

教育用 KERNEL システムにおけるモバイルアプリケーション開発 Mobile Application Development for Educational KERNEL System

前田 加奈†
Kana Maeda

安武 芳紘‡
Yoshihiro Yasutake

1. はじめに

計算機アーキテクチャ教育は、ハードウェアの視点から見て非常に重要であると言えるが、実際にハードウェアの動作や観測することは少ない。九州産業大学理工学部情報科学科では、計算機教育を目的に設計・製作された計算機システムであるモデル計算機 KERNEL (Kyutech Easily Reconstructive Naked Educational) を用いて計算機アーキテクチャの学習を行っている。この KERNEL ボードは、学習者がデータ（命令）を書き込み実行すると、動作する際に計算機内部のレジスタやバスの処理の流れなどを視覚的に捉えることができるように設計されている。しかし、現在の KERNEL ボードの FPGA チップが旧型のため論理合成ツールがサポートしなくなったことや、入出力部品が老朽化してきたことから、タブレット端末と FPGA ボードの連携により KERNEL システムの継続利用を可能とする。タブレット端末にすることでより簡単に置き換えが可能となる。計算機として動作する回路を FPGA に実装し、これを操作するための各スイッチや表示機能をモバイルアプリケーションに実装する。タブレット端末と FPGA ボードの連携には Bluetooth 通信を用いる。

2. KERNEL システムの概要

従来の KERNEL ボードは FPGA によって実装されており、K16 プロセッサが使用されている。K16 プロセッサは加減算、論理演算、桁移動などの 16 種類の命令が実行可能で、全ての演算は ALU (算術論理演算器) で実行される。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、各レジスタに設定したデータを格納するレジスタセット、指定したアドレスのデータを LCD に表示するメモリリード、指定したアドレスに設定した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、指定アドレス停止実行が可能である。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。

本研究は、FPGA ボードとの Bluetooth 通信を行うモバイルアプリケーションをタブレット端末に実装した新たな KERNEL システムを作成したものである。計算機としての演算処理は従来通り FPGA ボードで実現し、データの入出力をモバイル端末を用いて行う。タブレット端末と FPGA ボードとの連携イメージを図 1 を示す。

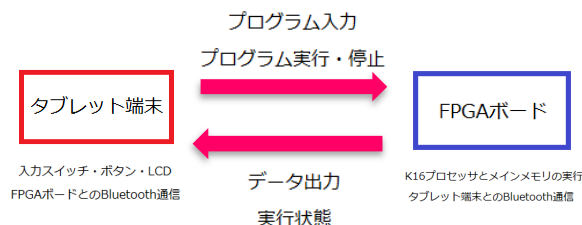


図 1 システムの連携

アプリケーションはユーザインタフェースの役割を行う。タブレット端末には入力スイッチ・ボタンや表示用 LCD が実装してある。学習者がメモリアドレスを指定してデータ（命令）を書き込み、各レジスタやバスの状態などを FPGA ボードへ Bluetooth 通信を使い送信する。FPGA ボードの外観を図 2 に示す。

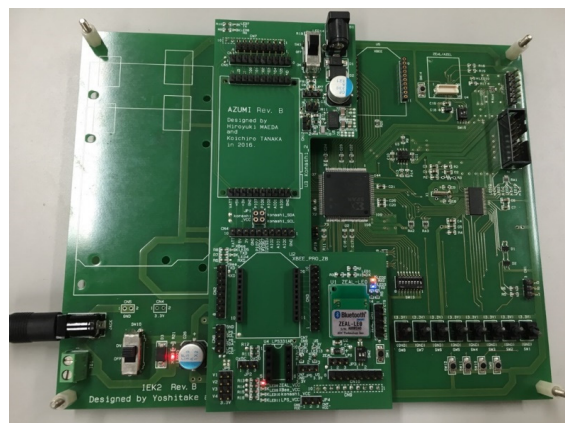


図 2 FPGA ボード

FPGA ボードは K16 プロセッサとメインメモリの実行をハードウェア上で行い、タブレット端末との Bluetooth 通信機能が実装されている。学習者が端末で実行を指示すると FPGA ボードからデータが出力され各レジスタとバスの値を GUI 上の LCD に表示する。

3. モバイルアプリケーションの開発

KERNEL システムの構成を図 3 に示す。アプリケーションには GUI モジュールがあり、そこで入出力を受け取り Bluetooth 通信を実装したモジュールを介して実際のデータ送信が行われる。IEK2 ボードは FPGA を搭載しており、データ入出力が Bluetooth モジュールからデータを受け取り、CPU とメモリに書き込む。逆にデータ入出力は CPU とメモリからデータを受け取り Bluetooth モジュールを介してアプ

†九州産業大学 情報科学部 情報科学科, Department of Information Science, Faculty of Information Science, Kyushu Sango University

‡九州産業大学 理工学部 情報科学科, Department of Information Science, Faculty of Science and Engineering, Kyushu Sangyo University

リケーションにデータを送ることもできる。また、エミュレータ単体でも動作することができる[1]。

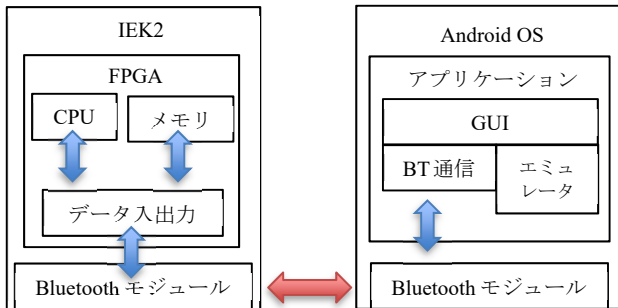


図 3 KERNEL システムの構成

Android アプリケーションの操作画面は、従来の KERNEL ボードのユーザインタフェースを踏襲したものを作成した。このため使い方を説明する必要がなく、授業に数台持ち込んでもすぐに使える。エミュレータにすることで個人の端末にアプリケーションをインストールして動作でき、自宅学習を行うことができる。Android アプリケーションの操作画面を図 4 に示す。



図 4 Android アプリケーション画面

アプリケーションの開発は Android アプリを開発する際に必要な Android Studio を使用した。画面下部に 16 ビットのトグルスイッチを配置し、このスイッチの ON・OFF を切り替えることで入力する値を 2 進数で決めることができる。このトグルスイッチの部分はフリーソフトの Inkscape を使用して画像を製作し、GIMP を使用して画像加工を行った。画面上部の LCD には CPU の内部を表示し、左下の LCD では学習者が入力したメモリのアドレスやデータを表示し確認できるようになっている。

モバイルアプリケーションについて、本学で行われているハードウェア教育科目でアンケート調査を行った。良かった点は従来の KERNEL の LCD より液晶ディスプレイの方が鮮明で見やすいこと、悪かった点は各スイッチのサイズが小さく、触れたらミスタッチをしてしまうため操作がしづらいという結果が出た。以上の結果を踏まえ、データ表示はできるだけ大きな面積を使い、スイッチ類はできるだけ小さい面積を使うことが今後の課題となった。

4. 端末と FPGA ボードの Bluetooth 通信

本システムは Classic Bluetooth と BLE (Bluetooth Low Energy) を利用している。BLE とは Bluetooth4.0 で新しく拡張された通信技術であり、データ送信速度を落とすことで消費電力の低下を実現している。FPGA ボードと端末の通信には Bluetooth でシリアル通信が可能な ZEAL-C02 と BLE 通信が可能な ZEAL-LE0, konashi2.0 の 3 つの通信モジュールを使用した[2]。アプリケーションは最初にプログラム送信識別信号を意味する ID を送信し、続けてデータサイズを送る。その後アドレスとデータを個数分繰り返して送信する。アプリケーションが送信するデータを図 5 に、アプリケーションが受信するデータを図 6 に示す。

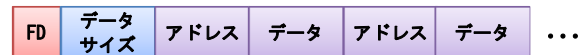


図 5 アプリケーションが送信するデータ

FD はプログラム送信識別信号で 1 バイトであり、データサイズは 2 バイトで送信する。その後アドレスとデータを順番に送信して行く。



図 6 アプリケーションが受信するデータ例

E5 は PC (プログラムカウンタ) の識別信号であり、その後 PC の値を送信する。D3 は LBus の識別信号であり、その後 LBus の値を送信する。

Bluetooth プロファイルは、Classic Bluetooth には SPP (Serial Port Profile) を使用し、BLE には GATT (Generic Attribute Profile) を使用した。GATT プロファイルは数バイトのデータを断続的に送信するためのプロファイルで、人による操作での送信に適している。しかし、データをまとめて送信するには適さない。SPP による ZEAL-C02, GATT による ZEAL-LE0 と konashi2.0, それぞれの通信性能の評価を行った。その結果端末による性能差はほとんどないことが分かった。

5. まとめ

本研究では、計算機のハードウェアを学習するための教育用 KERNEL アプリケーションの開発を行った。タブレット端末と FPGA による連携で従来の KERNEL システムの継続利用を図り、FPGA ボードと連携しユーザインタフェースとしての役割を果たすアプリケーションができた。

参考文献

- [1] 白川 涼平, 前田 洋征, 安武 芳紘, “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”, 第 14 回情報科学技術フォーラム (FIT2015) 論文集, pp.385-386 (2015).
- [2] Hiroyuki Maeda, Yoshihiro Yasutake, Koichiro Tanaka, "FPGA-Based Educational System Cooperating with Mobile Applications for Learning Computer Architecture", Proceedings of the 31th International Technical Conference on Circuits / Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC 2016), pp.307-310.