

LinuxEDF スケジューラにおける スケジューリングオーバヘッドの削減手法の提案

原田 真司[†] 南角 茂樹[†]
[†] 大阪電気通信大学大学院総合情報学研究科

1. はじめに

組込みシステムの高機能化に伴い、ソフトウェアの基盤となる OS も高機能かつ高性能なものが求められる。OS の機能にスケジューラがある。Linux のスケジューラは RM(Rate Monotonic)方式以外に CPU 使用率向上を目的とした EDF(Earliest Deadline First)スケジューラがある。本稿では Linux の EDF スケジューラにおける処理時間の削減手法を提案する。

2. LinuxEDF スケジューラとその問題点

組込みシステムでは、周期的にプロセスを実行する場合、固定優先度のスケジューラである RM スケジューラが採用されることが多い[1]。しかし、RM スケジューラは高負荷時においてリアルタイム性の低下が問題となる。それに対し、EDF スケジューラは動的優先度のスケジューラであり、CPU 使用率が 100%以下であればデッドラインミスを起こさず実行することができる[1]。

スケジューラは実行可能状態のプロセスを保持するランキューを備えているが、Linux の EDF スケジューラにおけるランキューの実現には赤黒木が採用されている。赤黒木とは、データの挿入などにかかる最悪時間は $O(\log n)$ となることが保証される木構造である[2]。デッドラインが近いプロセスほど左へ登録されるため、rb_leftmost には最もデッドラインが近いプロセスが格納される。ランキューへプロセスを追加する Enqueue 処理は深度が大きくなるほど処理をする時間も増加する。そのため Linux の EDF スケジューラではランキューへプロセスを追加する Enqueue 処理の時間が大きくシステムに悪影響が出やすいという問題がある。

3. 複数赤黒木によるスケジューラの処理時間短縮方式

本稿では、赤黒木を複数にすることで1つの赤黒木に登録されるプロセスの数を削減し、スケジューラの処理時間の増加を抑える方式の提案を行う。図1に、赤黒木を2つにした場合の構造を示す。赤黒木を2つにしたことで、赤黒木が1つの場合より深度が小さくなり Enqueue 処理の時間を削減することができる。しかしながらこの手法では PickNext 処理の時間が増加する。PickNext 処理とはランキューに保持されているプロセスから、次に実行するプロセスを選択する処理である。図2に赤黒木を複数個にした場合の PickNext 処理の動作を示す。各赤黒木の一番左に登録されているプロセスのデッドラインを比較し、最もデッドラインが近いプロセスを選択する。

4. 検証結果および考察

本稿では Linux カーネル 3.15 に提案手法を実装し、BeagleBoneBlack(以下 BBB)で Enqueue 処理と PickNext 処理の時間を計測して提案手法の有用性の検証を行った。BBB とは動作周波数が 1GHz で microSD カード上に Linux を構築することで動作することができるシングルコアのマイコンボードである。表1にキャッシュがオフで CPU 使用率 3%のプロセスを 30 個起動した時の Enqueue 処理と PickNext 処理の平均実行時間、及び赤黒木が1つの場合との時間差を示す。Enqueue 処理を削減することに成功した。しかしながら、PickNext 処理の実行時間の増加が、Enqueue 処理で削減した時間より大きい結果となった。提案手法では赤黒木にプロセスが存在するか確認する必要があるため、処理が増えたことが原因であると考えられる。

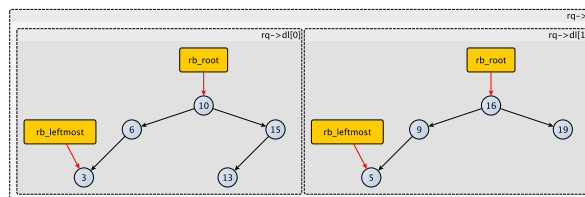


図1. 赤黒木を2つにした場合

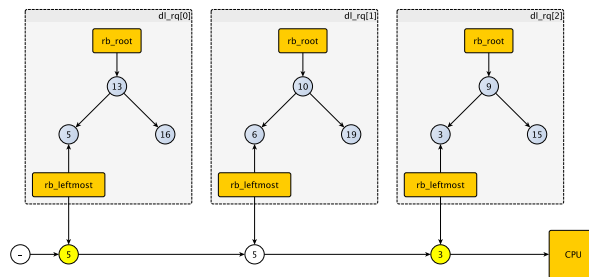


図2. PickNext 処理の動作例

赤黒木	平均実行時間(ns)		1 との差(ns)		
	E 処理	P 処理	E 処理	P 処理	増減
1	7098	1930	-	-	-
2	6372	2342	-762	412	-314
3	6259	3577	-839	1648	809
6	4598	5688	-2500	3738	1238

表1. Enqueue 処理, PickNext 処理

5. まとめ

赤黒木を複数個にしたことで Enqueue 処理の時間を削減した。今後の課題は、プロセスの分配方法を改善することにより PickNext 処理の時間を削減することである。

参考文献

[1] W.Wolf,組込みシステム設計の基礎,日経 BP 社,2009.
 [2] アイテック教育研究開発部,コンピュータシステムの基礎,株式会社アイテック,2013