUシミュレータをベースに開発し、異なる種類のプロセッサをシミュレートするプロセスを組み合わせることにより、非対称な特徴を持つ複数のコアからなるプロセッサのシミュレートを可能にした。また、上記の実験基盤となる実行環境で動作するVMMおよびVMM上で動作するOSについての研究を行なった。一般的に使用されているx86プロセッサ、および組み込みシステムで広く使用されているプロセッサとして、ARMプロセッサに対応したVMMの研究開発を行った。x86プロセッサ対応VMMとして、軽量かつリアルタイム性を考慮した設計を行い、実装した。ARMプロセッサ対応のVMM実現に必要な情報として、センシティブな非特権命令があることを明らかにし、実際にVMM上でLinuxを動作させることで、VMMの設計が正しいことを検証した。

(2) 異なるプロセッサアーキテクチャを持つプロセッサの相互接続を行うために、近年標準化され、組み込み用のプロファイルも策定されているOpenCLに着目し、非対称マルチコアシステムへの対応について、プロトタイプ実装を含め研究を行った。OpenCLを用いることで、異なるプロセッサで行う処理を、言語レベルで記述可能になる。非対称マルチコアシステムに対応するため、必要となる仮

想化されたランタイムについて研究開発を行った。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

(理由)

研究計画の概要に記した、仮想化環境の研究、および異なるプロセッサアーキテクチャを持つプロセッサの相互接続手法の研究について、それぞれプロトタイプ実装が実現できたところである。最終年度に向けて、性能評価、そしてさらなる改良について研究を行う準備が整っており、客観的におおむね順調に進展していると言える。

4. 今後の研究の推進方策

最終年度では、性能を含む定量的評価を行えるよう、研究開発を進める。そして、評価結果から改良すべき点を明らかにし、改良方法について検討を行う。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 6 件)

- ① 鈴木章浩、追川修一、ARM アーキテクチャ用仮想マシンモニタの実装、情報処理学会第 113 回システムソフトウェアとオペレーティング・システム研究会、2010 年 1 月 27 日、札幌コンベンションセンター (北海道)。
- ② 青木亮、追川修一、異なる OpenCL 実装を接続可能にする Hybrid OpenCL の構築、情報処理学会第 113 回システムソフトウェアとオペレーティング・システム研究会、2010 年 1 月 27 日、札幌コンベンションセンター (北海道)。
- ③ 青木亮、追川修一、ヘテロジニアスマルチコアエミュレータにおけるコア間通信とアトミック命令の実装、情報処理学会第 111 回システムソフトウェアとオペレーティング・システム研究会、2009 年 4 月 23 日、沖縄青年会館 (沖縄県)。
- ④ Megumi Ito, Shuichi Oikawa: Improving Real-Time Performance of a Virtual Machine Monitor Based System. The 6th IFIP International Workshop on Software technologies for future Embedded and Ubiquitous Systems (SEUS 2008), October 2, 2008, Anacapri, Italy.
- ⑤ Megumi Ito, Shuichi Oikawa: Lightweight Shadow Paging for Efficient Memory Isolation in Gandalf

VMM. The 11th IEEE International Symposium on Object and Component-Oriented Real-Time Distributed Computing (ISORC 2008), May 7, 2008, Florida, USA.