

N-003

# Android 端末におけるモデル計算機 KERNEL の 教育用シミュレータの開発

## The Development of KERNEL Simulator on Android Devices for Teaching Computer Architecture

白川 涼平†      前田 洋征†      安武 芳紘†  
Ryohei Shirakawa    Hiroyuki Maeda    Yoshihiro Yasutake

### 1. はじめに

近年、組み込みシステムを搭載した製品が私たちの生活の中で広く使用されており、私達の生活に無くてはならない存在となっている。そこで、産業界からはハードウェアとソフトウェアの知識を兼ね備えた若手の組み込み技術者の育成が求められている。九州産業大学情報科学部では、「ハードウェアを怖がらないソフトウェア技術者の育成」に力を入れ、カリキュラムはハードウェア系の設計教育を重視したものになっている。本学部におけるハードウェア関連科目では、モデル計算機 KERNEL(Kyutech Easily Reconstructive Naked Educational)を用いてハードウェア設計の実践的教育を行っている。この KERNEL ボード[1]は動作する際に計算機内部のレジスタやメモリの動作信号の流れなどの普段は見えない部分を視覚的に捉えることができるように設計されている。そのため学生がプログラムを製作し、実機を動作させることで計算機の構成や内部動作を学習することができる。しかし、現在の KERNEL ボードは新たな機能の拡張が難しく、機器の更新にはコストが高くなるという問題がある。そこでモバイル端末を用いて拡張性や可搬性を考慮した新たなモデル計算機 KERNEL の開発を行い、モバイル端末単体で KERNEL システムとして動作するシミュレータ開発を行うものである。

### 2. モデル計算機 KERNEL

本章では、他大学で使用されている CPU シミュレータを紹介し、本学部で使用している KERNEL ボード独自の機能を紹介する。

#### 2.1 CPU シミュレータ

香川大学では、ハードウェアを学習するための CPU シミュレータとして独自に制作し、実際に講義で使用されている教育支援ソフトウェア VisuSim[2]がある。VisuSim は Java アプレットで動作する。プログラムのロードを行い、アプレットの画面内で、1 命令ずつ動作するステップ実行、命令を連続で行う連続実行などの実行モードを選んで動作させることができる。動作時はプログラムカウンタや汎用レジスタ、メモリレジスタの更新などが画面上で表示されるため、計算機のメモリ、レジスタなどの動作原理や伝達処理を視覚的に捉え、CPU の内部動作や基本機構を理解することができる。

#### 2.2 計算機 KERNEL

†九州産業大学情報科学部情報科学科

KERNEL ボードは、FPGA により実装されており上記に書かれている基本動作に加えて独自の機能としてモード変更がある。KERNEL ボードにはコンソールモードと命令実行モードの 2 つのモードがある。コンソールモードでは各レジスタにデータを格納するレジスタセット、メモリアドレスのデータを LCD に表示するメモリリード、メモリアドレスにデータを書き込むメモリライトが可能である。命令実行モードでは連続実行、ステップ実行、クロック実行が可能である。またクロックスピードダイヤルを変更することで 1 クロックの遅速を変更することができる。KERNEL ボードでは、中央の LCD でプログラムカウンタ、メモリ、各種レジスタに加えて各バスの状態も表示される(図 1)。



図 1 KERNEL ボード

### 3. 新規計算機 KERNEL 開発

本章では、新規に開発する拡張性を考慮した計算機 KERNEL のシステム概要について説明する。

#### 3.1 システム構成本システム

Android OS を搭載したモバイル端末に計算機 KERNEL のインタフェースを実装する。新規 KERNEL のシステム全体の構成は以下の図 2 に示す。

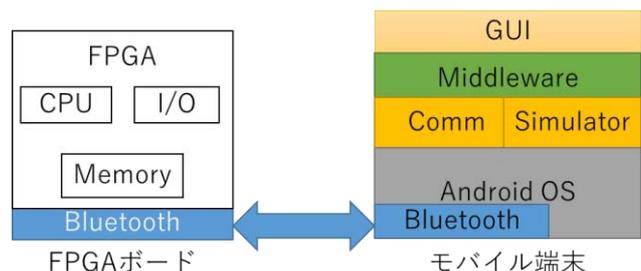


図 2 システム全体の構成図

コンソール機能をモバイル端末上のGUIによって実現し、FPGAボードから送信されたマイクロプロセッサの実行状態をリアルタイムでモバイル端末の画面上で表示を行う。また本研究では、KERNELシステムを動作するシミュレーション機能を実装している。

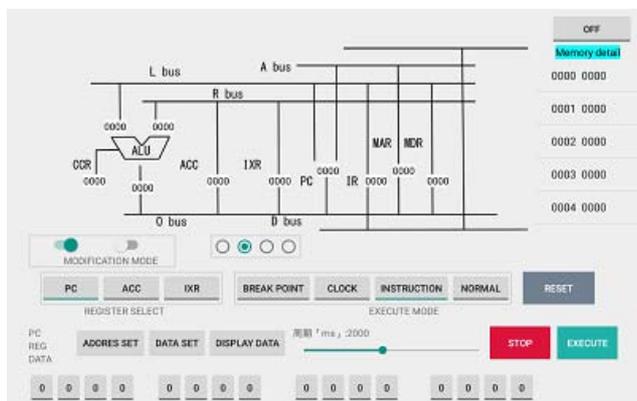


図3 タブレットの起動画面

## 4. シミュレータ開発

本章では、モバイル端末に実装した計算機KERNELのシミュレーション機能の概要説明と機能評価について述べる。

### 4.1 シミュレータの概要

本シミュレータは、Android OSを搭載したモバイル端末であれば、タブレット、スマートフォンの両方において動作することができる。タブレットで使用する際はコンソールモードと命令実行モードが一つの画面に収まるようにGUIを作成し、スマートフォンでは画面が小さいためコンソールモードと命令実行モードの二つに画面を分け、それぞれのモードを使用する際に画面をスワイプで切り替えるように作成した。シミュレータは今まで使用してきた計算機KERNELに実装されていた基本機能を実装した。また利便性の向上や学習者の理解を深めるために工夫を行った。コンソールモードでは1クロックの遅速を変更することのできるクロックスピードダイヤルをシークバーガジェットで実装した。命令実行モードでは各種レジスタと各バスのデータの移動や流れを画面上に表示することができる。アドレス、メモリなどの値が変わった部分は文字の色が変わり、今どこでデータの受け渡し、移動が行われたのかをKERNELボードよりさらに分かりやすく視覚的に捉えやすくなっている。また命令実行中に命令を止めることのできるSTOPボタンの実装を行った。これにより動作途中で停止し命令途中の各レジスタやバスの値移動の様子を確認することができる。

### 4.2 シミュレーション機能の評価

シミュレーション機能をタブレットやスマートフォンで使う際にどれだけのCPUとメモリを消費しているかデータを取り検証を行う。今回検証に使用するタブレットは

Google社とHTC社によって共同開発されたタブレット端末Nexus 9を用いた。スマートフォンには同社によって開発されたNexus 5を用いた。タブレットの動作では、起動時のメモリを14.00MBを使用する。コンソールモードではCPUは平均1%以下しか使用されない。命令実行モードで実行ボタンを押すと平均15%程度CPUを利用する。スマートフォンでの動作では、起動時にメモリを46.19MBを使用する。コンソールモードでアドレスやデータの書き込みとさらにメモリを利用する。CPUは平均2%に満たない量しか使用されない。命令実行モードではメモリ使用量の変動はない。実行ボタンを押すまではCPUは2%程度の消費だが、実行を行うとCPUを平均20%程度利用する。CPUの使用量の比較を下図4に表す。

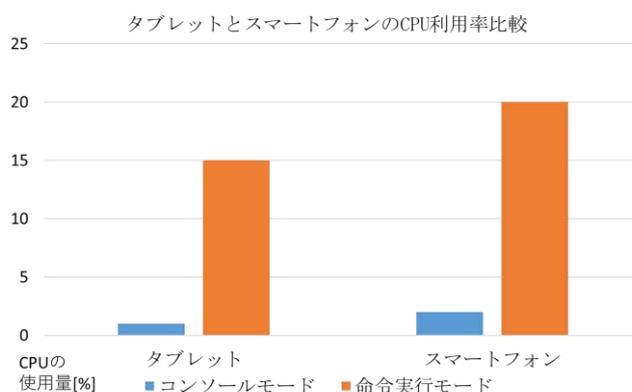


図4 スマートフォンとタブレットの比較

命令実行モードではデータ、アドレスの読み込みと表示の際CPUを最も多く利用していた。またスマートフォンはモード変更を画面の切り替えで行うためタブレットよりもCPUとメモリを多く使用する。これらの機能確認からスマートフォンではタブレットよりメモリとCPUを使用するが問題なく動作することができる。

## 5. おわりに

Android 端末単体動作するシミュレータの開発を行った。シミュレータの開発は、既存のKERNELボードと同等の機能を持つものを作成することができた。また従来のKERNELボードに比べメモリ、アドレスの受け渡しやバスの値が見やすくなっており、学生の理解を深めることが可能になると思われる。自宅学習可能なシミュレータの開発ができた。

## 参考文献

- [1] 的野恵太, 澤田直, “モデル計算機 KERNEL I/O システムの開発” 情報処理学会第72回全国大会講演論文集, 1M-8, (2010)
- [2] 今井慈郎, 金子敬一, 中川正樹, “計算機アーキテクチャ教育用ビジュアルシミュレータの組み込みメール機能” 情報処理学会論, vol48, no.8, pp.2748-2758, (2007)