

研究課題別中間評価結果

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： 中島 達夫（早稲田大学理工学術院基幹理工学研究科 教授）

3. 研究概要

本研究チームは、今後のディペンダブルシステム構築の重要な技術である仮想化及びその利用技術として、以下に示す2つの面から情報家電機器等の組み込みシステムのための仮想化及びその関連技術に取り組んでいる。

1つ目の研究課題では、仮想化技術を利用したシステムの上にモニタリングサービスを構築する。このための基本技術としてプロセッサを仮想化するためのハードウェア抽象化層を提供し、モニタリングサービスを Linux の外部で実行する。OS 間隔離機能の提供が不要な環境では、リアルタイム性を損なうことなく性能が高い仮想化機能の実現が可能となる。この仮想化技術はマルチコアプロセッサへの対応も可能である。マルチコアと仮想化技術を利用してモニタリングサービスを構築することによりシステムディペンダビリティの向上に貢献できる。そのほかの応用として、システムの使用状況により負荷が大きく変化する情報家電機器などに対して、起動するコアプロセッサの数を制御することにより消費電力の最適化を行うことができる。

2つ目の研究課題では、モニタリングサービスを利用した Linux カーネル内のエラーの仮想化（データ構造の一貫性を修復し、仮想的にエラーの発生が起きなかったように見せる）に取り組んでいる。Linux カーネルはソフトウェアのバグや外部からの悪意のある攻撃により、カーネル内のデータ構造の一貫性が失われる可能性がある。本研究が提供するエラーの仮想化機能では、データ構造の一貫性制約ルールを定義し、その一貫性が失われたときにエラーからの修復をおこなうことにより、データ構造の一貫性が保たれることを保証する。データ構造の一貫性修復はデータ構造を完全にロールバックすることを前提とせず、前方回復と後方回復の両方を利用可能とすることにより、回復可能性を向上することを目指している。Linux において前方回復を利用した場合は、一部のデータを解放できないケースも存在するが、本研究ではハードウェア抽象化層と連動させ定期的な再起動を利用することにより、システム全体の一貫性を回復する。

尚、本研究領域ではすべての研究チームが一体となって実用的な成果を目指して研究を進めているが、そのために各研究チームから選抜されたメンバーによる「コアチーム」を形成し、個別の研究活動を越えた研究開発を行っている。これまでに、システム開発者と発注者や利用者などのステークホルダとの間でディペンダビリティ要求を合意するための手法ならびにツールの検討を進め、報告書を発行した。当チームからはコアチームメンバーとして早稲田大学グループの杵渕雄樹とサブグループである筑波大学グループの追川修一とが参加し、報告書の作成に貢献した。

4. 中間評価結果

4-1. 研究の進捗状況及び研究成果の現状

本研究課題で取り組んでいる仮想化技術は、ディペンダビリティを実現するための中核的技術であり、具体的にかつ着実に研究開発を進めている。マルチコアプロセッサにおける仮想化技術の重要性は今後ますます高まると思われる。成果に関しては国際会議や海外の論文誌でも大きなプレゼンスを達成しており高いレベルの研究成果と言える。異常検出もディペンダビリティに本質的な観点で今後貢献するものと期待される。

筑波大学グループは X86 系の仮想化技術を担当しているが、これまでのところ必ずしも全体の成果に生かされているとは言えない。研究費の執行については特に問題は見当たらない。

コアチームに関しては、全チームが一体となつて一つの成果を追求するという進め方の新しさ及び領域の方針として掲げたオープンシステムにおけるディペンダビリティとして捉えるという課題の困難さもあり、コアチームの立ち上がりには時間がかかったが、グラフを利用してディペンダビリティの合意を定義する D-Case や、そのた

めの具体的なゴールを規定するメトリックスなど、D-Core と呼ばれるチーム全体の軸となる指針を打ち出し、統合的な考え方が整理されてきている点は評価できる。

4-2. 今後の研究に向けて

個別チームとしての研究は、ディペンダビリティを支える仮想化技術として重要であり、その貢献は高く評価できる。仮想化技術はコアチームの方針を実現する上でも重要な役割を担っており、他の研究チームの研究成果との関係づけを行い、また、様々なケースに対して定量的な評価をおこなうことにより技術を確立し、独自性を適切に表現して国際的な評価を得ることを期待したい。筑波大学グループは、今後は全体に対するより大きな貢献を期待したい。

コアチームとしては、既存の手法との差別化、科学としての普遍性、実用に供するための具体化の点でさらなるブレークスルーが必要となるが、能力の高い各研究チームのメンバーからなるコアチームメンバーが勇気をもって新しい挑戦を継続して行くことによって可能になると考える。また、実用化に向けてメーカーとの連携を深めていくとともに、コアチームの方針に基づいて各チーム個別のテーマ間の関連付けを強化して行くことも必要と思われる。本チームとしては、他のチームやコアチームの方針を踏まえつつ、仮想化技術を開放系システム対応のアーキテクチャあるいは技術としてディペンダブルシステムの全体像に繋げるよう、コアチーム内で積極的に議論しながら研究を進めてほしい。

4-3. 総合的評価

コアチームへの参加を通して、本チームの研究開発全体の方向をより明確にしたことは高く評価できる。仮想化技術によるディペンダビリティへの貢献に関して進捗し成果を上げているが、異常検出に関しては更なる具体化を期待する。これまでの研究成果や今後の研究開発活動の成果を元に、特許の取得を期待したい。