

スラックを利用した実行権移譲スケジューリング アルゴリズム

鈴木隆元 田中清史

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

1 はじめに

リアルタイムシステムにおいて、タスク応答時間の短縮は重要なテーマの一つである。本研究では特定タスクの応答時間を短縮するためのアルゴリズムを提案する。リアルタイムシステムの研究/開発において一般的となっている静的優先度リアルタイムスケジューリングでは、周期が短いタスクほど優先度が高い。一方で、長い周期のタスクの優先度は下がるため、タスク応答時間が長くなりジッタも増える [1]。本研究の目的は、周期は長いが、意味的に重要なタスクの応答時間の短縮である。タスクセット全体のスケジューラビリティを保ったまま、高優先度サーバを利用することで特権的に特定タスクを動作可能とする Execution Right Delegation (ERD) 法と、タスク実行の早期終了により発生する時間的スラックを、特定タスクのために利用する Slack Collection (SC) 法を提案する。

2 提案スケジューリング手法

2.1 ERD 法

ERD 法では、周期 T_p 、実行時間 C_p の特定のタスク τ_p を特権的に動作させるために仮想的なサーバ VS を用いる。 VS はキャパシティ C_s と周期 T_s を持つが、サーバのキャパシティは別タスクに移譲するのみである。サーバは他のタスクと同様にスケジューリングされ、サーバに実行権が渡った場合、サーバの代わりに τ_p が動作して良い。 τ_p の実行が既に終了している場合、キャパシティは優先度の高いタスクから順に移譲される。移譲のルールは Priority Exchange 法 [2] に従う。

サーバのキャパシティと周期は、タスクセット全体のスケジューラビリティを保ち、かつ τ_p の

応答時間が短くなる値とする。サーバ周期 T_s が短い場合、サーバの優先度は高くなる。すなわちサーバのキャパシティ C_s を使って、高優先度で τ_p が動作可能である。

図1に Rate Monotonic (RM) 法の、図2に τ_3 を τ_p とした場合の ERD 法によるスケジューリング例を示す。RM 法では τ_3 の最初の実行の応答時間は 8 であるが、ERD 法では τ_3 が最高優先度の VS のキャパシティを使用することにより、応答時間が 2 に短縮される。

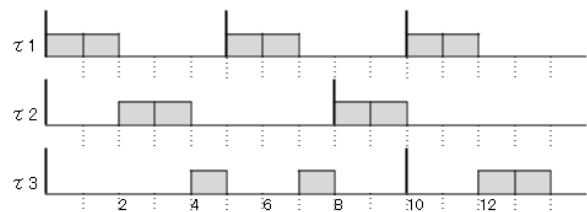


図1. RM 法によるスケジューリング例

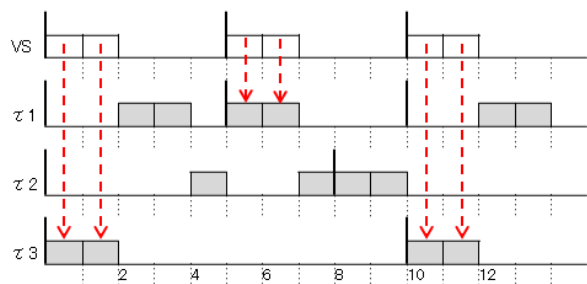


図2. ERD 法によるスケジューリング例

2.2 SC 法

現実世界におけるリアルタイムシステムでは、タスクは通常、最悪実行時間より早期に終了する。SC 法では、早期終了により発生した時間的スラックを優先的に τ_p に移譲する。

図3にRM法の、図4に τ_3 を τ_p とした場合のSC法によるスケジューリング例を示す。この例では τ_1 と τ_3 が常に最悪実行時間の半分で早期終了する。RM法では τ_3 の最初の実行の応答時間は4であるが、SC法では τ_1 の早期終了によるスラックを τ_3 に優先的に移譲することにより、2に短縮される。

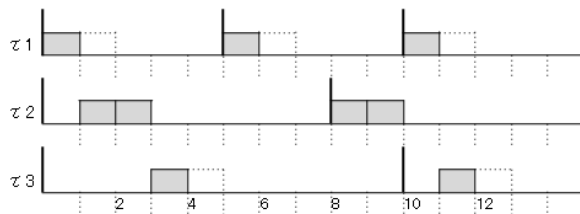


図3. RM法によるスケジューリング例

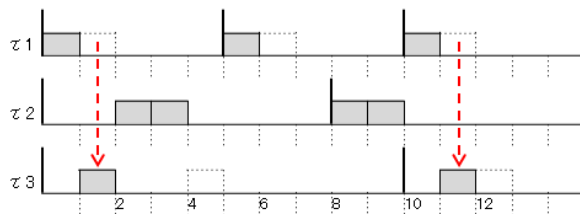


図4. SC法によるスケジューリング例

3 評価

提案手法の評価はRM法と、特定タスクに最適な相対デッドラインを設定するDeadline Monotonic (DM)法 [3] との比較で行った。評価において、周期、実行時間に関して確率分布乱数によって生成したタスクセットを対象とするシミュレーションを行った。

表1に、タスク当たりのプロセッサ最大使用率が25%、タスクが平均して最悪実行時間の78%で早期終了する場合の平均応答時間を示す。各値はRM法を1とした相対値である。

表1:評価結果 (最大使用率 $\leq 25\%$)

τ_p	RM	DM	ERD + SC
τ_3	1.000	0.715	0.705
τ_4	1.000	0.708	0.701
τ_5	1.000	0.542	0.542
τ_6	1.000	0.491	0.485
τ_7	1.000	0.440	0.438

次に、タスク当たりの最大使用率を50%とした結果を表2に示す。

表2:評価結果 (最大使用率 $\leq 50\%$)

τ_p	RM	DM	ERD + SC
τ_3	1.000	0.700	0.651
τ_4	1.000	0.576	0.526
τ_5	1.000	0.513	0.452
τ_6	1.000	0.297	0.298
τ_7	1.000	0.137	0.149

この結果ではDM法に比べ最大で13%ほどERD + SC法の応答時間が短い結果となった。

以上の結果から、各タスクの最大使用率が高くなるとERD + SC法に有利なことが考察できる。DM法では相対デッドラインを短くすることが難しくなる場合でも、ERD + SC法では τ_p が特に高優先度サーバの(短い)キャパシティ内で早期終了する場合には、応答時間が短縮可能となる。

4 おわりに

本研究ではERD法とSC法を提案した。評価により提案手法はタスクの応答時間短縮に有効であることが示された。

謝辞

本研究の一部はJSPS科研費15K00073の助成を受けて行われた。

参考文献

- [1] Giorgio C. Buttazzo. Hard Real-Time Computing Systems: Predictable Scheduling Algorithms and Applications. Springer, 2011
- [2] J. P. Lehoczky, L. Sha, and J. K. Strosnider. Enhanced aperiodic responsiveness in hard real-time environments. In *Proceedings of the IEEE Real-Time Systems Symposium*, December 1987
- [3] N. C. Audsley, A. Burns, M. F. Richardson, and A. J. Wellings. Hard real-time scheduling: The deadline monotonic approach. In *IEEE Workshop on Real-Time Operating Systems*, 1992.