

研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名： 並列・分散型組込みシステムのためのディペンダブルシングルシステムイメージ OS

2. 研究代表者： 石川 裕（東京大学情報基盤センター 教授）

3. 研究概要

本研究領域では、ディペンダブルな情報システムの構築および運用を支援するための技術や評価指標の確立を目指している。その中で当チームでは、以下の要素技術および評価技術の研究開発を行っている。

- 1) 安全な OS カーネル拡張のための抽象化層 P-Bus: 本研究領域では、Linux を基盤としてディペンダブル OS の実現を目指す。Linux に対して新しい機能を追加することによって新たなバグを生み、結果としてディペンダビリティを低下させることのないよう、安全な OS カーネル拡張を支援するフレームワーク P-Bus を開発する。P-Bus 上で安全性を保證された P-Component が稼働する。P-Bus/P-Component は本研究領域における共通ソフトウェア基盤として用いられる。
- 2) 論理分割機構: 1 台の計算機上で複数のオペレーティングシステムをオーバーヘッドなく同時に稼働させる技術である。これによって、ユーザーの多様な要求に対して同時に 1 台の計算機で対応することができる。
- 3) シングル IP アドレス機構: 複数のサーバー機器から構成されるクラスタに対して単一の IP アドレスでアクセスできるようにするための技術である。これによって、機器間での負荷の分散、故障の隠蔽などを行い、サーバーシステムのディペンダビリティを向上させることが可能となる。
- 4) 時間制約保証・検証技術: リアルタイム性が要求されるプログラムに対して、そのプログラムの実行に要する最長の時間を事前に見積もるための要素技術を開発している。本要素技術により、開発中のプログラムが要求された時間周期内に必ず実行を完了することを保証できるため、リアルタイムシステムの安全性が向上する。
- 5) ディペンダビリティベンチマーク実行環境: システムのディペンダビリティはそのシステムを利用するユーザーの要求に応じて、様々な指標で計測され評価されるものである。当チームではこうした様々なベンチマークを統合し、単一のユーザーインターフェースから制御可能とするための実行環境の研究開発を進めている。

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ー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石川裕、藤田肇、加藤真平の 3 名が参加した。石川はコアチーム全体のリーダーとして議論の方向付けと取り纏めを行った。藤田はディペンダビリティ評価指標に関する報告書作成等を行った。加藤はディペンダビリティベンチマーク実行環境の設計を担当した。

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

本研究課題は、安全な OS カーネル拡張のための抽象化層 P-Bus、論理分割機構、シングル IP アドレス機構、時間制約保証・検証技術、ディペンダビリティベンチマーク実行環境の 5 つを取り上げており、各研究項目に対して順調に研究開発が進められている。研究成果は領域の目標や方針に大きく貢献しており、高く評価できる。

コアチームに関しては、全チームが一体となっ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。

本研究課題の研究代表者は、コアチームを率いつつ、自身の研究チームを整合性良くまとめている。他の研究チームに対しても影響力を持っており、優れたリーダーシップを発揮している。それぞれの項目に対する研究開発のレベルは高いと考えられる。研究の規模も適正であり研究費の執行に関しては特に問題は見当たらない。

4-2. 今後の研究に向けて

個別チームとしての研究は、大変良い方向で進んでいると考えられる。今後はさらなる創造性を発揮し、アイデアの新規性や有効性の高さを特許や世界のトップレベルの論文誌や国際会議で示せるようにして欲しい。**P-Bus/P-Component** 及びシングル IP アドレス機構の実装は、実際にシステムを構築しデモされているが、そのほかの研究テーマに関しても今後の実用に向けたシステム開発に期待したい。**P-Bus/P-Component** に関しては **Linux Community** への提案を含め標準化の観点からも研究を進めてほしい。シングル IP アドレス機構については、個別の製品化を念頭に、研究を加速することも検討すると良い。

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。本チームからは、**P-Bus** を含めた **OS** カーネルが開放系システムのディペンダビリティにどのように貢献するのか、コアチーム内で十分議論しつつ必要な技術と実用化への道筋を立てて欲しい。

研究代表者は、コアチームをまとめてプロジェクト全体のリーダーとして果たして来た役割を今後も継続し、オープンシステムディペンダビリティ実現のための基本技術確立等とおして、プロジェクトを成功に導くような活躍を期待したい。

4-3. 総合的評価

全体に良好に進んでおり、極めて高く評価できる。コアチームとの研究の方向性の整合もとれ、具体的な成果もでている。これまではコアチームを立ち上げながら全体をまとめるために多大な労力が費やされてきたと考えられるが、今後は全体をまとめるための労力を効果的に軽減し、その労力をよりインパクトの高い研究成果の達成に活用してほしい。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。