

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第	号
------	-------	---

氏 名 鍾 兆前

論 文 題 目

Model-Based Parallelization for Simulink Models on
Multicore Processors

(Simulink モデルに対するマルチコア向けモデルベース
並列化手法)

論文審査担当者

主 査 名古屋大学教授 枝廣 正人

委 員 名古屋大学教授 片桐 孝洋

委 員 名古屋大学准教授 本田 晋也

鍾兆前氏提出の論文「Model-Based Parallelization for Simulink Models on Multicore Processors (Simulink モデルに対するマルチコア向けモデルベース並列化手法)」は、組込みシステム設計に適用されるモデルベース開発において、モデルのレベルで並列化するためのアルゴリズムに関する一連の研究をまとめたものであり、6章から構成されている。

第1章は序論であり、車載制御機器をはじめとする組込みシステムにおいてモデルベース開発の普及が進む中で、複数プロセッサを搭載したマルチコアアーキテクチャに向けた設計技術の課題と本論文の位置づけについて言及している。現在の設計手法では、モデルを設計する段階において並列実行動作を考慮していないため、モデルから生成したプログラムコードを並列化しようとしても並列性能が向上せず、その結果として目標性能を達成するための後戻り、再設計コストが発生し、設計検証期間が大幅に増大することが予想されている。この課題に対し本論文では、モデルレベルで並列化を考える、モデルベース並列化アルゴリズムを提案し、モデルと実装との協調設計を支援することによってもたらされる設計生産性向上を目的としている。

第2章では技術動向と関連研究について述べている。

第3章では、ホモジニアス型マルチコアアーキテクチャに向けた並列化アルゴリズムを提案している。提案手法では、モデルをグラフ構造とみたときの接続度の他に、モデル上で表現された計算処理の構造や設計者が指定した意図を反映し、モデル内のブロックをクラスタ化する。その上で、大規模システムにおいてもクラスタ数が数十程度になることを利用し、クラスタのコア割当最適化問題を混合整数線形計画問題 (MILP) として定式化し、厳密解を求めることにより並列化する。評価実験を通して、グラフ構造のみを利用する従来手法に対する有効性を示している。

第4章では、ARM 社の big.LITTLE アーキテクチャに代表されるような、同一命令セットで性能が異なるプロセッサが搭載された、性能ヘテロジニアス型マルチコアアーキテクチャに向けた並列化アルゴリズムを提案している。プロセッサアーキテクチャにおいて、同一性能のプロセッサ群がクラスタ化されている構造を想定し、複数性能のプロセッサクラスタを MILP の定式化に導入し、厳密解を求めることにより並列化する。評価実験では、ARM 社 big.LITTLE プロセッサを搭載した ODROID-XU4 評価ボードを用いて有効性を実証した。

第5章では、汎用プロセッサ (CPU) とグラフィックスプロセッサ (GPU) が混在する、ヘテロジニアス型マルチコアアーキテクチャに向けた並列化アルゴリズムを提案している。モデル内のブロックに対し、CPU の方が速い場合と GPU の方が速い場合があるため、一般の CPU-GPU 混在型アーキテクチャにおいて、クラスタのコア割当最適化問題は非線形計画問題となるが、CPU と GPU が同数で、かつ一つの CPU が一つの GPU を管理するアーキテクチャにおいては MILP として定式化できることを示した。評価実験では、2台の CPU と 2台の GPU を搭載する計算機を用いて有効性を実証した。

第6章では本論文の成果を総括し、結論をまとめている。

以上のように本論文は、組込みシステムのマルチプロセッサ化に対するモデルベース開発の将来動向をふまえ、モデルベース並列化アルゴリズムについて提案、有効性を示しており、学術上寄与するところが大きい。よって本論文の提出者、鍾兆前氏は博士 (情報科学) の学位を受けるに十分な資格があるものと判断した。