

平成21年 5月11日現在

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2006～2008

課題番号：18700030

研究課題名（和文）

OS処理の投機的実行を可能とするOS資源の事前生成機構に関する研究

研究課題名（英文）

Study of Speculative execution mechanism for OS resource creation

研究代表者

田端 利宏（TABATA TOSHIHIRO）

岡山大学・大学院自然科学研究科・准教授

研究者番号：80359942

研究成果の概要：

資源を再利用することによって、オペレーティングシステムの処理を高速化するための基本方式を確立し、応用プログラムによる効果を明らかにした。具体的には、プロセス生成処理における効果的な資源再利用法を明らかにし、プロセス間通信処理やプロセス移動における仮想空間の再利用効果を明らかにした。また、Webサーバを用いた評価で、資源再利用による高速化の効果が大きいことを示した。さらに、資源の利用状況を把握する可視化機能について基本機構を実現した。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,000,000	0	1,000,000
2007年度	1,100,000	0	1,100,000
2008年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	2,800,000	210,000	3,010,000

研究分野：オペレーティングシステム，コンピュータセキュリティ

科研費の分科・細目：情報学・ソフトウェア

キーワード：オペレーティングシステム，資源，再利用，事前生成，プロセス

## 1. 研究開始当初の背景

既存のOSは、応用プログラム(AP)からの要求を受けてから必要な資源の生成と確保処理を行う。つまり、その動作は受動的といえる。要求の度に資源を生成し確保すると、その処理を短縮するには限界がある。

今後、ますます計算機性能は向上し、そのメモリ搭載量も増加すると予測される。これ

により、プロセッサの空き時間や未使用のメモリが増大すると予測できる。この未使用の資源を活用し、OS処理を高速化させ、結果としてAP処理速度を向上させるのが本研究の狙いである。OSレベルで処理の高速化を実現することで、追加のハードウェアの投資をすることなく、性能の向上が得られることが期待できる。

## 2. 研究の目的

本研究では、約10年間独自に開発している *Tender* オペレーティングシステムをベースとして研究開発を行い、従来のOSとはまったく異なるOS構成法を提案し、その実現を目指すものである。

本研究で提案するOSでは、OSが一度利用した資源を再利用し、APからの要求以前にOS内部で資源確保処理を行う点が新しい。これに対し、既存のOSは、APから処理要求を受けてから、資源を生成し、何らかの処理を開始する。また、本研究では、特定のAPの実行を高速化するために、APに合わせて、OS資源を保存し、再利用のために確保しておくことを実現する。

これによって、OSが要求された処理を行う際のオーバーヘッドを削減し、従来OSに比べ、AP処理をより高速化することが目的である。

## 3. 研究の方法

現在まで、プロセスとプロセスを構成する資源に関しては、資源を再利用する基本機構を実現し、その効果を報告している。

本研究で明らかにする研究項目を以下に挙げる。

- (1) プロセスに対する資源再利用の効率化
- (2) プロセス生成処理以外における資源再利用機構の適用
- (3) 実アプリケーションプログラムにおける資源再利用機構の適用とその効果の明確化
- (4) 資源利用状況把握のためのOS処理の可視化基本機構の実現

上記の各項目の研究の方法について述べる。  
<プロセスに対する資源再利用の効率化>

プロセスに対する資源再利用の効率化については、プロセスの生成処理におけるプロセスを構成する各資源の再利用条件を明確化し、

プログラムと各プロセス構成資源の再利用の関係について明らかにする。よく再利用されるプログラムについては、そのプログラム固有の形態で資源を残すことで、より処理を高速化できると考えられる。一方、あまり利用されないプログラムについては、そのプロセスを構成する資源を他のプログラム実行においても再利用できる形態で資源を残すと再利用頻度を上げることができると考えられる。

<プロセス生成処理以外における資源再利用機構の適用>

プロセスの生成以外の処理として、プロセス間通信やプロセス移動 (マイグレーション) について適用を検討する。プロセス間通信においては、メモリ資源の受け渡しが課題となる。そこで、資源の分離と独立化を生かしたプロセス間通信機構を設計する。

また、プロセス移動については、プロセスの仮想記憶空間の生成がオーバーヘッドとなっている。このため、プロセスと仮想記憶空間の対応を自由にしたヘテロ仮想記憶において、仮想記憶空間の再利用の実現方法を検討する。

<実アプリケーションプログラムにおける資源再利用機構の適用とその効果の明確化>

広く利用されているWebサーバであるApacheを用いて、資源再利用機構の評価する方式を実現する。具体的には、UNIX等で広く利用されているプロセス生成インタフェースであるforkとexecveを *Tender* に実現し、その内部処理を資源再利用機構で実現する。これにより、資源再利用機構の有効性を評価する。

<資源利用状況把握のためのOS処理の可視化基本機構の実現>

どの資源を再利用のために残し、どの程度再利用可能な資源を保持するのかは、AP毎に

大きく異なり、簡単に決定できない。このため、APがOSに依頼した処理を記録し、その内容をわかりやすく可視化することで、資源の利用状況を把握する手法の実現を目指す。

#### 4. 研究成果

##### <プロセスに対する資源再利用の効率化>

プログラムの実行頻度に合わせて、二つの資源の保存形態を提案した。一つの高い実行頻度のプログラムに特化した形態で、この形態の資源は保存前に利用していたプロセスの元となったプログラムに対してのみ再利用できる。

一方、もう一つは実行頻度が低いプログラムでも、残した資源の再利用頻度を向上させる形態である。この形態では、プロセスの構成資源を細かく分解し、プログラムに依存した情報を残さないことで、大きさなどのプログラムに依存しない条件を満たせば、再利用できる。

これらの形態を導入することで、シミュレータによる評価で、資源再利用により、プロセスの生成と消滅の処理を高速化でき、かつ再利用のために保持する資源が占有するメモリを削減できることを示した。

##### <プロセス生成処理以外における資源再利用機構の適用>

プロセス間通信については、メモリ領域を送信側もしくは受信側だけの操作で、相手側のプロセスに送受信できる機能を実現した。これにより、相手側プロセスの処理を待たずに同期を取る機構を実現した。

また、メモリ間複写を削減するための実メモリ資源入れ替え方を提案した。これにより、実メモリ資源の確保と解放の処理を削減でき、メモリ複写も削減できることが期待できる。

さらに、ヘテロ仮想記憶によるプロセス移動では、事前に仮想記憶空間を生成することで大幅にプロセス移動処理やプロセス生成処理の処理時間を短縮できることを明らかにした。

##### <実アプリケーションプログラムにおける資源再利用機構の適用とその効果の明確化>

WebサーバのApacheをTender上で動作させ、UNIX互換のforkとexecveで動作させた場合の評価を行った。この結果、うまく資源を再利用した場合は、Linux, FreeBSD, BSD/OSよりも処理時間を短縮できる場合があることを明らかにした。

##### <資源利用状況把握のためのOS処理の可視化基本機構の実現>

OS内部コール呼び出しを統一的に管理するインタフェース部取得した情報にフローIDと呼ばれる処理流れ情報を付加する方式を実現した。この方式を実現することで、OS内部コールがどの処理の流れの中で呼び出されたのかを把握することができ、プロセスの走行モードを意識した可視化を実現できることを示した。その例として、プロセスの走行や切り替え、例外や割り込みの様子を示した。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計5件)

- ① 田端利宏, 谷口秀夫, “*Tender*オペレーティングシステムにおけるヘテロ仮想記憶 (HVS) の実現と評価,” 電子情報通信学会論文誌D, Vol. J92-D, No. 1, pp. 12-24, 2009, 査読有り
- ② 佐伯顕治, 田端利宏, 谷口秀夫, “*Tender*の資源再利用機能を利用した高速

fork&exec処理の実現と評価,” 電子情報通信学会論文誌D, Vol. J91-D, No. 12, pp. 2892-2903, 2008, 査読有り

- ③ Toshihiro Tabata, Kazuhiro Fukutomi, Hideo Taniguchi, “Proposal of Instant Synchronous Interprocess Communication,” Proc. of the third International Conference on Convergence and hybrid Information Technology (ICCIT2008), Vol. 2, pp. 146-149, 2008, 査読有り
- ④ Toshihiro Tabata, Hideo Taniguchi, “An Improved Recyclable Resource Management Method for Fast Process Creation and Reduced Memory Consumption,” International Journal of Hybrid Information Technology (IJHIT), Vol. 1, No. 1, pp. 31-44, 2008, 査読有り
- ⑤ Toshihiro Tabata, Hideo Taniguchi, “A Recyclable Resource Management Method for Fast Process Creation and Reduced Memory Consumption,” Proceedings of the 2007 International Conference on Intelligent Pervasive Computing (IPC-07), pp. 194-199, 2007, 査読有り

[学会発表] (計7件)

- ① 木下 彰, 田端 利宏, 谷口 秀夫, “プロセスの走行モードを考慮した可視化表示部の実現,” 電子情報通信学会 2009 年総合大会, 2009 年 3 月 20 日, 松山
- ② 佐伯顕治, 田端利宏, 谷口秀夫, “*Tender*におけるネットワーク透過なプロセス間通信機構の設計,” 第 138 回マルチメディア通信と分散処理・第 44 回コンピュータセキュリティ合同研究発表会, 2009 年 3 月 5 日, 熊本
- ③ 門 直史, 田端 利宏, 谷口 秀夫, “*Tender*におけるメモリページを意識した高速なデータ通信機構,” 電子情報通信学会コンピュータシステム(CPSY)研究会, 2008 年 10 月 31 日, 広島
- ④ 木下 彰, 河原 太介, 田端 利宏, 谷口 秀

夫, “*Tender*における OS 動作の可視化のための情報収集と表示の方式,” 情報処理学会第 105 回システムソフトウェアとオペレーティング・システム研究発表会, 2007 年 4 月 5 日, 那覇

- ⑤ 佐伯顕治, 田端利宏, 谷口秀夫, “*Tender*の資源再利用機能を利用した fork&exec 処理の高速化,” 情報処理学会第 105 回システムソフトウェアとオペレーティング・システム研究発表会, 2007 年 4 月 5 日, 那覇
- ⑥ 佐伯 顕治, 田端 利宏, 谷口 秀夫, “*Tender*上の Web サーバにおける資源再利用機能の効果,” 情報処理学会第 69 回全国大会, 2007 年 3 月 7 日, 東京
- ⑦ 田端 利宏, 谷口 秀夫, “ヘテロ仮想記憶(HVS)の評価,” 情報処理学会システムソフトウェアとオペレーティング・システム研究会, 2006 年 5 月 12 日, 沖縄

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

田端 利宏 (TABATA TOSHIHIRO)

岡山大学・大学院自然科学研究科・准教授  
研究者番号 : 80359942

### (2) 研究分担者

なし

### (3) 連携研究者

なし