

## OS デバッグ支援のためのハイパ OS 「忍」第2版の設計と実現

3H-7

山本康弘\*, 清水正明\*\*, 早川栄一\*, 並木美太郎\*, 高橋延匡\*

(\*東京農工大学工学部電子情報工学科)

(\*\*日立製作所)

## 1. はじめに

OS はシステムの最下層でサービスを行い、特権状態で動作し、割込みの管理を行うことから、デバッグ、テストが困難である。我々の研究室では、OS の開発、デバッグ、評価を仮想計算機モニタであるハイパ OS 「忍 (SHINOBI)」をベースとして、その環境を構築し[1]、実際に OMICRON V3[2]のデバッグに使用した[3]。

本稿では、主に「忍」の割込み操作と、メモリ管理に着目し、その問題点、不足点を考察し、第2版の設計と実現について述べる。

## 2. OS デバッグ環境

「忍」をベースとした OS デバッグ環境は次の3つの層から構成されている。

## ・仮想計算機層 (ハイパ OS 「忍」)

仮想計算機操作など低レベルの機能を提供

## ・OS 層 (デバッガ OS)

OS に共通な基本的デバッグ機能を提供

## ・AP 層 (OS デバッガ)

OS ごと目的別のデバッグ機能を提供

これにより、割込みなどハードウェア資源や OS の内部動作の操作、情報の取得を可能にし、目的別、OS 別のデバッグツールの作成を AP 層での対応で容易に行えるようにしている。

このデバッグ環境の構成を図1に示す。

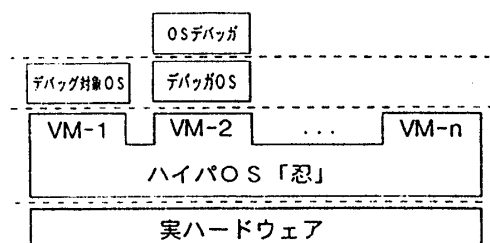


図1 「忍」のデバッグ環境の構成

## 3. 「忍」初版の問題点

「忍」初版は、次に挙げるような問題点が存在する。

- (1) デバッガから割込み、入出力を操作、エミュレートするための、インタフェースが整備されていない
- (2) メモリ管理でプロテクション属性がデバッガを考慮した設計になっていない
- (3) ハイパ OS の方から OS に対してメモリ情報を通知するインタフェースがない
- (4) 仮想化のオーバーヘッドに対しての対処がなされていない
- (5) OS 評価やテストのための時間計測を行う時間管理機能がない

## 4. 「忍」第2版の設計

## 4.1 「忍」第2版の設計方針

前述した初版の問題点から「忍」第2版の設計方針を次のように定めた。

- (1) 割込み操作のインタフェース
- (2) メモリ管理機構の再設計
- (3) 仮想計算機操作のオーバーヘッドの減少
- (4) 時間管理機能の追加

## 4.2 「忍」第2版の設計

## 4.2.1 割込み操作のインタフェース

OS のデバッグを困難にしているものに非同期に発生する割込みがある。「忍」第2版ではハードウェアデバイスの割込みを、すべてデバッガからエミュレートできる環境を提供する。

したがってハイパ OS は、デバイスドライバに対する割込みに付随して送られる情報（キーボードの押下情報、RS-232C の受信情報など）と、割込み操作のためのインタフェースをデバッガに提供する。

#### 4.2.2 メモリ管理機構の再設計

「忍」初版は VMMU 機構により、物理アドレスを仮想計算機に仮想化して見せることで、OS の他の仮想計算機やハイパ OS に対する不当アクセスを防いでいる。

だが、プロテクション属性で、デバッガとデバッグ対象が同等に扱われるなど、デバッグを考慮していない部分が存在する。また、仮想計算機に提供される仮想化された物理アドレスでは、DMA のためのアドレスを得られない。

VMMU にはメモリに対してデータとしてリード、ライトが行われた時、コードとして実行が行われた時の各プロテクション属性がある。これらに、デバッガの特権化した属性を持たせる。また、2 次記憶装置に対する DMA の仮想化を行う。

#### 4.2.3 仮想化オーバーヘッドの削減

仮想化のオーバーヘッドは割込みのキューイング、仮想計算機の資源の管理法などが原因になっている。これに対し、デバッガとして登録されている仮想計算機の内部割込みの管理にキューを使用せず、デバッガを使用する際の割込みエミュレータのオーバーヘッドを削減する。また、仮想計算機の資源管理の中で、タイマの仮想化の再構成を行った。

#### 4.2.4 時間管理

デバッグ状態など、頻繁に仮想計算機を切り替える場合、他の仮想計算機の動作によるプロープの影響が出る。そのため、仮想計算機ごとに時間を管理するための時間軸を提供し、時間処理をそれに沿って行うようにする。

また、ハイパ OS、各仮想計算機で独立した時間を持つので、仮想計算機の制御を行うために、デバッガは他の仮想計算機の時間を参照、監視できるようにする。ハイパ OS は、仮想計算機の時間情報のリード、監視時間の指定のインタフェースと、指定時間になったら、デバッガに報告し、制御を移行する機能を提供する。

### 5. 「忍」第 2 版の実現

「忍」第 2 版は、日立製作所 2050/32 ワー

クステーション (68020 20MHz) 上に実現した。

これにより、デバイスの情報を含めた割込みの操作が可能になり、デバッグだけでなく、フルパステストやデモに使用できる環境を提供した。また、OS の時間計測、時間を使用した仮想計算機の操作ができるようになった。

仮想計算機における割込みエミュレート、時間管理に伴うオーバーヘッドの計測を行った。

計測結果を表 1 に示す

表 1 仮想化のオーバーヘッドの計測

計測項目	所要時間
割込みのエミュレート	673 ( $\mu$ s)
割込みのエミュレート (キューを使用しない)	370 ( $\mu$ s)
タイマの仮想化 (初版)	266 ( $\mu$ s) 処理時間の 1.7%
タイマの仮想化 (第 2 版) 精度 16 倍の場合	781 ( $\mu$ s) 処理時間の 5.0%

デバッグ時の処理は、大部分が内部例外によるデバッグ対象へのアクセスなので、エミュレート時間の減少は、作業の効率化になる。

### 6. おわりに

ハイパ OS「忍」第 2 版の設計と実現について述べた。今後、上位層にあたるデバッガ OS、OS デバッガにおいて、デバッグや評価用のツールを実現し、デバッグに使用することで、デバッグ環境の評価を行うことが課題である。

#### 参考文献

- [1] 清水他：OS デバッグ環境の考察と OS デバッグ用ハイパ OS の実現、情報処理学会第 34 回プログラミングシンポジウム報告集、1G-7、1993。
- [2] 岡野他：並列処理用 OS カーネル“OMICRON V3”とハイパ OS による共有メモリ型マルチプロセッサの実装、情報処理学会論文誌、Vol.32、No.6、1990
- [3] 清水他：OS デバッグ環境を使用した OMI CRON V3 のデバッグ、情報処理学会第 46 回全国大会論文集、7JG-6、1993
- [4] 武内他：OS 検証用の新コンピュータ・アーキテクチャ・シミュレータ、情報処理学会第 45 回全国大会論文集、7P-1、1992