

Title	Multiprocessor Scheduling Algorithms for High Reliability
Author(s)	橋本, 幸司
Citation	大阪大学, 2000, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/42172
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	橋本幸司
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 15522 号
学位授与年月日	平成12年3月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科情報数理系専攻
学位論文名	Multiprocessor Scheduling Algorithms for High Reliability (マルチプロセッサシステムの高信頼化を実現するためのスケジューリングアルゴリズム)
論文審査委員	(主査) 教授 菊野 亨 (副査) 教授 柏原 敏伸 教授 村田 正幸

論文内容の要旨

本論文は、マルチプロセッサシステムの高信頼化を実現するためのフォールトトレラントスケジューリング、フォールトセキュアスケジューリングに関する研究をまとめたものである。

まず、フォールトトレラントスケジューリングに関しては、タスク多重化法を用いたスケジューリング法を提案している。タスク多重化法とは、データ依存関係にあるタスクを多重化し、同じプロセッサに割り当てることによりプロセッサ間の通信遅延を削除する手法である。この手法により、タスクの実行開始時間を早め、結果的にプログラム全体の処理時間を短縮することができる。本論文では、この手法を通信遅延の削減だけでなく、フォールトトレランスを実現する目的で利用するという方針に基づいて、幾つかのフォールトトレラントスケジューリングアルゴリズムを提案している。これらの提案アルゴリズムによって得られたスケジュールを用いることで、システムがプログラムを実行中どの時間にどの1台のプロセッサの故障が発生しても、その実行を完了することができる。提案アルゴリズムの時間計算量は、 n をタスクの総数とした場合に $O(n^4)$ 又は $O(n^5)$ である。提案したアルゴリズムのうち、データ依存関係のないタスク同士をグループ化し、そのグループ毎にスケジューリングを行うアルゴリズムが、得られるスケジュール長、及びアルゴリズムの実行時間の点で優れていることを実験によって示している。

次に、フォールトセキュアスケジューリングに関しても同様に、タスク多重化法を適用したスケジューリングアルゴリズムを提案している。フォールトセキュアスケジューリングの目的は、システムがプログラムを実行中プロセッサの故障が発生し、プロセッサ間で送受されるデータに誤りが含まれた場合、その誤りを必ず検出することである。従来研究では、プロセッサ間の通信遅延を考慮しておらず、また、タスク間の処理順序に関する半順序関係を表わすタスクグラフとして、ツリー形状の場合を対象にしたアルゴリズムが知られているにすぎなかった。本論文で提案するアルゴリズムは、通信遅延を考慮した上に任意の形状のタスクグラフに適用可能であり、 $O(n^4)$ の時間計算量でフォールトセキュアスケジュールを求めることができる。提案法によってプログラムの実行時間の僅かな増加でフォールトセキュリティを実現できることを実験によって示している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、高信頼化マルチプロセッサシステムの中核となるタスクスケジューリングに関して先駆的な研究成果をまとめている。具体的には2種類のフォールトモデルに対応したアルゴリズムを考案すると共に、その実験的評価を行っている。

まず、この分野の代表的モデルであるフェイルストップモデルに対してフォールトトレラントスケジューリングを提案している。このスケジューリングの特徴はタスク多重化法を用いていることである。タスク多重化法では、データ依存関係を有するタスクであっても、それらを同一プロセッサに割り当てることによってプロセッサ間で発生する通信遅延を最小化する。本論文では、この手法のために多重化して実行されるタスクをフォールトトレランスの実現に積極的に利用するという方針で、幾つかのスケジューリングアルゴリズムを提案している。これらの提案アルゴリズムで求まるスケジュールを用いれば、プログラムを実行中にどの1台のプロセッサの故障が発生しても、そのプログラムの実行を完了させることができる。典型的な幾つかの並列プログラムを対象にしたシミュレーション実験によって、提案法の有効性を示している。

次に、より実用的なフォールトモデルに対応するフォールトセキュアスケジューリングを提案している。この新しいスケジューリングでは、プログラムを実行中にプロセッサの故障が発生して、プロセッサ間で受け渡されるデータに誤りが含まれた場合でも、その誤りをシステムが必ず検出することを目指している。従来の研究では、プロセッサ間で通信遅延は発生しないと仮定したり、タスク間の処理順序に関する順序関係を表わすタスクグラフは、ツリー形状に限るとしていた。従って、極めて限定的な解決しか与えられていなかった。本論文では(最初の成果である)フォールトトレラントスケジューリングを拡張することによって、こうした従来研究の制限をすべて除くことに成功している。つまり、提案するフォールトセキュアスケジューリングは、通信遅延の発生を考慮した任意の形状のタスクグラフに対して適用可能となっている。更に、求まるスケジュールの長さの点で提案法が極めて有効であることを、シミュレーション実験によって示している。

以上のように、本論文は、マルチプロセッサスケジューリングに関して重要な成果を示しており、情報工学、特に並列分散システムの高信頼化に関する理論分野に貢献するところが大きい。よって博士(工学)の学位論文として価値のあるものと認める。