

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： 高機能情報家電のためのディペンダブルオペレーティングシステム

2. 研究代表者名及び主たる研究参加者名(研究機関名・職名は研究参加期間終了時点):

研究代表者

中島 達夫 (早稲田大学理工学術院 教授)

主たる共同研究者

迫川 修一 (筑波大学大学院システム情報工学研究科 准教授)

3. 研究実施概要

本研究チームでは、DEOS フレームワーク D-RE の内の D-Visor と D-System Monitor を担当し、主に以下の 3 つの研究課題に関して取り組んだ: (1) D-Visor の一つの実現としての SPUMONE という仮想化層の研究、(2) モニタリングシステムの研究、(3) D-Visor 上で D-System Monitor を動作させるための標準 API の策定。

仮想化層 (D-Visor) は複数のオペレーティングシステムを同一のマルチコアプロセッサ上で動作することを可能とし、オペレーティングシステムの監視をするための D-System Monitor のセキュアな実行環境を提供する。SPUMONE 仮想化層はマルチコアプロセッサを用いた組込みシステム向けの仮想化層である。SPUMONE は従来のサーバー環境向けの仮想化層と異なり、ハードウェア仮想化支援機能をサポートしていないプロセッサを利用した場合でも十分な性能が確保出来、リアルタイム性が保証出来ることを目指している。本研究課題では、RP1 と呼ばれる SH4 ベースの 4 コアのマルチコアプロセッサを利用して、提案するアイデアが実際にきわめて小さなオーバーヘッドで動作し、機能的にも有効であることを TOPPERS ならびに Linux をその上で走らせることで示した。研究成果は IEEE ASPDAC 等の著名な国際会議の招待論文で発表し、また、ベル研究所、カーネギーメロン大学、ラトガーズ大学等での講演により発表した。また、SPUMONE は産業界からも興味を持たれ、CEATEC における講演やいくつかの国内企業の内部セミナーでも講演をおこない、企業が提供する製品の要求にカスタマイズした仮想化層の構築の支援をおこなった。

2 つ目の課題は、SPUMONE 上で動作するオペレーティングシステムを監視するための D-System Monitor を安全に動作させるための支援機能である。仮想化層を用いた支援機能に関する類似研究は多数あるが、従来のアプローチはハードウェア仮想化支援機能がサポートされていない場合は著しくオペレーティングシステムの性能を低下させてしまう。我々が提案する方式はハードウェア仮想化支援機能のサポートが無い場合にも効率的に仮想化を実現することを可能としている。成果に関しては、海外の大学でもセキュリティ研究のプラットフォームとして利用されており、SPUMONE の機能の一部として SPUMONE の成果と一緒に招待論文や内外の講演において紹介をおこなった。

3 つ目の課題は、D-Visor 上で D-System Monitor を動作させるための標準 API の策定である。当初は、D-System Monitor として複数のチームにより監視機能がそれぞれ独立に開発されていた。D-System Monitor ランタイム API の策定により、監視対象 OS へのアクセス方法を統一することができ、また複数の監視機能が使用できるようになる。そのため、未知の不具合や新たな攻撃方法に対応した監視機能の開発を迅速に行えるようになり、また原因究明が強化され得る。D-System Monitor ランタイム API により、VM サブコアチームの他のチームが開発したシステムと統合され、最終成果報告会では VM サブコアチームの成果を統合したデモンストレーションをおこなうことができるようになった。

その他、Linux 用のロギングシステムや仮想化層向けの検証技術の研究を行った。

以上の成果は DEOS プロジェクトに所属する他のプロジェクトと共同して D-RE 内のコンポーネントとして1つのまとまった成果として利用可能となっている。

4. 事後評価結果

4-1. 研究の達成状況及び得られた研究成果(論文・口頭発表等の外部発表、特許の取得状況等を含む)

DEOS アーキテクチャの実行環境を担う D-RE の中の D-Visor と D-System Monitor の研究・開発を担当し、複数のゲストオペレーティングシステムを同一のマルチコアプロセッサ上で動作することを可能にした。具体的にはハードウェアによる仮想化支援機構の無いシングルコアあるいはマルチコアのプロセッサに対して D-Visor を実現することを目的として、それまで独自に開発してきた SPUMONE と呼ばれる組込みシステム向け仮想化層並びにモニタリング機能を再構成し、新たな SPUMONE として完成させた。このシステムは実際に RP1 と呼ばれる SH4 ベースの 4 コアマルチコアプロセッサ上に実装され、その上で TOPPERS ならびに Linux を走らせることで、リアルタイム性の高さ並びにきわめて小さなオーバーヘッドで動作することを示した。

また、SPUMONE の開発に併せて、D-System Monitor の開発を行い、D-System Monitor の標準 API を策定した。これにより監視対象 OS へのアクセス法が統一され、複数の監視機能が同時に使用可能となっている。これらの成果は平成 20 年度採択の研究チームでも利用されており、研究が引き継がれて行く予定である。

これらの研究成果は本領域の目標の一つである D-RE の実装に貢献している。成果は多数の原著論文、国際会議論文で公表されるとともに、著名な国際会議の招待論文でも発表され、高い評価を得ている。産業界からも興味を持たれ、企業が提供する製品にカスタマイズした仮想化層の構築の支援をおこなっており、実用性の面からも高い評価を得ている。特許については 1 件が申請されているが、本来はもっと多くの特許の申請が望まれる。

4-2. 研究成果の科学技術や社会へのインパクト、戦略目標への貢献

今後はハイエンドのプロセッサでなくともマルチコア化が進むとともにディペンダビリティに関する要求が強くなり、効率の良い仮想化層技術の必要性が高まると思われる。本研究はそのような要求を先取りし、SPUMONE として実現し、公開するとともに広く普及に努めており、技術的なインパクトはこれから顕著になると考えられる。本領域の戦略目標に関しては、全体の方向性をよく理解して個別の研究課題を昇華して D-RE の中核部分を開発しており、高く評価できる。

4-3. 総合的評価

DEOS アーキテクチャの実行環境を担う D-RE の中の D-Visor と D-System Monitor の研究・開発を担当し、複数のゲストオペレーティングシステムを同一のマルチコアプロセッサ上で動作することを可能にした。また、SPUMONE の開発に併せて、D-System Monitor の開発を行い、また、D-System Monitor の標準 API を策定した。これにより監視対象 OS へのアクセス法が統一され、複数の監視機能が同時に使用可能となった。これらの研究成果は本領域の目標の一つである D-RE の実装に貢献するとともに、仮想化技術の技術性ならびに実用性の高さが国内外の学术界ならびに産業界からも高く評価されている。したがって、本研究領域の趣旨に照らして十分な成果を挙げていると考えられる。