

周期実行制御における 周期超過防止法の周期処理分割に関する評価

古川友樹, 山内利宏, 谷口秀夫

岡山大学大学院自然科学研究科

1. はじめに

周期的に実行される処理は次の周期までに処理を終了する必要があるが、次の周期までに処理が終了しない場合、予定されていた処理の実行が行われず、問題になる。

そこで、我々は、周期実行制御における周期超過防止法を提案し、その設計を行い、制御オーバーヘッドを明らかにした[1]。提案手法の特徴の1つとして周期処理の分割があり、この分割により、周期処理が終了すべき時刻を超過することの検出を早期に行っている。しかし、周期処理分割は、1分割あたり数マイクロ秒のオーバーヘッドを伴ってしまう。このため、超過検出を早期に行うためには多分割が有効であるが、多分割はオーバーヘッドの増加を招き、周期処理の開始から終了までの時間（以降、周期処理時間と呼ぶ）が長くなり、ひいては超過の確率を高くしかねない。一方、周期処理以外の処理（以降、他処理と呼ぶ）が周期処理時間に与える影響も考慮する必要がある。

ここでは、他処理として割り込み処理を伴う処理を取り上げ、これらが周期処理時間に与える影響を明らかにする。また、周期処理分割のオーバーヘッドとの関係について述べる。

2. 評価

2.1. 観点と測定方法

割り込み処理が周期処理時間に与える影響について評価する。具体的には、他処理として、磁気ディスク装置や LAN への入出力を要求するプロセスを動作させ、入出力完了割り込み処理が周期処理時間に与える影響を明らかにする。

図1に測定環境を示す。周期処理の内容は CPU 処理 5 ミリ秒であり、周期は 10 ミリ秒である。入出力を要求するプロセスは、入出力の要求と結果取得を繰り返す。磁気ディスク装置への入出力の処理内容は、512 バイトのデータの読み込みであり、読み込み開始位置は毎回異なる。LAN への入出力の処理内容は、UDP/IP 通信で

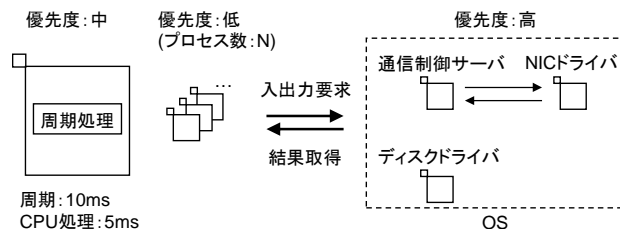


図1 測定環境

1024 バイトのデータの送信である。測定は Intel Pentium II プロセッサ (400MHz) を搭載した計算機上での環境で行い、LAN の速度は 100Mbps である。時刻の記録には RDTSC 命令を用いた。周期処理、入出力を要求するプロセス、および OS の処理の優先度は、それぞれ中、低、高である。

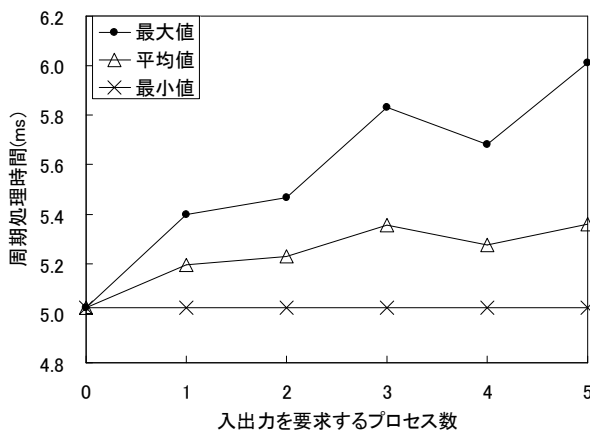
2.2. 周期処理時間

磁気ディスク装置への入出力を要求した場合と LAN への入出力を要求した場合の結果を図2に示す。図2から以下の3つのことがわかる。

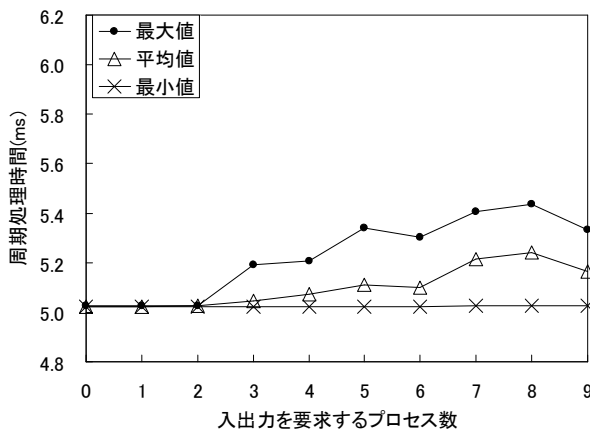
(1) 入出力を要求するプロセスが多いほど、入出力完了割り込みが発生する回数が増加するため、周期処理時間は長くなる。

(2) 磁気ディスク装置への入出力が周期処理時間に与える影響は大きい。入出力を要求するプロセス数が5個の場合、周期処理時間は、最大で1ミリ秒（周期処理の実行時間5ミリ秒の約20%）増加する。磁気ディスク装置への実入出力要求から入出力完了割り込みまでの時間は、平均7ミリ秒であり、周期処理の実行中に割り込みが発生する回数は少ない。しかし、入出力完了割り込みの処理時間（100マイクロ秒）や OS の処理を行うプロセスへの切り替えのため、周期処理時間への影響は大きい。

(3) LAN への入出力が周期処理時間に与える影響は、磁気ディスク装置と比較して小さい。周期処理時間は、入出力を要求するプロセス数が8個の場合、最大で0.4ミリ秒（周期処理の実行時間5ミリ秒の約1.5%）増加する。これは、LAN への実入出力要求から入出力完了割り込みまでの時間が約100マイクロ秒であり、入出力完了割り込みの処理時間は約7マイクロ秒と小さいためである。また、磁気ディスク装置と違い、



(A) 磁気ディスク装置への入出力の場合



(B) LAN への入出力の場合

図2 周期処理時間の変動

実入出力要求から入出力完了割り込みまでの時間が短いため、プロセス数を増やせば、周期処理の実行中に発生する割り込みの回数が増え、周期処理時間はさらに長くなると推察できる。

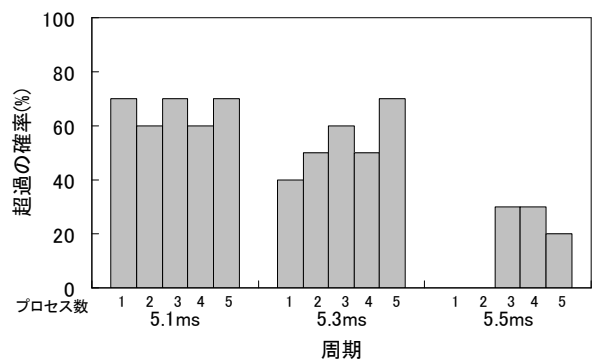
2.3. 周期超過の可能性

周期処理時間と周期の差が小さくなると、超過が発生しやすくなることを確認する。図2の結果において、周期を10ミリ秒より短くした場合の超過の確率を図3に示す。

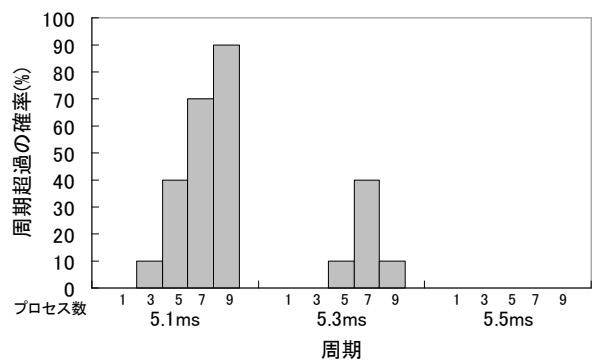
図3より、周期が短くなると、超過の確率が高くなるのがわかる。また、入出力を要求するプロセス数が多くなると、超過の確率が高くなる傾向があることを確認できる。

2.4. 考察

文献[1]より、周期処理分割によって発生する制御オーバーヘッドは1分割あたり数マイクロ秒である。したがって、割り込み処理に比べ、周期処理分割が周期処理時間に与える影響は小さ



(A) 磁気ディスク装置への入出力の場合



(B) LAN への入出力の場合

図3 超過の確率

いと見える。したがって、周期処理の多分割を行うことにより、超過を早期に検出できる周期超過防止法は有効である。

3. おわりに

磁気ディスク装置とLANへの入出力による割り込み処理により、5ミリ秒の周期処理時間がそれぞれ最大約1ミリ秒と約0.4ミリ秒増加することを確認した。また、入出力を要求するプロセス数に比例して、周期処理時間は長くなる傾向があることを示した。さらに、周期処理分割の制御オーバーヘッドは、磁気ディスク装置やLANの入出力完了割り込み処理よりも小さいため、周期処理の多分割による超過の早期検出は有効であると考えられる。

残された課題として、超過の検出に対する周期処理分割の効果を明確化することがある。

評価において、測定にご協力頂いた研究室の皆様へ感謝します。

参考文献

[1] 古川友樹, 山内利宏, 谷口秀夫, “周期実行制御における周期超過防止法の設計と評価,” 電子情報通信学会技術研究報告, vol.110, no.278, pp.23-28 (2010.11).