

プログラマブル SoC 向けの 高位合成による設計環境の評価

三鼓 利明[†] 渡邊 誠也[†] 名古屋 彰[†]
[†] 岡山大学大学院自然科学研究科

1. はじめに

近年の組込みシステム開発では、プログラマブル SoC と呼ばれる、SoC 上に周辺回路として FPGA を搭載したデバイスの利用が進んでいる。また、C 言語などの高水準言語を用いた動作記述から RTL 記述を生成する高位合成技術が注目されており、近年ではハードウェア部分だけでなく、HW-SW 間のインタフェースやドライバも含めて自動合成を行う設計環境が登場している。しかし入力記述と、生成される HW-SW 間のインタフェースの構成や性能の関係は明らかでない。

そこで本研究では 2 種類のアプリケーション例を実装することで、自動合成される HW-SW 間のインタフェースの構成と性能を明らかにし、効率的な HW と SW の分割法や、入力言語の記述方法に対する指針を得ることを目的とする。

2. 統合開発環境 SDSoC

本研究では、Xilinx 社の提供する統合開発環境 SDSoC[1] を用いて実装を行う。SDSoC は C/C++言語を入力とし、Zynq-7000 All programable SoC (Zynq) 上で動作する HW, SW, 及び HW-SW 間のインタフェースとドライバを生成し、実行ファイルを出力する。ディレクティブによる HW の最適化の他、データムーバを指定するディレクティブを挿入することで、HW-SW 間のインタフェースの構成を変化させることができる。

3. 評価に用いるアプリケーションとその実装手法

本研究では、ストリーミングインタフェースのアプリケーションとして (1) ガウシアンフィルタ、RAM インタフェースのアプリケーションとして (2) DCT の実装を行った。2 種類のアプリケーションに対し、SDS data mover ディレクティブを用いて、SDSoC で利用可能な 6 種類のデータムーバを指定して実装を行った。また (1) に関しては SDS resource ディレクティブを用いて複数のモジュールを作成し、数種の並列度で実装を行った。

4. 実装と評価

3. で示した (1), (2) の 2 種類のアプリケーションを Zynq (XC7Z020) に実装し、PL (HW) 上で実行した際の実行時間と、PS (Cortex-A9 の SW) で実行した際の実行時間を比較することで評価を行った。また、Vivado でブロックデザインを開くことでハードウェア構造の確認を行った。

合成を行った際、選択したデータムーバによっては、使用条件を満たさなかったほか、タイミング要件違反、リソース不足により、合成を行うことができないデザインがあった。

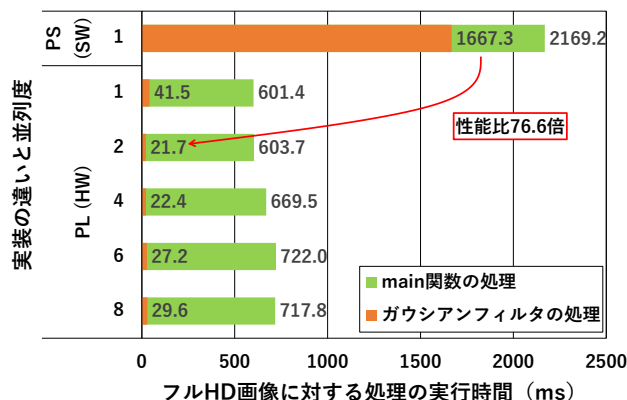


図1. ガウシアンフィルタの性能の例 (SIMPLE_DMA 選択時)

評価の結果、ソフトウェアとの性能比は axi_dma_simple データムーバ (以下 SIMPLE_DMA) を選択した際に最も大きくなり、(1) では並列度が 2 のとき 76.6 倍、(2) では 15.9 倍となった。(1) では並列度を 2 にすることで性能が約 2 倍になったが、それ以上並列度を上げると逆に性能が低下した。一例として、SIMPLE_DMA を選択した際のガウシアンフィルタの評価結果を図 1 に示す。

Vivado を用いてハードウェアの構成を確認した結果、SIMPLE_DMA を含め 3 種類のデータムーバで、HW の入出力となる引数毎に 1 つのデータムーバが接続され、多くのリソースを消費した。また並列度に応じて HW とデータムーバが増加した。

以上の結果から、プログラマブル SoC でアプリケーションの実装を行う際の概ねの指針として以下が判明した。

並列度を上げた場合では、ハードウェアを切り替えて通信を行うことによるデータ転送の効率の低下が起こる。また、入出力毎に追加されるデータムーバが多くのリソースを消費する。このため、性能向上、リソース削減両方の観点から、HW-SW 間のデータの入出力数を減らすことが有効となる。したがって、C/C++記述を行う段階で、ハードウェア化する関数の入出力となる引数の数を減らすように記述を行うことや、HW モジュールの数を減らし、内部で並列度を高める記述が必要である。

5. 今後の課題

今後の課題として、転送データサイズの違いによるデータムーバの性能、効率の評価、データムーバの共有を行った際の評価や、(1), (2) とはデータアクセス特性の異なるアプリケーションに対しての評価があげられる。

参考文献

- [1] https://japan.xilinx.com/support/documentation/sw_manuals_j/xilinx2016_3/ug1027-sdsoc-user-guide.pdf