

## 研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名：省電力でディペンダブルな組込み並列システム向け計算プラットフォーム

2. 研究代表者：佐藤 三久（筑波大学計算科学研究センター センター長）

### 3. 研究概要

本研究課題は、これからの省電力性と高性能性を持つシステムがマルチコア・マルチチップになることを想定し、OS によるディペンダビリティ支援機構の実現例として、マルチコア・マルチチップシステムを活用したディペンダブル並列システムを研究開発する。ディペンダブル並列システムについて、以下の2つの観点で研究する。一つは、冗長構成による耐故障機能など並列システムを用いてディペンダビリティを提供することである。もう一つは、並列プログラムの耐故障性や動的な電力制御など、並列システム自体のディペンダビリティを提供することである。これらの研究開発の成果を、P-Component として、P-Bus に統合する。

また、次世代組み込み並列プラットフォーム上でディペンダビリティを実現するための並列処理を効率的に行うための低電力高性能高信頼通信機構として、マルチノード間の接続リンクとして低電力・高性能・高信頼性を提供する新しいネットワーク・リンクとその制御ソフトウェアの開発を行う。ネットワーク・リンク PEARL (PCI-Express Adaptive and Reliable Link)は、組み込みシステムを想定した近距離通信において、従来は I/O 装置接続用であった PCI-Express Gen2 をノード間相互接続に利用する。また、レーン数及び通信レートの制御により、要求通信性能に消費電力を最適化する機構や、複数レーンの故障に対応する耐故障性を提供する。

一方、汎用 PC サーバ間で標準的に用いられる Ethernet においても、高性能・高信頼性を実現する通信システムとして RI2N (Redundant Interconnection with Inexpensive Network)を提供し、無故障時の通信性能向上と、故障時の通信経路確保を両立させ、ディペンダブルな並列処理システムの基本的な通信機能を提供する。

さらに、DEOS 基本コンセプトに基づいた設計・実装・試験・保守時支援ツールの一つとして、本チームではハードウェア故障をシミュレーションし、システムの耐故障性検査を可能とするツール(フォルトインジェクタ)を開発する。

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塙敏博、三浦信一が参加し、当チームに関連する技術のドキュメント化と、P-Component 実装の最初の試みとして RI2N の P-Component 化等を行った。

### 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

本研究課題では、VLSI チップの開発を含む低消費電力と信頼性確保を目指した高速通信機構の研究を当初より行ってきたが、コアチームによる全体的な方針を考慮して本年度よりフォルトインジェクタ機能を持つ並列分散テスト環境の研究項目を新たに追加して開始した。VLSI チップ開発のための研究費がかかっているが、経費削減にも努力しており予算の執行に問題は見当たらない。

高速通信機構の研究項目においてはVLSI 開発に関連した技術開発内容について多くの独自性・創造性が認められる。VLSI によるディペンダビリティの実現であるため直接的にはディペンダブル組込み OS にかかわらない部分もあるが、具体的なチップを作って性能を確認する事は実用化を検討する時に貴重なデータとなる。コアチームの活動を通じて、コンフィグレーションに関する検討や RI2N の P-Component 化推進も行っておりこ

これらの活動についても評価できる。

前述のとおり、領域の方針を踏まえてフォルトインジェクタ機能を持つ並列分散テスト環境の研究項目に新たに着手したが、デバッグのための技術的ブレークスルー実現のため、さらなる独創性が必要であり、今後の課題も大きい。

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。

#### 4-2. 今後の研究に向けて

個別チームとしての研究は、高速通信機構に関しては成果が具体的であり実用化の可能性も高いと思われるので、商品化に至る戦略を明確にして進めることを考えて欲しい。フォルトインジェクタ機能を持つ並列分散テスト環境においては、まだ全体との関連が薄いため、今後はコアチームとの連携をさらに深め、プロジェクト全体への貢献に繋がるように進めて欲しい。

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、コアチームの方針を踏まえつつ、並列分散テスト環境の開放系システムへの適用を進めて欲しい。

#### 4-3. 総合的評価

研究項目に関しては成果が出ており、技術開発も進んでいる。全体の方針をよく理解して、その方向に向かって協力的に研究が進んでいることは高く評価できる。今後は、オープンシステムディペンダビリティ実現とコアチームの方向性にどのようにかかわっていくかを明確にして進めることを期待する。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。