

## 教育用計算機 KERNEL の実装

永尾 亜美<sup>†</sup> 有田 五次郎<sup>†</sup>

九州産業大学情報科学部知能情報学科<sup>†</sup>

### 1. まえがき

近年の計算機技術の急速な進歩に伴い、コンピュータシステムは内部が全く見えない「ブラックボックス」になってしまった。情報技術を学ぶ学生にとって計算機の基礎を理解し、割り込みや入出力制御、マルチタスクなど OS の基本となる概念を学ぶことは非常に重要であるが、コンピュータシステムのブラックボックス化のため、コンピュータの機能・動作を理解することが困難となっている。

九州産業大学情報科学部では、計算機の基本的な機能や構造を学ぶため、また、FPGA の実装環境として九州工業大学で開発された教育用計算機 KERNEL を使用した教育を行っている。KERNEL システムは KERNEL と KERNEL の2つのシステムから構成されている。KERNEL は計算機の基本原理を学ぶためのものであり、図1に KERNEL の写真を示す[1]。KERNEL は、EXCEL で作成されたシミュレータで、アセンブラプログラミングを通して、計算機の CPU、メモリ、入出力装置の構造と動作、割り込み処理の具体的動作について理解することを目的に作られたものである。しかし、3年間の教育経験から KERNEL にはいくつかの問題点が指摘されており、その改善を行う必要がある。その一つの大きな問題点として、現在の KERNEL がシミュレータであるという点が挙げられる。実際のハードウェアとの関連が理解しにくいためである。



図1: KERNEL

本研究は、KERNEL の問題点を解決しようとするもので、改善策の一つである、KERNEL のハードウェアによる実装を目指す。本稿では、KERNEL の問題点とハードウェアによる実装について述べる。

### 2. KERNEL

#### 2.1 KERNEL の問題点

先にも述べたように、KERNEL には次のような問題点が指摘されている。

- (1) シミュレータでは機能・動作を見せることはできるが実際のハードウェアとの関連が理解しにくい。
- (2) 割り込み、入出力制御、マルチタスクなど OS の基本機能に関する演習が困難である。
- (3) キャッシュや仮想記憶などさらに高度な機能を教える教材が必要である。

#### 2.2 FPGA、DSP、DIMM 搭載 PCI ボード RYUOH

KERNEL は 16 ビット CPU であるので一つの KERNEL ボードとして実機による環境が作られたが、KERNEL は 32 ビットプロセッサであるため、回路規模が大きく KERNEL ボードの FPGA に実装することができない。

そこで、KERNEL は KERNEL のような一つのボードとしてではなく、プロセッサとコンソール、I/O を別々の環境で作ることとする。

プロセッサとしては、リコンフィギュラブルシステム実験環境として九州工業大学で開発され、組み込みシステム実験用教材として本学部で保有している、RYUOH という FPGA、DSP、DIMM を搭載した PCI ボードを用い、コンソールおよび I/O としては PC を用いることにする[2]。図2に RYUOH の写真を示す。また、図3に RYUOH の接続構成を示す[3]。



図2: RYUOH

Implementation of educational computer KERNEL

<sup>†</sup>Tsugumi Nagao

<sup>†</sup>Arita Itsujiro

<sup>†</sup>Department of Intelligence Informatics, Kyusyu Sangyo University

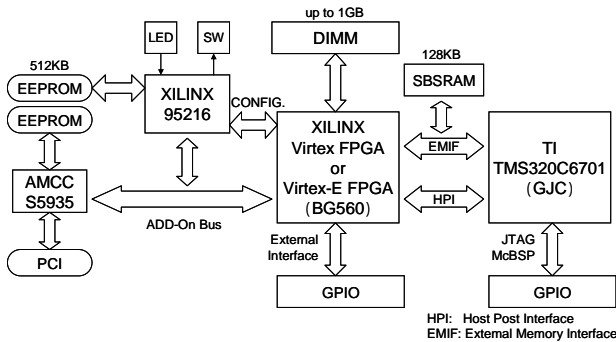


図 3： RYUOH の接続構成

### 3 . KERNEL の実装

2.2 節で述べたように、KERNEL はプロセッサとコンソール、I/O を別々の環境で作ることによって実現する。KERNEL の CPU は FPGA に実装し、DIMM をメモリとして利用する。I/O 制御回路は DSP に実装し、コンソール (Console) 機能および PC のキーボード (Keyboard)、ディスプレイ (Display)、ディスク (Disc) は、I/O 装置として PCI バス (Peripheral Component Interconnect Bus: PCI Bus) 経由で RYUOH と通信をするアプリケーションプログラムとして実現する。

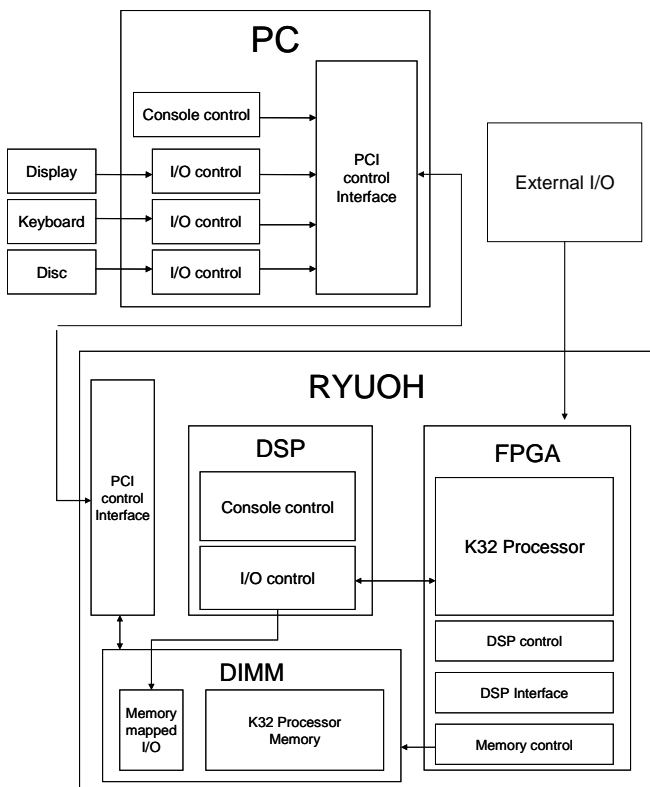


図 4： KERNEL のシステム構成

図 4 に RYUOH 上に実装した KERNEL を示す。このシステムの上で、たとえばディスクアクセスは次のように行われる。まず K32 プロセッサ (K32 Processor) はメモリマップド I/O (Memory mapped I/O) として DIMM 上におかれたディスク装置の制御レジスタにコマンドを書き込む。I/O コントローラである DSP はこのアクセスを検出して PCI バス経由で PC 上のディスク制御プログラムに通知し、ディスク制御プログラムがディスクに対して必要な動作を行う。ステータス、データ等は逆の経路を辿って DIMM 上のレジスタに書き込まれる。

これだけでは、シミュレータで実行しているのと変わりなく、KERNEL をハードウェアで実装した意味がない。RYUOH は外部信号端子を持っている。External I/O はこの外部信号に接続される I/O 装置である。この信号を使用して割り込み、データ転送などを行うことにより、ハードウェアデバイスの制御の感覚を養うことができると期待している。

### 4 . まとめ

本稿では、本学部で使用している教育用計算機 KERNEL の問題点とハードウェアによる実装について述べた。今後は、この実機 KERNEL を教育の場で使用し、学生の理解度を調査する。

### 参考文献

- [1] Koichiro Tanaka, Yuichi Iwaya, Yuhei Hayashi, Toshinori Sato, and Itsujiro Arita, "Design and Implementation of FPGA/DSP Based PCI Card", Proc.15th International Conference on Systems Engineering (ICSEng), pp.10-24, August 2002.
- [2] 田中康一郎、林悠平、岩谷祐一、佐藤寿倫、有田五次郎、"FPGA/DSP 搭載システムを用いたハードウェア・ソフトウェア設計教育"、情報処理学会 DA シンポジウム、pp.187-192、2002
- [3] 田中康一郎、林悠平、澤田直、佐藤寿倫、有田五次郎："FPGA/DSP ベースシステムによる組込みシステム設計教育"、信学論(D-1)、pp.640-648(2004)。