

論文内容の要旨

申請者氏名 PORNMANEERATTANATRI SORATOUCH

To fully utilize multi-core processors, the development of parallel programs is needed. However, developing parallel programs is a demanding task. Automatic parallelization techniques have been studied to simplify this process by automatically transforming sequential code into parallel code. Most existing automatic parallelization tools employ static analysis, which can identify certain types of parallel structures but fail to detect all, leading to suboptimal performance gains.

In contrast, the recent emergence of the Large Language Models (LLMs) in the Natural Language Processing (NLP) field has led software engineering researchers to adopt them, as LLMs have demonstrated state-of-the-art performance in various tasks. Motivated by these advancements, this study proposes an automatic parallelization tool based on LLMs. To replicate the functionality of existing automatic parallelization tools, two models are developed. The first model classifies parallelizable for-loops, while the second model generates OpenMP directives. Datasets are gathered from two sources, Google BigQuery public datasets and GitHub public repositories, and pre-processed to improve the quality of the OpenMP source code and to facilitate downstream tasks by fine-tuning CodeT5/CodeT5+, one of the Code LLM models.

The proposed models are evaluated using the NAS Parallel Benchmarks. The classification model achieves an F1 score of 0.713. The generation model successfully parallelizes the for-loops in 73% of cases and achieves speedup in five out of the eight NAS Parallel Benchmarks.

論文審査結果の要旨

申請者氏名 PORNMANEERATTANATRI SORATOUCH

マルチコアプロセッサの効果的活用には、並列プログラムの開発が必須であるが、これは非常に困難で工数を要する作業である。このため、逐次コードを自動的に並列コードに変換する自動並列化技術が研究されてきた。しかし、従来の自動並列化ツールはコードの静的解析に依存しており、特定の並列構造しか検出できないため、最適な性能向上が得られないことが多い。

一方、自然言語処理(NLP)分野での大規模言語モデル(LLM)の出現により、ソフトウェア工学の分野においても積極的な利用が進んでいる。

本学位論文は、この潮流に触発され、LLMに基づく自動並列化ツールを提案している。提案ツールでは、既存の静的ツールと同様の並列化機能を実現するために、並列化可能なforループを分類するモデルと、OpenMP指示文を生成するモデルの2つを開発して用いている。OpenMP指示文を生成するモデルにはCodeT5/CodeT5+モデルを用い、Google BigQueryの公開データセットとGitHubの公開リポジトリから学習用のデータセットを用い、コード品質向上のための微調整を行なっている。

提案されたモデルはNAS Parallel Benchmarksで評価されている。評価の結果、分類モデルはF1スコア0.713を達成し、生成モデルは73%のケースでforループを成功裏に並列化し、8つのNAS Parallel Benchmarksのうち5つで速度向上を達成した。

本学位論文の内容は、大規模言語モデル(LLM)を使用して自動並列化を実現するという、新しいアプローチを提案している点が独創的であり、評価結果が示すとおり、従来の静的解析ベースのツールに比べ、より優れた並列化を達成することが期待できる。本論文で示された手法による自動並列化ツールの性能向上は、マルチコアプロセッサの潜在能力を最大限に引き出し、計算資源の効率的な利用を促進する。これにより、エネルギー消費の削減やコンピュータのパフォーマンス向上が期待でき、広範な社会的利益をもたらすと期待できる。