

デッドラインを考慮したメモリ削減スケジューリング LMCLF の改善 組込みデザイン研究室 新井 諒介 (指導教員 中田 明夫)

1 まえがき

スマートフォン,家電製品,医療機器などの組込みシステムは大量生産されることが多いため,製造コストの削減は重要な課題であり,メモリ消費量を削減することが,組込みシステムの開発目標の一つとして挙げられている[1].そこで我々は,マルチタスクシステムのヒープメモリ消費量を動的解析によって削減するLMCLFスケジューリングを提案した[2].さらに先行研究[3]では,メモリ消費量だけでなく,デッドライン制約も共に考慮したLMCLFスケジューリングが提案されている.LMCLFスケジューリングでは,設計者が任意に定めるパラメータ α を導入し,単位メモリ消費量の α 倍を単位時間の処理遅延と同等とみなすことでメモリ消費量とデッドライン充足の両者を勘案したスケジューリングを実現していた.しかし,メモリ消費量とデッドラインに大きなばらつきがある場合は,事前に適切な α の値を設定するのは困難である.もし α の値が最適でない場合,最適である場合よりもメモリ削減量が減ってしまう可能性がある.本研究では,その α のより適切な値をスケジューラ動作中に自動推定する手法を提案する.提案手法により, α を事前に定める必要が無くかつ, α の値が最適でない場合の従来手法よりもメモリ消費量を削減することが期待できる.

2 システムモデル

本研究で取り扱うシステムモデルは,文献[2]で定義されているものと同様である.最小リリース間隔を T_i ,最悪実行時間を C_i ,相対デッドラインを D_i とし,タスク $\tau_i=(T_i, C_i, D_i)$ とする. τ_i の時刻 t における相対デッドラインを $D_i(t)$,残余実行時間を $C_i(t)$ とし,余裕時間を $L_i(t)=(D_i(t)-C_i(t))$ とする.タスク数を n とする. τ_i は,1ステップ目から e_i ステップ目まで状態を変化させる有限状態機械であるとし, τ_i の $j(1 \leq j \leq e_i)$ ステップ目の状態を s_{ij} とする. τ_i に対して, $\sum_{1 \leq j \leq e_i-1} m(s_{ij}) = 0$ を満たすような各状態 s_{ij} への整数値 $m(s_{ij})$ の割り当てを状態 s_{ij} における消費メモリ増分と呼ぶ. τ_i の時刻 t における状態が s_{ij} の時, s_{ij} における相対デッドライン,残余実行時間,余裕時間を $D_i(s_{ij}), C_i(s_{ij}), L_i(s_{ij})$ とする.

3 ヒープメモリと実時間制約を共に考慮したスケジューリング手法 LMCLF

LMCLFスケジューリング[3]では,各タスク τ_i の状態 s_{ij} において以下の式(1)の $\theta_i(s_{ij})$ を計算し, $\theta_i(s_{ij})$ が小さい τ_i から順に優先度を付与する.

$$\theta_i(s_{ij}) = \alpha \times m(s_{ij}) + C_i(s_{ij}) \times L_i(s_{ij}) \quad (\alpha > 0) \quad (1)$$

4 提案手法

従来では,式(1)の α の値が任意で与えられていて事前に求める必要があった.本研究では,その α のより適切な値を自動的に導出する方法を提案する.提案手法では,タスクの2ステップ後の最悪メモリ消費量が最小となるように α を決定する.具体的なアルゴリズムは図1に示す.

- 入力:タスク集合 $\{\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n\}$
- 出力: $\{\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n\}$ をパラメータ α のLMCLFでスケジューリングした場合に2ステップ後までのメモリ消費量が最小となる α

1. $i=1 \sim n$ まで繰り返す

1. パラメータ α のLMCLFスケジューリングで1ステップ目に τ_i が選択されるための α の上限・下限を求める

2. $j=1 \sim n$ まで繰り返す

1. パラメータ α のLMCLFスケジューリングで2ステップ目に τ_j が選択されるための α の上限・下限を求める
2. 条件を満たす α が存在するもののうち,2ステップ後までの最悪メモリ消費量が最小となる α を返す

図1:提案手法のアルゴリズム

5 実験

提案手法が α の値が最適でないときの従来手法よりもメモリ削減できるか否かを確かめることを実験目的とする.実験方法に関してはランダムに生成したタスクセットに対してスケジューリングを行い従来手法と提案手法の最悪メモリ消費量を比較する.タスクセットの生成法については文献[3]と同様に行う.

6 あとがき

本研究では,[3]で提案されたLMCLFスケジューリングにおける α の値のより適切な値の導出法を提案した.提案手法により, α を事前に定める必要が無くかつ, α の値が最適でない場合の従来手法よりもメモリ消費量を削減することができると考えられる.

参考文献

- [1] R. Zurawski, "Embedded Systems Handbook, Second Edition: Embedded Systems Design and Verification", CRC Press, 2009.
- [2] Y. Machigashira and A. Nakata, "An improved LLF scheduling for reducing maximum memory consumption by considering laxity time", In Proc. of 12th Int. Symp. on Theoretical Aspects of Software Engineering, pp.144–149, IEEE Computer Society Press, 2018.
- [3] 町頭優輝, 中田明夫, 「ヒープメモリ確保・解放量と実時間制約を共に考慮しマルチプロセッサシステムのメモリ消費量を削減するリアルタイムスケジューリング」, 電子情報通信学会ソフトウェアサイエンス研究会報告(SS2019), 信学技報(SS2019-45), pp.25–30, 2020.