

Erlangからの高位合成のための ライブラリモジュールの回路規模削減

Size Reduction of Library Modules for High-level Synthesis from Erlang

浜名 将輝¹
Shoki Hamana

石浦 菜岐佐¹
Nagisa Ishiura

吉田 信明²
Nobuaki Yoshida

神原 弘之²
Hiroyuki Kanbara

関西学院大学 理工学部¹ School of Science and Technology, Kwansai Gakuin University
京都高度技術研究所² ASTEM RI/KYOTO

1 はじめに

IoT (Internet of Things) の多様なサービスの展開に伴い、組み込みシステムには益々高い機能と性能が求められるようになってきている。このようなシステムの仕様を簡潔に記述し、そこからハードウェアを効率的に設計する手法として、文献 [1] では Erlang からの高位合成手法を提案している。この手法では、複雑な機能はライブラリモジュールとして実装しているが、その回路規模が膨大になるという課題がある。そこで本稿では、ライブラリモジュールの回路規模を削減する手法を提案する。

2 ライブラリモジュールの機能

文献 [1] の手法では、1つの Erlang プロセスを1つのハードウェアモジュールに合成する。各プロセスの動作を CDFG (control dataflow graph) に変換し、ここからハードウェアを生成させるが、複雑な機能はライブラリモジュールとして独立させる。ライブラリモジュールの主要な機能はプロセス間通信とガーベジコレクション (以下 GC) の処理である。ライブラリモジュールは、C 言語で記述された Erlang の実行時ライブラリ (OTP 18.1.3) 中の必要な関数を ACAP [2] で高位合成することにより得ている。

プロセス間通信は、図 1 に示すように send 命令と receive 命令によって行われる。send 命令では、プロセス 0 の x1 レジスタのメッセージ (msg) をプロセス 1 のメッセージキューにつなぐ (①)。この際、msg に付随データ (attachment) があればそれをメッセージキューのミニヒープにコピーする (②)。receive 命令では、メッセージキューのメッセージをプロセス 1 の x0 レジスタへコピーし (③)、付随データがあればそれをヒープ領域にコピーする (④)。

メッセージ通信処理のハードウェア規模を大きくしているのは付随データのコピーに関連した関数 `size_object` (付随データのサイズの計測)、`copy_struct` (ヒープからミニヒープへのコピー)、`erts_move_msg_mbuf_to_heap` (以下 `move_msg`; ミニヒープからヒープへのコピー) である。

3 ライブラリモジュールの回路規模削減

本稿では、プロセス間通信で使用する関数を `copy_struct` だけにすること、及び GC の機能を別モジュールとして独立させることにより、ライブラリモジュールの回路規模を削減する。プロセス間通信で使用する `move_msg` と `copy_struct` は、メッセージの付随データをコピーするという点では同じなので、`copy_struct` のみでコピーが行えるように書き換える。またサイズを事前に計算しなくても良いように `copy_struct` を書き換えることにより、`size_object` も削除する。GC は頻繁には実行

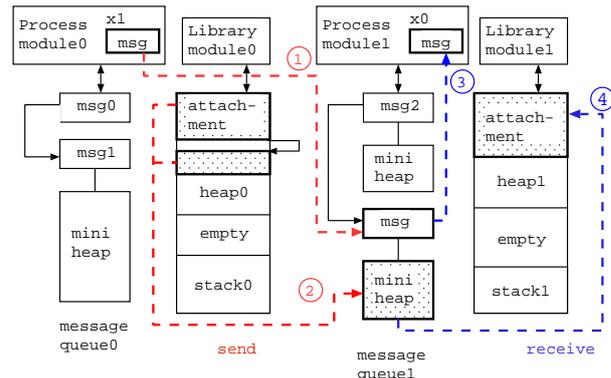


図 1 プロセス間通信の処理

されないため、GC モジュールとして独立させ、複数プロセスで共有する。

4 合成結果

提案手法に基づき、ライブラリモジュールを合成した結果を表 1 に示す。高位合成には ACAP [2] を用い、論理合成は Xilinx Vivado (2016.4) で FPGA (Kintex-7) をターゲットに行った。ライブラリモジュールの回路規模 (#LUT) はプロセス間通信で使用する関数を 1 つにすることにより 87%に、さらに GC の機能を独立させることにより 59%に減少できた。

表 1 合成結果

ライブラリモジュール	#LUT	(ratio)	delay [ns]
従来 [1]	12,432	(1.00)	12.979
関数集約後	10,872	(0.87)	12.160
GC モジュール独立後	7,368	(0.59)	11.383

論理合成: Vivado (2016.4), Target: Kintex-7 (xc7k160)

5 むすび

本稿では、ライブラリモジュールの回路規模を削減する手法を提案した。実行速度の評価とさらなる回路規模の削減が今後の課題である。

謝辞 本研究は一部 JSPS 科研費 16K00088 及び 16K01207 の助成による。

参考文献

- [1] H. Takebayashi, N. Ishiura, K. Azuma, N. Yoshida, and H. Kanbara: "High-level synthesis of embedded systems controller from Erlang," in *Proc. SASIMI 2016*, pp. 285–290 (Oct 2016).
- [2] N. Ishiura, H. Kanbara, and H. Tomiyama: "ACAP: Binary synthesizer based on MIPS object codes," in *Proc. ITC-CSCC 2014*, pp. 725–728 (July 2014).