

Title	先行制約付きタスクの通信遅延を考慮したマルチプロセススケジューリングに関する研究
Author(s)	桂, 元保
Citation	
Issue Date	2000-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/1340
Rights	
Description	Supervisor:Milan Vlach, 情報科学研究科, 修士

先行制約付きタスクの通信遅延を考慮した マルチプロセッサスケジューリングに関する研究

桂 元保

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

2000年2月15日

キーワード: タスク, スケジューリング, マルチプロセッサ, 通信遅延.

先行制約付きタスクは, 各タスクをマルチプロセッサのプロセッシングエレメント (PE) へ割り当て, また同時に各タスクをコントロールステップへ割り当てることにより, マルチプロセッサ上に実装される. 従って, タスク集合を高速に実行するためには, 全実行時間を最小化するようなマルチプロセッサスケジューリングを求めることが重要である. ここで取り扱うマルチプロセッサスケジューリングにおいては, すべての PE は等しい性能を持ち一つの PE は同時に一つのタスクのみ実行可能であり, どの二つの PE 間にも接続があるものと仮定する.

従来のマルチプロセッサスケジューリングに関する研究では, データの通信遅延は考慮されていない. そのため, 先行制約付きタスク T は, タスクの集合 T , T 上の半順序関係 $\prec$, 及びタスクの処理時間関数 $W : T \rightarrow \{1, 2, \dots\}$ で表現される. $u \prec v$ は, タスク u の処理が終了するまでタスク v の処理が開始できないという制約を表現する. タスクのコントロールステップへの割り当て関数 $\tau : T \rightarrow \{0, 1, 2, \dots\}$ が, $u \prec v$ ならば $\tau(v) \leq \tau(u) + W(u)$ であり, かつ任意の時刻 t に対し $\tau(v) \leq t < \tau(v) + W(v)$ となるタスク v が高々 PE 数であるとき, τ は T のマルチプロセッサ上へのスケジューリングという. 目的関数であるスケジューリングの全実行時間は, $\max_{v \in T} [\tau(v) + W(v)] - \min_{v \in T} \tau(v)$ で表され, 与えられた整数 k に対して全実行時間が k 以下になるスケジューリングが存在するか否かを判定する問題をスケジューリング問題という. この問題は, いくつかの制約条件を付加しても $\mathcal{NP}$ 完全であることが知られている. 一方, PE 数を 2 とし各タスクの処理時間を単位時間に制限した場合, 及び $\prec$ が根付き木の構造をしており各タスクの処理時間が単位時間である場合については, この問題は多項式時間で解けることが知られている.

近年のVLSI技術の発展と共に、計算機の処理能力が飛躍的に向上した。そのため、従来のスケジューリング問題で無視されていた通信遅延が全実行時間に占める割合が大きくなってきている。通信遅延を考慮したスケジューリング問題における先行制約付きタスクは、閉路を含まない有向グラフ(DAG)と二つの時間関数で表現できる。二つのタスクを結ぶ有向辺 (u, v) はタスク u の出力データがタスク v の入力として必要である制約を表す。この問題では各タスク v の処理時間、及び各データ a の通信時間はそれぞれ時間関数 $W_V(v)$, $W_A(a)$ で表現できる。通信遅延を考慮したスケジューリング問題に関してもいくつかの調査がなされており、先行制約付きタスクのグラフ構造が根付き木に制限され $W_V(v)$ と $W_A(a)$ が単位時間に制限されているならば、近似差 $m-2$ の近似アルゴリズムが存在することが主張されている。

本研究では先行制約関係が根付き木で、 $W_V(v)$ と $W_A(a)$ が単位時間に制限されている通信遅延を考慮したスケジューリング問題に関する発見的手法を提案した。提案手法では、各タスクに重み(優先順位)を付け、重みの大きいタスクを優先的にコントロールステップへ割り当てる操作を、最終コントロールステップから順に実行する。コントロールステップ i への割り当てに当たっては、その時点で未割り当てのタスクから成る根付き木を対象とし、各タスク v の重み w_v は、以下の条件を満たすように与えられる：タスク u の子が v のみならば、 $w_v = w_u + 1$ が成り立ち、 u が複数の子を持つならば、その一つを長子 f とし、他の子を $c_1, c_2, \dots, c_k$ としたときに、 $w_f = w_u + 1 - \varepsilon$ と $w_{c_i} = w_u + 2 - \varepsilon$ が成り立つ。ただし、 ε は1より十分小さい正の実数とする。長子の選択は、 $\varepsilon = 0$ としたときに f の子孫の重みの最大値 w' と f 以外の子の子孫の重みの最大値 w'' が $w'' \leq w' - 1$ を満たすように決められる。重みをつけた後、重みの大きい葉(タスク)を優先的にコントロールステップ i へ割り当てる。この操作をすべてのタスクが割り当て終わるまでコントロールステップを遡りながら繰り返す。実験による調査の結果、この提案手法による全実行時間が従来手法による全実行時間より大きくなる根付き木の例は発見されなかった。提案手法は、重みの付け変えを繰り返す点に特徴を有するが、アルゴリズムの解析に当たっては、この特徴が解析を困難にしており、近似差の見積もりに至っていない。次に、この手法を基に、一般のDAGに対するスケジューリング手法を提案した。DAGに関する提案手法を実装した結果、提案手法では最適解を与えないDAGの構造を見つけることができた。最適解を与えないDAGの構造の解析と提案手法の改善、及び二つの提案手法に関する近似差の解析は今後の課題とする。