

電気・電子情報工学専攻	学籍番号	M153206	指導教員氏名	市川周一 藤枝直輝
申請者氏名	岩本 凌大			

## 論文要旨 (修士)

論文題目	高位合成による専用命令実装手法の評価
------	--------------------

ソフトウェアの処理手順など、知的財産権や技術的ノウハウの保護は重要な課題である。保護手法の1つとして処理の部分的なハードウェア化がある。一方組み込みシステムではハードウェア記述言語 (HDL) で記述され論理合成可能なソフトプロセッサが広く利用される。坂本 (2018) は、ソフトウェアの秘匿性を向上するため、命令セットシミュレータに対し C 言語プログラムの一部の関数を組み入れ、専用命令をもつソフトプロセッサとして高位合成することを提案した。しかし、応用として示されたアプリケーションが少ない (3 種類) ことと、専用命令化する関数の選択方法に明確な基準が定められていないという問題があった。

本研究では、坂本の手法の適用可能性を示すため CHStone ベンチマークの 11 種類のプログラムにこの手法を適用し、手法適用時の問題点とその解決方法を示す。また、専用命令化する関数を選択する際の基準として、(1) 処理時間が大きな関数を優先して選択した場合と (2) コードサイズの大きな関数を優先して選択した場合を検討し、各基準に適した回路が生成できることを確認する。

手法を各応用に適用した結果、64 ビット変数の引数の受け渡しで問題が発生した。引数が 64 ビットの場合、変数に格納される値は MIPS の汎用レジスタ 2 つに渡って格納される。そのため、専用命令化する関数に引数を渡す際に、記述の変更が必要となった。また、32 ビットの変数の配列であるメモリのポインタから 64 ビットのポインタ型へキャストする場合、高位合成に失敗するという問題が発生した。この場合、32 ビットのポインタを 2 つ利用しメモリにアクセスするように変更することで対応した。

処理時間の大きな関数を専用命令化した結果、実行時間は平均 33.0% 削減された。しかし、Scratch pad memory (SPM) を用いてハードウェアでデータ転送を行う手法では大きな配列を引数とする関数において、実行時間が長くなることも確認された。次に、コードサイズの大きな関数を専用命令化し、コードサイズへ与える影響を評価した。コードサイズは平均 9.5% 削減された。グローバル変数を直接操作する関数を専用命令化する場合、グローバル変数へのポインタを関数へ参照渡すように記述を変更するため、その分だけコードサイズの削減量が小さくなった。専用命令化する関数のみが扱うデータは、関数とともにシミュレータに移されるため、その分だけコードサイズが削減された。最後に、各選択基準による実装への影響を評価した。処理時間の大きな関数を専用命令化すると、コードサイズの大きな関数を専用命令化した場合と比較して平均 18.0% 実行時間が削減され、コードサイズは平均 6.0% 増大した。またコストパフォーマンス面での評価として、AT 積を比較すると、処理時間の大きな関数を専用命令化した場合の方が平均 36.6% 小さな値となった。