

FPGA を用いた組込み ruby プロセッサの提案と評価 Proposition and evaluation of Embedded ruby processor using FPGA

橋本 慎太郎[†] 荒木 英夫[‡]
Shintaro Hashimoto Hideo Araki

1. はじめに

IoT システムの普及によりマイクロコンピュータの使用が増加している。マイクロプロセッサやマイクロコントローラと呼ばれるプロセッサの多くは家電製品や自動車用など、特定の用途に用いられることを想定している。このような制御に用いられるプロセッサの機能と安全性を確保する為には以下の機能が必要である。

- ・安定性
- ・セキュリティ
- ・リアルタイム処理

これらの機能を実現する為に通常では OS(OperatiOnSystem) が用いられる。また IoT システムには通信機能なども必要である。これら全てを実現する為にはプロセッサの高速化・高機能化が要求される。多くの場合、こういったシステムは例えば RaspberryPi の様な LinuxOS を用いたマイコンや μ ITRON 等を用いたシステムが用いられる。このような Linux 等の OS を用いる理由としてファイルシステムやネットワークサービスの利用があると考えられる。しかし一般的な制御では ArduinoUNO に用いられる様な小さなマイコンで十分な場合も多い。さらに、OS を用いることにより OS のアップデートやセキュリティの対策など、OS を運用する為のメンテナンスが必要となる。そこで我々は、ハードウェアリソース管理などオペレーティングシステムが必要とする機能の一部をハードウェア化することにより、OS を用いずともシステムの構築が可能になると考える。

ここで、組込み ruby はプログラムの実行に RiteVM と呼ばれる仮想マシンを用いる。この VM は実行に必ずしも OS を必要とはしないといった特徴がある。

このことから本研究では、RiteVM のハードウェア化を念頭に組込み ruby (mruby) の中間コードが実行可能なプロセッサを FPGA 上に構築したシステムの実現を目指す。

2. システム概要

2.1 組込み ruby(mruby)について

組込み ruby はスクリプト言語である ruby の良さを組込み開発向けに開発されたオブジェクト指向の言語であり、以下の様な特徴がある。

- ・少ないメモリで動作 (400KB)
- ・クロス開発不要
- ・RiteVM 上で実行可能な中間コードの作成

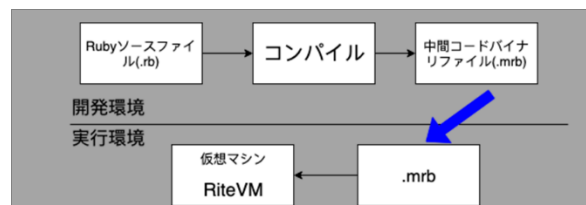


図1 組込み ruby の動作

RiteVM は組込み ruby の仮想マシンのことであり中間コードを直接実行でき、OS のない環境でも動作させることが可能である。

- ・命令数が 81 個

この様な特徴から、組込み ruby で作成される中間コードが実行可能なプロセッサをコンパクトに構築出来ると考えた。同様の仮想マシン上で実行される言語には JAVA 言語があり、JAVAVM で実行される。本研究で組込み ruby 言語を用いている理由の 1 つとして命令数が組込み ruby 言語が 81 個 JAVA 言語が 256 個と組込み ruby 言語の方が少ないからである。また、RiteVM が必要とするメモリサイズが小さいため、ハードウェアも小型化出来ると考えたからである。

2.2 組込み ruby(mruby)の中間コード

図1に組込み ruby の動作方法を示す。組込み ruby の中間コードは Ruby ソースファイルを組込み ruby コンパイラでコンパイルすることにより作成される。この作成された中間コードはバイナリファイルであり RiteVM 上で実行することが可能である。

図2のバイトコードの内訳を示す。組込み ruby の中間コードの特徴は 32bit の固定長、オペコードが 7bit の固定、オペランドが 3 種類存在する。このようなシンプルな構成であるため、ハードウェア化は容易である。

そして本研究では仮想マシン RiteVM のほぼ全てをハードウェア化し FPGA 上に実装することを目標としている。

2.3 組込み ruby を用いた既存研究

組込み ruby を用いた既存研究として、Ruby を組み込みソフトウェア開発に使用できるように簡略化、軽量化すると同時に、研究システムや RTOS(リアルタイム OS)の実装、使用頻度の高い機能をチップ化、高速化して使用できるかどうかの研究が行われている。この研究では RiteVM の一

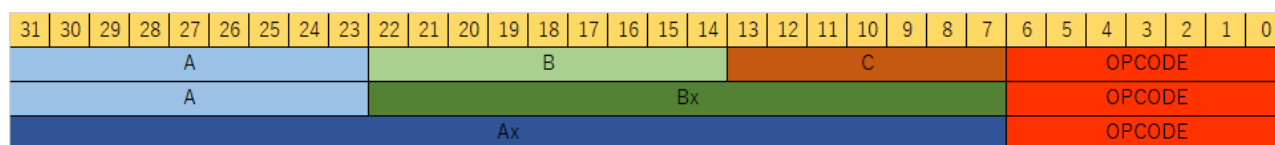


図2 組込み ruby のバイトコードの内訳

Copyright © 2019 by Information Processing Society of Japan and
The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers
All rights reserved.