

N-024

## MITEC-II プロセッサにおける OS の実装 Implementation of OS for the MITEC-II processor

平田 直人†  
Naoto HIRATA

宮内 新†  
Arata MIYAUCHI

荒井 秀一†  
Shuichi ARAI

### 1. はじめに

MITEC-II プロセッサは教育用プロセッサであり、前身である MITEC-I を改良して開発された。

今日、マイクロプロセッサの利用範囲は拡大し、大学におけるコンピュータアーキテクチャ教育の重要性も増加している。しかし、既存のプロセッサを搭載したコンピュータを教育に利用すると、内部がブラックボックス化してしまう問題がある。この問題を解決するため、HDL で構成したプロセッサを FPGA に搭載したシステムが教育に用いられている。

従来の教育用プロセッサの問題点として

- 現在主流のシステムに近い、キャッシュ・仮想記憶を備えた RISC プロセッサ
- 内部の信号を観測できる装置

の以上 2 点を兼ね備えたプロセッサが存在しなかった。

これに対し、MITEC-II は上記の問題を解決すべく開発されたプロセッサである。

しかし、MITEC-II には OS が存在せず、仮想記憶の動作を確認する教育に用いることができない。

### 2. 研究目的

仮想記憶の実現には MMU だけではなく、OS のサポートが必要（ページの準備、補助記憶との入出力はソフトウェアで行う必要がある）であるので OS の実装を行う。

本研究では大学院での実験に向け、MITEC-II の仮想記憶システムの動作を確認できる OS の作成を目的とする。

### 3. MITEC-II OS

MITEC-II OS は、アプリケーションは特に何もしなくても仮想記憶が扱えるように、以下の処理を行う。

1. 起動時に、割り込みハンドラの登録・ページテーブルのセットアップ
2. タイマ割り込み時に、置き換え対象となるページの決定
3. ページフォルト時に、物理ページの割り当て

1 の起動時の処理で、必要なときに 2, 3 の処理が呼び出されるよう登録しておく。物理メモリを超えた量のメモリをアクセスした場合の OS の動作を演習で確認できるようにするために、タイマ割り込み処理に置き換え対象ページの決定処理を記述し、ページフォルト処理に補助記憶との入出力を記述した。

また、学習者の利便性を考え簡単なリンクを作成した。タイマ割り込み処理以下を順に説明する。

† 武蔵工業大学工学研究科，東京都

#### 3.1 タイマ割り込み処理

タイマ割り込みハンドラでは、物理ページが足りなくなった時に置換えの対象となるページを決めておく処理を行う。そのアルゴリズムは、参照ビットとカウンタを用いて擬似的に LRU を実現するエイジングと呼ばれる処理を用いた。具体的な処理の手順を図 1 に示す。タ

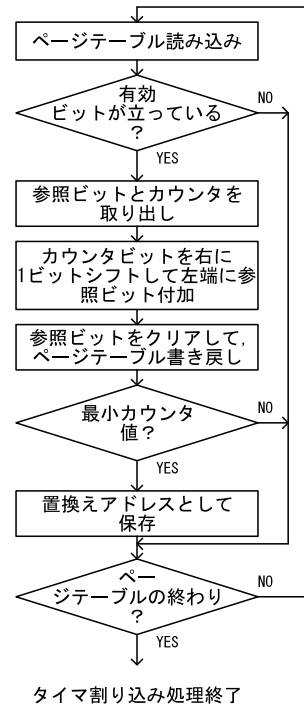


図 1: タイマ割り込み時の処理

イマ割り込みの際に（物理ページが存在する）全ページテーブルに対し、カウンタを右に一ビットシフトして参照ビットを最左端に付加する。カウンタが一番小さいページテーブルが置き換えの対象となる。図 2 の例では、クロックティック 3 においてページ 3 が置き換えの対象となる。

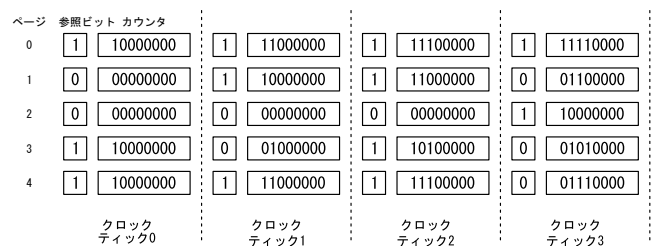


図 2: エイジング処理の例

3.2 ページフォルト時の処理

ページフォルト時の処理の内容は図 3 のようになる . 図 4 にメモリマップを示した . ユーザプログラム領域は

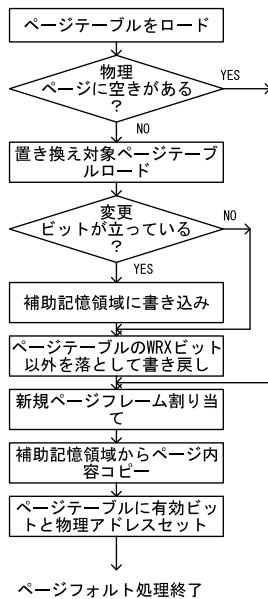


図 3: ページフォルト時の処理

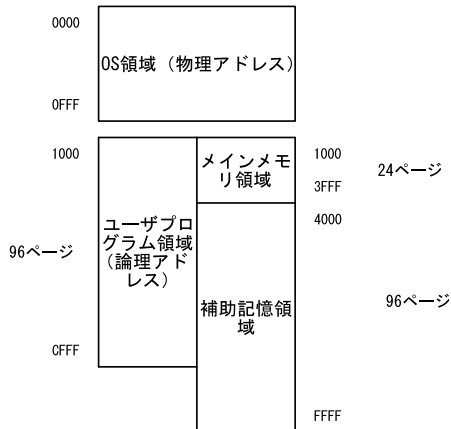


図 4: メモリマップ

ユーザプログラムから見える論理アドレス空間である . メインメモリ領域には物理ページが存在する . 補助記憶領域はページアウトされるページが保存される領域 ( 一般のマシンにおける HDD のスワップに相当 ) である . 補助記憶領域はユーザプログラム領域と同じ大きさがある . このため , ユーザプログラム領域におけるアドレスの論理アドレス空間開始アドレスからのオフセット = 補助記憶領域におけるアドレスの補助記憶領域開始アドレスからのオフセットという関係にしておくと , ページが退避される補助記憶領域のアドレスは論理アドレスから

一意に決まるアドレスとなるので , 上述の処理で以前物理ページ不足で退避されたページの内容も復元できる .

3.3 リンカ

最後にリンカについてであるが , BIOS・OS とユーザプログラムは 1 つのファイルに記述する必要があり , 学習者にとって不便であったので , アセンブル済みの .in ファイル ( シミュレータ上の MITEC-II の読み込ませるファイル ) を結合するリンカを作成した . これにより学習者は OS の .in ファイルを受け取り , 自分の作成したユーザプログラムをアセンブルしリンクするだけで済む .

4. 結果

作成した OS の諸元を表 1 に示した .

コードサイズ	356 命令 ( 1,424 バイト )
ページフォルト処理時間	2,520 ~ 4,820 クロック
タイマ割り込み処理時間	2,547 クロック
タイマ割り込み周期	100,000 クロック

表 1: 作成した OS の諸元

5. むすび

これまで , MITEC-II ではユーザプログラムにページテーブルを書いておくという手法により , アドレス変換が行われることを確認することのみが可能であった . しかし OS を作成したことにより , ユーザプログラムを動かせば , OS がアドレス変換の準備を行うようになった . さらに , タイマ割り込み・ページフォルトの処理を実装したことにより , 物理メモリより大きなメモリを扱うという仮想記憶の利点を演習で体験でき , 仮想記憶の理解が深まるものと考えられる .

また , これらの処理は近代的な OS が行っている処理であり , OS の動作についても理解が深まる .

最後に , 現在はシミュレーション上での動作であるが実機が動作次第 , 実機に実装・動作検証を行う必要がある . 本研究の一部は , 文部科学省科学研究補助金課題番号 13680425 によって行われたものである .

参考文献

- [1] 長沢龍 : 教育用記憶階層システムの実現と演習方法の提案 ~ MITEC-II-MMU による記憶階層の教育 ~ , 情報処理学会研究報告 ( 第 61 回コンピュータと教育研究会 研究報告 ) , 2001-CE-61 , 2001 .
- [2] 桜井 , 長澤 , 石川 , 宮内 : 教育用 RISC 型マイクロプロセッサ MITEC-II を用いた演習環境の開発及び MITEC-II を用いた演習の実施 , 第 61 回コンピュータと教育研究会 , 2001.10.19 .
- [3] Andrew. S. Tanenbaum 著 , 引地信之・引地美恵子訳 : OS の基礎と応用 設計から実装 DOS から分散 OS Amoeba まで , ピアソン・エデュケーション , 1995 .