

研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名: ディペンダブルネットワークオンチッププラットフォームの構築

2. 研究代表者: 米田 友洋(国立情報学研究所アーキテクチャ科学研究系 教授)

3. 研究概要

集積システムの大規模化、アプリケーションの高機能化のため、マルチコア VLSI への期待が高まっているが、そこには課題も多い。まず、チップ内長距離配線の伝送速度低下や伝送障害、配線困難性、配線間干渉等の問題が生じる。また、高速クロックのネットワーク全域への分配困難性や、アイドルネットワーク部の電力消費も大きな問題である。これらの課題を解決するため、当チームは GALS-NoC(Globally Asynchronous Locally Synchronous Network On Chip)方式を研究し、ディペンダビリティの増大を実現しようとしている。コアの冗長化や故障検出、診断情報に基づく動的再構成により、高度のディペンダビリティをもたらす技術を、コストを考慮しつつ開発する。

まず、要求される信頼度に応じ、必要な冗長化構成が選択できるようにすることが必要である。また、単にコアを寄せ集めると冗長・不要部分によりコストが増大するのでコアの選択にも注意を払う必要がある。また、チップ内の局所に微細化によるばらつきや性能劣化が生じ、設計マージンと性能低下とのトレード・オフが重要である。32nm テクノロジーでは、ばらつきにより、標準に比べて6倍以上も遅いゲートが存在し得るという試算があり、単純にマージン増加で対応しては性能が出ない。さらに、オンチップネットワーク部に局所的な固定故障やソフトウェアが起きると、パスが遮断され、多くの正常コアが使用不能となる危険性を持つ。

こうした諸課題を受けとめ、本チームでは、VLSI 内収容コア数が急速に増加し、また、微細化が進んでも、設計・実装が容易で、プロセステクノロジーの進化の恩恵を享受できるプラットフォームとして、「多数のコアが適応的に協調動作して異種多様なタスクを効率よく、かつ、高信頼に実行できるプラットフォーム」を考え、それを新しい技術に基づく NoC システムとして実現すること、および、それを車載制御系システムにおいて実証することを目標とする。

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

(課題、目標の設定)

マルチコア、NoC は現在から近未来の普遍的、中心的な課題の一つである。自動車制御への応用を掲げ、マルチ CPU、アクセラレータコア、センサ I/O の共存するチップと、チップ内ネットワークにとどまらず、チップ間コミュニケーションを視野に入れて、故障検出・診断、故障耐性、故障対応の技術を開発し、HIL (Hardware-In-the-Loop)で実証すべく取り組んでいるのは適切である。

(成果状況)

構成要素技術として、Pair&Swap 方式による故障耐性増強、完全非同期 NoC 方式、2線式符号化方式、NoC のチップ間通信への拡張、センサ I/O の多重化などを提案している。これら選択した個別技術についての検討、試作による評価は進んでいる。しかし、その効果を定量的に十分に検証するには至っていない。非同期 NoC については 16 ノードのチップを試作し LETI の報告と比較しているが、スピードでは劣り、優位にあるとの主張はまだ定性的な仮説に近い。Pair&Swap 方式は常時 TMR 方式に比較しては低コストで MTTF の延伸効果があることは明らかであるが類似技術で多数の競合者があり、タスク配分法を含め優位性を確保することはまだ残されている。チップ間通信については、チップ内同等の速度確保、転送ミスの発見と再送機構の検討を

今後の課題としている。

総合的な試作では、4 コア NoC 試作チップによるエンジン制御を、HIL で模擬できる水準に達したことは評価できる。この先の総合的実証開発はもっと複雑になるので、周到に準備することが望ましい。車載制御の性能とディペンダビリティ確保のため、アプリケーション・ミックスから ECU システムに課せられるトップダウンの要件、ディペンダビリティ技術を構成するために満たすべき必要性能を改めて十分検討、消化して、提案技術と目標設定が妥当であるかどうかを点検する時期と思われる。提案技術の価値を否定するものではないが、柔軟な思考と執念による達成を期待している。

(外部との連携)

自動車メーカーとは年 1 度程度の接触があるが、もっと頻繁な意見交換をすることが必要と思われる。電気メーカーに協力研究者がいる。半導体メーカーとの接触も開始している。

4-2. 今後の研究に向けて

カーメーカー、Tier-1 サプライヤ、チップメーカーとの連携をもっと深めていただきたい。車載アプリケーションが課す要件から判断して、手持ちのアイデアが要素として、全体として十分に機能するかの定量的な評価・再点検をしながら、研究を加速していただきたい。その再点検の事項として以下のような項目が挙げられる。

- ・検証アプリケーション事例、実証に用いるシステムの規模や性能
- ・ディペンダビリティ指標の開発前後の改善効果
- ・非同期方式と同期方式の明確な対比較
- ・NoCルート中に故障が存在する場合の最悪レイテンシ
- ・CPU故障時の再構成時間のレイテンシ

評価キットを準備しユーザに提供する計画を策定したことは意義がある。評価キットでどのような実験ができるようにすべきか、どのような形で評価キットを提供すると使ってもらえるのかについて、実際のユーザから十分な聞き取りが必要。

プログラムを行うユーザが使用するリアルタイムOSをどうするかを検討が必要であるが取り組めていないことは本チーム自身が認識している。評価キットをOSの研究開発を行っている他研究機関に提供することが有効ではないか。

4-3. 総合的評価

マルチコア、NoC というシステム LSI 本流の課題に取り組んでいる。チーム内各グループ間の連携は良好であり、チーム間の連携研究もある。アプリケーションを車載に向けて進めており、耐故障マルチコア、非同期 NoC、チップ間通信など個別技術の検討は進んでいる。アプリケーションから見た定量的要件を研究課題・目標に十分反映しているかどうかの点検をしながら進めること、そのためにユーザ企業との連携をもっと密接にしていくことが研究の成功のために不可欠と思われる。

本テーマは継続推進が適当である。