

令和 2 年 6 月 8 日現在

機関番号：32678

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K00085

研究課題名(和文) モバイル環境向け動的メモリ管理システムを搭載したリアルタイムOSの開発

研究課題名(英文) Development of Real Time OS with Dynamic Memory Management System on Mobile Environment

研究代表者

兪 明連 (YOO, Myungryun)

東京都市大学・知識工学部・教授

研究者番号：80451384

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000円

研究成果の概要(和文)：メモリのリソースの制限があるモバイル環境でリアルタイムプロセスと非リアルタイムプロセスを同時に実行する場合を対象に、各プロセスの要求に効率的に対応できるメモリ管理手法を提案し、提案したメモリ管理手法を搭載したリアルタイムOSを開発した。
リアルタイムプロセスのデッドラインを保障するための必要な最小メモリ量を動的に予測してメモリを割り当て、それ以外のメモリを非リアルタイムプロセスに割り当てることによって、リアルタイムプロセスのデッドラインを守るとともに非リアルタイムプロセスの終了時間を短縮した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

高性能のスマートフォンの急速な普及により、モバイル環境で多様なプログラムを同時に実行するマルチプロセッシング技術が一般的になっていて、円滑なプログラムの実行に関する要求が増えている。本研究で開発したリアルタイムOSはこのような要求を満足させるとともに、提案するメモリ管理方式はリアルプロセスと非リアルプロセスが混在する環境で有効であると考えられる。

研究成果の概要(英文)：In this study, a new memory management is proposed and a real time OS equipped this memory management is developed. The proposed memory management can efficiently meet the demands of each process for the case of simultaneously executing real-time processes and non-real-time processes in a mobile environment with limited memory resources.
In this memory management, the minimum amount of memory is allocated to a real-time process to guarantee the deadline. And other memory is allocated to the non-real-time process.

研究分野：情報学

キーワード：モバイル環境 メモリ管理 リアルタイムプロセス 非リアルタイムプロセス リアルタイムOS

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

最近、高性能のスマートフォンの急速な普及により、モバイル環境で多様なプログラムを同時に実行するマルチプロセッシング技術が一般的になっている。複数のプロセスを同時に実行する環境では、有限なリソースに対してプロセス間の競合が発生するため、システム性能の低下を防ぐためには、各プロセスに効率的にリソースを割り当てる必要がある。

モバイル環境で実行するプロセスは、その特性によってリアルタイムプロセスと非リアルタイムプロセスに分類される。リアルタイムプロセスは決められたデッドライン内に実行を完了しなければならないプロセスであり、動画の再生やチャットプログラムなどがこのような特性を持っている。非リアルタイムプロセスはある程度の遅延が発生してもユーザに不便さを感じさせることのないプロセスであり、メールや SNS (social networking service) などが例として挙げられる。

本研究では、このようなリアルタイムプロセスと非リアルタイムプロセスが混在する異種マルチプロセッシング環境において有限なメモリを効率的に配分するメモリ管理方式を提案する。

異種マルチプロセッシング環境では、リアルタイムプロセスのデッドラインを守るために必要な最小限のメモリの獲得を保証する必要がある。例えば、動画の再生のようリアルタイムプロセスを実行する場合、メモリが不足するとページフォールト率が増加し、動画が円滑に再生できなくなる。従来の単一リアルタイムプロセスが実行される環境では、すべてのデータを主メモリに配置する Pinning 方式を使ってデッドラインを守ることにした。この方法は使用頻度が低いデータをメモリに長時間配置することになり、メモリ効率が低く、有限なメモリを複数のプロセスが共有する現代のスマートフォン環境には適切ではない。

現在のアンドロイドなどのスマートフォン環境ではリアルタイムプロセスについての考慮がなくメモリを on-demand paging 方式で他のプロセスと競合して使用することになっている。この方法ではリアルタイムプロセスがデッドラインを守らなくなり、ユーザは不便を感じる。

2. 研究の目的

本研究では、メモリのリソースの制限があるモバイル環境でリアルタイムプロセスと非リアルタイムプロセスを同時に実行する場合を対象に、各プロセスの要求に効率的に対応できるメモリ管理手法を提案し、提案したメモリ管理手法を搭載したリアルタイム OS を開発する。リアルタイムプロセスのデッドラインを保証するための必要な最小メモリ量を動的に予測してメモリを割り当て、それ以外のメモリを非リアルタイムプロセスに割り当てることによって、リアルタイムプロセスのデッドラインを守るとともに非リアルタイムプロセスの終了時間を短縮する。具体的には、(1)「メモリ量算出プログラム」、(2)「動的 QoS (Quality of Service) メモリ管理モジュール」を搭載したリアルタイム OS を開発する。

3. 研究の方法

本研究では、(1)「メモリ量算出プログラム」、(2)「動的 QoS (Quality of Service) メモリ管理モジュール」を搭載したリアルタイム OS を開発することを目的とし、目的ごとに以下の研究を行った。

(1) メモリ量算出プログラム

図1のようなメモリ構造を実装した。メモリから退避するデータのメタ情報を一定時間保管する仮想バッファ (Ghost buffer) を設け、現メモリでミスが発生しても仮想バッファにメタ情報が存在するかを調べた。メモリサイズ変化による的中率が予測可能なモ

デルである Belady life time model に基づいて、リアルタイムプロセス的的中率を計算し、的中率を満足させるメモリの大きさを算出した。

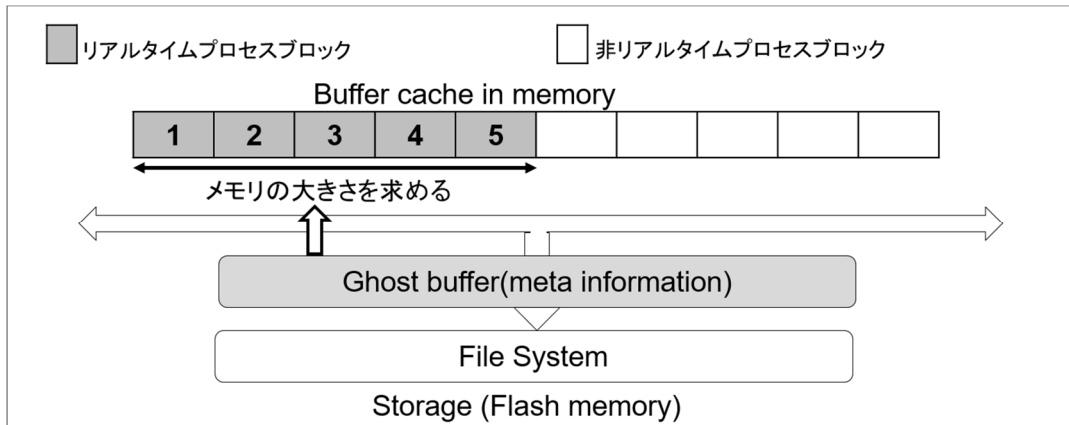


図1. メモリ構造

(2) 動的 QoS (Quality of Service) メモリ管理モジュール

本研究では、メモリ管理モジュールとして動的 QoS 方式 (図2) を提案した。動的 QoS 方式では、必要な最小限のメモリをリアルタイムプロセスに割り当て、リアルタイムプロセスのデッドラインミスを許容可能な範囲内(QoS)で保証するとともに、メモリ効率を向上させ非リアルタイムプロセスの性能低下を防止する。

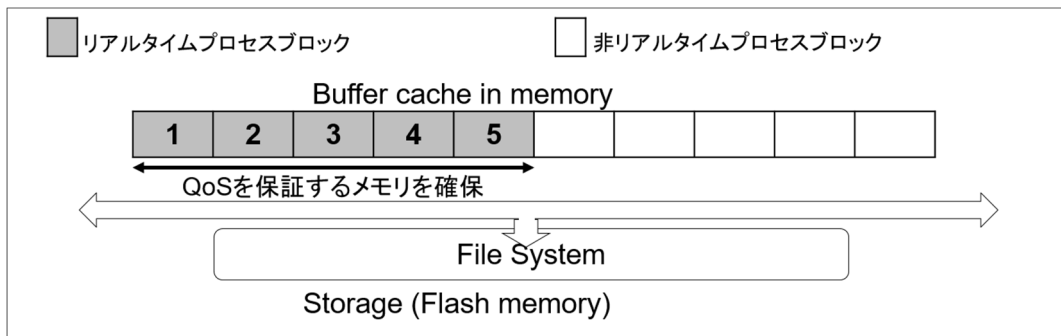


図2. 動的 QoS 方式

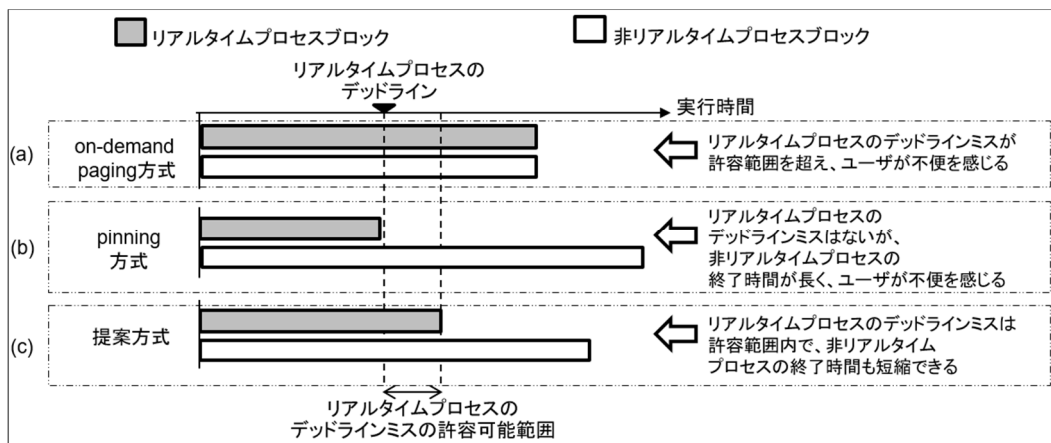


図3. 従来方式と提案方式の比較

図3 (a)のように、従来の on-demand paging 方式ではリアルタイムプロセスのデッドラインミスが増加している。図3 (b)のように、従来の Pinning 方式では、非リアルタイムプロセスの終了時間が長くなる。図3 (c)の提案方式では、リアルタイムプロセスのデッドラインミスを許容範囲内に保証するとともに非リアルタイムプロセスの終了時間を短縮することができる。

4. 研究成果

本研究ではアンドロイドモバイル環境である Odroid-A において多様なアプリケーションを実行し、ファイルアクセスのトレースを抽出した。リアルタイムトレースとしては、動画、チャットを抽出して、非リアルタイムトレースとしては、地図、SNS を抽出した。リアルタイムプロセスと非リアルタイムプロセスを同時に実行させ、従来の Pinning 方式、on-demand paging 方式と提案方式におけるキャッシュミス率を調査した。

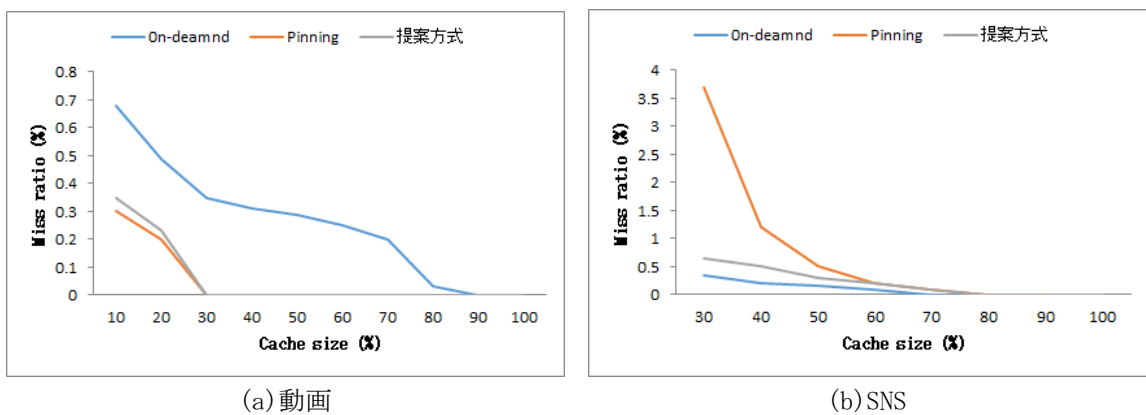


図4. 動画と SNS

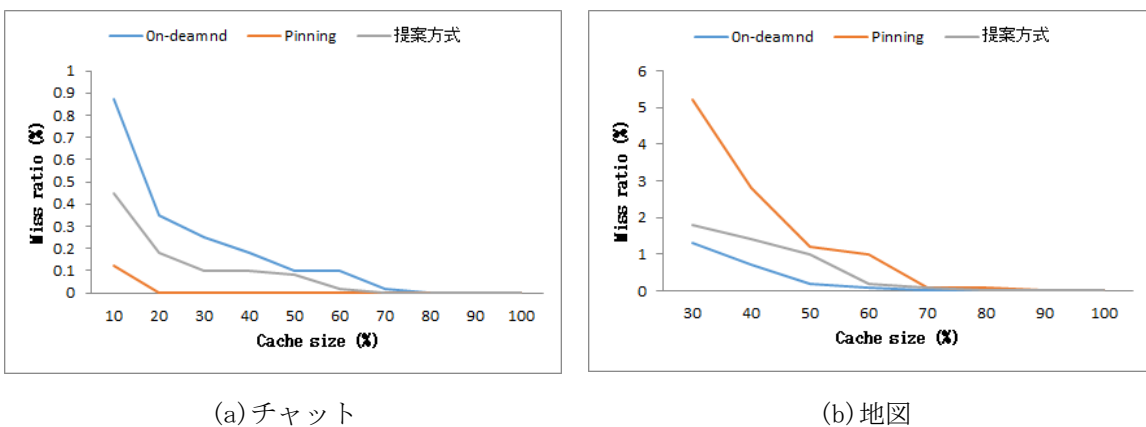


図5. チャットと地図

図4と図5からメモリ管理方式におけるリアルタイムプロセスと非リアルタイムプロセスの性能がわかる。キャッシュの大きさが大きい場合には各メモリ管理方式における性能差はあまり大きくないが、メモリの大きさに制約があるモバイル環境と似ている50%以下のキャッシュの大きさにおいては各メモリ管理方式における性能差が大きい。Pinning方式の場合、リアルタイムプロセスのキャッシュミス率は低い、非リアルタイムプロセスは大きく性能が低下している。On-demand paging方式の場合、リアルタイムプロセスのキャッシュミスが大きく増加し

ている。本研究で提案している動的 QoS 方式では、Pinning 方式でのリアルタイムプロセスのキャッシュミスとの差が 0.04%以内であり、On-demand paging 方式での非リアルタイムプロセスのキャッシュミスとの差が 0.14%以内で、高い性能を出している。特にメモリの大きさがあまり大きくない環境において、リアルタイムプロセスに最小限のメモリを割り当て、それ以外のメモリを非リアルタイムプロセスに割り当てることによって、性能低下を防止することができた。

今後ファイル入出力及びプロセスの仮想メモリの割り当てまで拡張できると考えられる。

<引用文献>

- ① S. Bae, H. Song, C. Min, J. Kim, Y. I. Eom. “EIMOS: Enhancing Interactivity in Mobile Operating Systems”, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 7335, pp. 238-247, 2012.
- ② Y. Xi, P. Martin, W. Powley, “An Analytical Model for Buffer Hit Rate Prediction”, In CASCON '01, pp. 1-24, 2001.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Myungryun Yoo	4. 巻 3
2. 論文標題 Heuristic algorithm for joint replenishment problem with a multisupplier	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Global Tourism Research	6. 最初と最後の頁 49-51
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Myungryun Yoo, Takanori Yokoyama
2. 発表標題 Real Time Scheduling Algorithm with Virtual Deadline
3. 学会等名 2018 Asian Conference on Engineering and Natural Sciences（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Myungryun Yoo, Takanori Yokoyama
2. 発表標題 GA Combined SA for Task Scheduling with Time Constraint and Communication Time
3. 学会等名 2018 The International Conference on Engineering and Applied Sciences（国際学会）
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
---------------------------	-----------------------	----